FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Elvis Robert Ramos Guevara

Julio César Romero Cabanillas

ASESOR:

ING. OSCAR CUBAS DELGADO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CHICLAYO — PERÚ

Año 2017

PÁGINA DEL JURADO

TITULO:

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Autores

_____ _____

JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA

_____

PRESIDENTE DEL JURADO

_____

SECRETARIO DEL JURADO

_____

VOCAL DEL JURADO

DEDICATORIA

A Dios por consentir alcanzar tan importante hito en mi formación profesional. A mis padres, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mis hijos por ser la inspiración más grande que me motiva seguir avanzando día a día, sin ellos no hubiera logrado esta meta.

Julio César Romero Cabanillas

A nuestro señor Jesús, que me ha permitido continuar con mi meta trazada en mi profesionalización.

A mi madre que ha sabido formar en valores, lo cual me arrimo a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi padre, quien siempre me cuida desde el cielo

A toda mi estirpe, porque me han ofrecido su soporte absoluto y por colaborar en los buenos y malos momentos.

Elvis Robert Ramos Guevara

AGRADECIMIENTO

A mi familia que supo soportar las horas de ausencia cunado tomamos la decisión de estudiar la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, hoy a un paso de lograrlo con el amor de mi madre, mi esposa e hijos, la cual no hubiera podido lograrlo, es por ello que ese paso firme en mi carrera profesional estoy eternamente agradecidos con ellos.

Al Ing. Oscar Cubas Delgado, asesor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

Gracias a todos los docentes de la Universidad César vallejo que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Julio César Romero Cabanillas

Quiero dar gracias a Dios por haberme dado salud y fortaleza para salir adelante y culminar mis estudios, en segundo lugar a todos mis familiares por siempre haberme dado fuerzas y su apoyo incondicional que me han llevado hasta alcanzar mi meta trazada.

A la Universidad Cesar Vallejo, y en especial a la Facultad Ingeniería Civil por todo lo que nos brindaron para nuestra formación como personas y profesionales.

Al Ing. Oscar Cubas Delgado, por toda su apoyo brindado durante la elaboración de mi tesis.

Elvis Robert Ramos Guevara

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo **JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS**, con **DNI N° 42256989**, **ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA**, con **DNI N° 06768498,** a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el **Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo,** Facultad de **Ingeniería,** Escuela de **Ingeniería Civil,** declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta son auténticos y veraces.

.

Jaén, Febrero del 2017.

_____ _____

JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA

PRESENTACIÓN

Señores miembros de jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada **"DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015**", la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Los Autores

Índice

Contenido

PÁGINA DEL JURADO ____ *II*

DEDICATORIA ____ *III*

AGRADECIMIENTO ____ *IV*

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD ____ *V*

PRESENTACIÓN ____ *VI*

Contenido ____ *VII*

RESUMEN ____ *IX*

ABSTRACT ____ *X*

CAPITULO I INTRODUCCIÓN ____ *11*

1.1 Realidad Problemática ____ *12*

1.2 Trabajos previos ____ *13*

1.3 Teorías relacionadas al tema ____ *15*

1.4 Formulación del problema ____ *22*

1.5 Justificación del estudio ____ *23*

1.6 Hipótesis ____ *23*

1.7 Objetivos. ____ *23*

Objetivo general ____ *23*

Objetivos específicos ____ *23*

CAPITULO II ____ *25*

MÉTODO ____ *25*

2.1 Diseño de investigación. ____ *26*

2.2 Variables, operacionalización ____ *26*

2.3 Población y muestra ____ *28*

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ____ *28*

2.5 Métodos de análisis de datos ____ *28*

2.6 Aspectos éticos ____ *29*

CAPITULO III RESULTADOS ____ *30*

3.1 Levantamiento Topográfico de la Carretera en Estudio ____ *31*

3.2 Estudio de Mecánica de Suelos ____ *35*

3.3 El Estudio de Hidrología y Drenaje, para la zona de intervención y el Diseño de las Obras de Arte tubo como parámetros los que a continuación se mencionan: __ 44

3.4 En el diseño Geométrico de la carretera de acuerdo con la normatividad vigente del MTC, para el diseño Geométrico de Carreteras DG - 2014, se ha tomado los siguientes parámetros: _____ 57

3.5 Presupuesto del proyecto. El presupuesto de la obra asciende a Cuatro Millones Doscientos Ochentitres Mil Trescientos Noventicinco Y 52/100, el cual se detalla a continuación. _____ 101

CAPITULOIV DISCUSIÓN_____ 104

CAPITULO V CONCLUSIÓN _____ 106

CAPITULOVI RECOMENDACIONES_____ 109

CAPITULO VII REFERENCIAS_____ 111

ANEXOS _____ 114

RESUMEN

El Diseño Geométrico de Carreteras es un tema de investigación que es importante porque ayudar al adelanto a las poblaciones, el vigente plan de investigación titulado “Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el Año 2015 ha desarrollado los objetivos específicos como es el diseño geométrico de una carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito. El trabajo topográfico implica una trocha de 5+700 km aproximadamente, el que se inicia en la localidad de Sinaí, hasta el cruce de Hualango con amplitud de vía que varía entre 4 a 6m.

El Estudio de Mecánica de Suelos se ha realizado de acuerdo a lo normado por el Manual de Carreteras DG-2014, de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, brindando los datos necesarios para el diseño.

La población que se ha tomado es la red vial del distrito de Cumba en la provincia de Utcubamba región Amazonas y como muestra de la presente investigación se trabajó con una muestra de 10 km. del camino vecinal a nivel de afirmado y sus obras de arte Entre los caserios Sinai - cruce Hualango, distrito de cumba.

Palabras claves:

Diseño Geométrico - Carretera - Camino vecinal – Transitabilidad - Optimizar

ABSTRACT

The Geometric Design of Roads is a research topic that is important because it helps to advance the populations, the current research plan titled "Geometric Design of the Affirmed Neighborhood Road and its Works of Art to Optimize Transitability between the Sinai Caserios - Crossing Hualango, Cumba District, Utcubamba, Amazonas, in the Year 2015 developed specific objectives such as the geometric design of an unpaved road with low traffic volume.

The topographic work involves a 5 + 700 km approximately gauge, starting in the town of Sinaí, to the junction of Hualango with track width ranging from 4 to 6m.

The Soil Mechanics Study has been carried out according to the DG-2014 Road Manual of Soils, Geology, Geotechnics and Pavements of the Ministry of Transport and Communications, providing the necessary data for the design.

The population that has been taken is the road network of the district of Cumba in the province of Utcubamba Amazon region and as sample of the present investigation was worked with a sample of 10 km. From the neighborhood road to the level of affirmed and its works of art Among the Sinai - Hualango crossroads, cumba district.

Keywords:

Geometric Design - Road - Neighborhood Road - Transitability - Optimize

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

> Citando la tesis de Gianmarco Xavier Lluncor Yataco cuyo objetivo fue Establecer la bondad del modelo HDM III para estudiar cuál es la mejor alternativa de construcción entre el tramo Bagua Chica – Flor de la Esperanza, llegando a la conclusión que la mejor alternativa del Proyecto entre Bagua Chica – Flor de la Esperanza es la que tiene una carpeta de rodadura de Tratamiento Superficial Bicapa, con una distancia de 10.4 Km que nos muestra una Tasa de Interés de Retorno (13.50%) y con una estrategia de mantenimiento que permite que la carretera se encuentre en buen estado durante los próximos 20 años. (Yataco, 2012, p. 12).

Desde la experiencia en este trabajo de investigación puedo afirmar que, actualmente el Camino no cuenta con una infraestructura vial y de drenaje adecuado, por lo que se encuentra deteriorada debido a las constantes precipitaciones propias de la zona y al tránsito existente. Las vías de comunicación cumplen un papel importante en el desarrollo de las localidades, es así como tiene su origen la investigación “Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el Año 2015”, para su intercomunicación con la capital del Distrito teniendo éste proyecto una antigüedad de gestión de aproximadamente 8 años.

La zona en estudios actualmente está considerada en extrema pobreza, siendo un proyecto prioritario que se enmarca dentro de los lineamientos y los planes de desarrollo de los Gobiernos Regionales y Locales; de igual forma lo indicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, cuando establece que la accesibilidad debe ser justa y equitativa para los pueblos rurales e indígenas, siendo las carreteras el eje primordial para el desarrollo de estos, caso contrario están condenados a vivir en el atraso y la pobreza, convirtiéndose el estado en subvencionar continuamente sus necesidades. Al aumentar la población, se incrementa la cantidad y uso del vehículo, creando la necesidad de diseñar, construir, ampliar o mejorar las carreteras. Igualmente la evolución del parque automotor, con capacidad de carga mayor y con velocidades más elevadas, junto con la importancia que hoy se brinda a

la seguridad y economía de los usuarios y a la protección del entorno ambiental, imponen a las carreteras el cumplimiento de condiciones técnicas muy rigurosas; de esta manera se debe realizar un diseño geométrico óptimo que cumpla con las normas establecidas siguiendo los parámetros de diseño de acuerdo a las normas técnicas de diseño

1.2 Trabajos previos

Nivel Internacional

En su investigación denominada “Diseño Geométrico De Vías, Ajustado al manual colombiano” menciona en su estudio la experiencia adquirida cuyo objetivo general es brindar recomendaciones y aplicaciones de la norma en vías urbanas y rurales en Colombia, asimismo concluye que los resultados fueron satisfactorios ya que el libro comprende todas las etapas del diseño a tener en cuenta, y finalmente recomienda tomar las pautas necesarias del manual colombiano para un buen diseño (Agudelo, 2002, p. 44).

En su investigación denominada “Propuesta de Diseño Geométrico de 5.0 km de Vía de Acceso Vecinal Montañosa, Final Col. Quezaltepeque - Cantón Victoria, Santa Tecla, La Libertad, Utilizando Software Especializado Para Diseño de Carreteras” menciona en su estudio la realización del diseño geométrico de un tramo de 5.0 kilómetros haciendo uso del software Carlson, cuyo objetivo general es elaborar un supuesto de diseño geométrico de 5.0 km de vía en estudio, utilizando software especializado para diseño de carreteras, asimismo concluye que el diseño empleado se considera aceptable, y finalmente recomienda recolectar la mayor cantidad de información en campo para realizar un buen diseño geométrico. (Vasquez, 2015,p.90).

En su investigación denominada “Estudio de Seguridad Vial Para Determinar La Incidencia Del Diseño Geométrico En La Accidentalidad Carretera Bogotá - Villavicencio a Partir De La Salida Del Túnel De Boquerón a Puente Quetame”, menciona en su estudio las inconsistencias en el diseño geométrico la cual presenta la vía actual en estudio y cuyo objetivo general es evaluar la incidencia del diseño geométrico en accidentalidad vial a partir de un modelo de auditoria de seguridad vial, asimismo concluye con la importancia de evaluar la relación que tiene el diseño geométrico en la accidentalidad de una carretera, y finalmente recomienda realizar los estudios

necesarios para determinar los puntos críticos de una vía. (Cifuentes, 2014,p. 76).

El objetivo general es mejorar el entorno y las condiciones de circulación vehicular, Obtuvo como resultados el impacto social y ambiental en la ejecución del proyecto. Asimismo, concluye que el uso de las herramientas informáticas es de gran ventaja. (Rolón, 2013, pág. 63).

Nivel Nacional

En su investigación denominada "Análisis De Las Características Geométricas De La Ruta Pe-06a En El Departamento De Lambayeque Con Propuesta De Solución Al Empalme Pe-1n En El Área Metropolitana De Chiclayo" menciona en su estudio las características geométricas de la carreteras en estudio, cuyo objetivo General es conocer las condiciones geométricas de la vía, obtuvo como resultados que la carretera en estudio no cumple con los parámetros mínimos establecidos según norma, asimismo concluye con la propuesta de corregir ciertos parámetros de diseño a la vía y finalmente recomienda colocar una buena señalización a la vía en estudio. (Rojas, 2013, p.82).

En su investigación denominada "Infraestructura Vial Nacional Asociada A La Competitividad" menciona en su estudio información de la infraestructura vial a nivel nacional, cuyo objetivo general es en que condición se encuentra el Perú en relación a la competitividad entre los países de la región latinoamericana y el mundo, asimismo concluye que el déficit de infraestructura puede ser visto como una oportunidad grande para la inversión privada, contando con estabilidad y reglas claras y finalmente recomienda tomar como prioridad varios aspectos (normas, SNIP, etc.) que conlleven a mejorar la competitividad de las carreteras. (Carrasco, 2009, p.17).

En su Investigación denominada "Planeamiento Y Diseño Preliminar De Carriles De Sobrepaso Para Vías De Primer Orden En Zonas Accidentadas Y De Altura" menciona en su estudio, la importancia de generar carriles de sobrepaso, generando vías seguras y confortables, cuyo objetivo general es el estudio de velocidades que permite establecer parámetros para operación y el control de tránsito en el área de estudio, asimismo concluye que se requieren carriles de sobrepaso en las carreteras nacionales de dos carriles y finalmente recomienda efectuar estudios de carriles de sobrepaso en todas

> las carreteras del Perú que faciliten los sobrepasos de los vehículos de mayor velocidad de y establecer plazoletas para el descanso de vehículos y conductores. (Quiñones, 2011, p.66).

Nivel Local

En la presente investigación no se ha encontrado estudios sobre la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito De Cumba, pues este es un trabajo inédito.

1.3 Teorías relacionadas al tema

Para la definición de **Alteración De La Capacidad Vial e Interferencia al Tránsito,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones, donde especifica que "Son situaciones que pueden presentarse como consecuencia del uso de la infraestructura vial, ocasionando alteraciones en el flujo máximo vehicular, interferencias o congestión al tránsito". (MTC, 2014,p.56).

Para la definición de **Carretera,** se ha tomado**,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es un Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones". (MTC, 2014,p.67).

Para la definición de **Clotoide,** se ha tomado**,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es una curva plana del tipo espiral que se utiliza como curva de transición en el diseño geométrico de vías". (MTC, 2014,p.67).

Por otra parte **Curva Horizontal,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es una Curva circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal". (MTC, 2014,p.68).

Para la definición de **Curva Horizontal De Transición,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones dónde: “Afirma que es un Trazo de una línea curva de radio variable en planta, que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos curvas circulares de radio diferente”. (MTC, 2014,p.68).

Para la definición de **Curva Vertical,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) donde especifica que: “Es una Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente”. (MTC, 2014,p.68).

Para la definición de **Derecho De Vía,** se ha tomado del manual del MTC donde especifica:

> Es una Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva (MTC, 2014,p.76).

Para la definición de **Dispositivos De Control De Tránsito,** se ha tomado**,** de la norma presentada por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que son: “Señales, marcas, semáforos y dispositivos auxiliares que tienen la función de facilitar al conductor la observancia estricta de las reglas que gobiernan la circulación vehicular, tanto en carreteras como en las calles de la ciudad. (MTC, 2014,p.76).

Para la definición de **Distancia De Visibilidad De Adelantamiento,** se ha tomado**,** de la norma formulada por el MTC donde especifica que: “Es la Distancia mínima de visibilidad necesaria para que en condiciones de seguridad un vehículo pueda adelantar a otro”. (MTC, 2014,p.77).

Para la definición de **Distancia De Visibilidad De Cruce,** se ha tomado de la norma presentada por el MTC dice: “Es la Distancia mínima de visibilidad a lo

largo de una carretera en ambas direcciones, que requiere observar el conductor de que pretende atravesar una carretera". (MTC, 2014,p.77).

Para la definición de **Distancia De Visibilidad De Parada,** se ha tomado **,** de la norma pronunciada por el MTC donde especifica que: "Es la Distancia mínima que necesita ver el conductor de un vehículo, delante de su vehículo, para detenerlo al observar un obstáculo ubicado en su carril, para evitar impactarlo". (MTC, 2014,p.78).

Ecuación De Empalme, se ha tomado de la norma expuesta por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es la Expresión algebraica usada para corregir la progresiva en una sección específica de una vía, como resultado de variantes o cambios de progresivas". (MTC, 2014,p.78).

Para la definición de **Paso A Nivel,** se ha tomado de la norma dada por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es el Cruce a la misma cota entre una carretera y una línea de ferrocarril o entre dos carreteras". (MTC, 2014,p.78).

Para la definición de **Peralte,** se ha tomado de la norma formulada por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es la Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo". (MTC, 2014,p.78).

Para la definición de **Rehabilitación,** se ha tomado del manual del MTC y especifica que:

> Es la ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están referidas principalmente a reparación y/o ejecución de pavimentos, puentes, túneles, obras de drenaje, de ser el caso movimiento de tierras en zonas puntuales y otros (MTC, 2014,p.79).

Para la definición de **Transición Del Peralte,** se ha tomado de la norma del MTC donde especifica que es: "La traza del borde de la calzada, en donde

desarrolla el cambio gradual de la pendiente del borde de la calzada, entre la que corresponde a la zona tangente, y el que corresponde a la zona peraltada de la curva". (MTC, 2014.p.79).

Para la definición de **Transición De Sobre ancho,** referida por el ente de acreditación MTC donde especifica que: "Es traza del borde de la calzada, en la que se modifica gradualmente el ancho de la calzada hasta alcanzar el máximo ancho de la sección requerida en la curva". (MTC, 2014,p.79).

Para la definición de **Transitabilidad,** se ha tomado de la norma proporcionada por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que es: "El nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo". (MTC, 2014,p.79).

Para la definición de **Variante,** se ha tomado de la norma prescrita por el MTC donde especifica que es: "La bifurcación de una carretera en el que se fija su punto de inicio, siendo su punto final, necesariamente, otro punto de la misma carretera". (MTC, 2014,p.79).

Para la definición de **Velocidad De Diseño,** expuesto en la norma del Ministerio de transportes y comunicaciones donde detalla que es: "La Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto". (MTC, 2014,p.79).

Para la definición de **Velocidad De Operación,** se ha tomado de la norma enunciada por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que es: "La máxima velocidad autorizada para la circulación vehicular en un tramo o sector de la carretera". (MTC, 2014,p.80).

Para la definición de **Vía De Servicio,** se ha tomado de la norma promulgada por el MTC donde especifica que es: "La Vía sensiblemente paralelo a una carretera, respecto del cual tiene carácter secundario, conectado a ésta solamente en algunos puntos y que sirve a las propiedades o edificios

contiguos. Puede ser con sentido único o doble sentido de circulación". (MTC, 2014,p.80).

Para la definición de **Vida Útil,** se ha tomado de la norma dicha por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que es: "El lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido". (MTC, 2014,p.80).

Para la definición de **Vulnerabilidad Vial,** se ha tomado del manual de diseño de carreteras del Ministerio de transportes y comunicaciones de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que es: "El grado de exposición de una infraestructura vial frente a un determinado riesgo vial". (MTC, 2014,p.80)

AUTOPISTA DE PRIMERA CLASE: se considera a: "Una Carretera de IMDA mayor a 4 000 veh/día, de calzadas separadas por medio de un separador central mínimo de 6 m, con dos o más carriles y una velocidades de circulación mayor a 120 km/h para vehículos livianos". (MTC, 2014,p.81).

BENCH MARK (BM): "Es la altura referida al nivel medio del mar de un punto marcado en el terreno, que sirve como control de los proyecto viales". (MTC, 2014,p.62).

BERMA: "Es Banda longitudinal, adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia", (MTC, 2014,p.65**)**.

CARRETERA: "Es el camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones", (MTC, 2014,p.65**)**.

CARRIL: “Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito”. (MTC, 2014.p.65**)**.

CLOTOIDE: “Es una curva plana del tipo espiral que se utiliza como curva de transición en el diseño geométrico de vías (MTC, 2014,p.65**)**.

CURVA COMPUESTA: “Compone Dos o más arcos concurrentes de radios diferentes y curvatura de igual sentido”. (MTC, 2014,p.65**)**.

CURVA DE TRANSICIÓN: “Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente”. (MTC, 2014,p.65**)**.

CURVA HORIZONTAL: “Curva circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal”. (MTC, 2014,p.65**)**.

CURVA VERTICAL: “Es una Curva cóncava y convexa que enlaza dos rasantes con diferente pendiente”. (MTC, 2008.p.65**)**.

DERECHO DE VÍA “Franja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera”. (MTC, 2014,p.65**)**.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO: “Distancia mínima de visibilidad necesaria para que en condiciones de seguridad un vehículo pueda adelantar a otro”. (MTC, 2008.p.65**)**.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA: “Distancia mínima que necesita ver el conductor de un vehículo, delante de su vehículo, para detenerlo al observar un obstáculo ubicado en su carril, para evitar impactarlo”. (MTC, 2014,p.65**)**.

ECUACIÓN DE EMPALME: “Expresión algebraica usada para corregir la progresiva en una sección específica de una vía, como resultado de variación

de ejes o cambios de progresivas". (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014,p.66).

EJE DE LA CARRETERA: Delineación prolongada que precisa el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014,p.66).

PAVIMENTO FLEXIBLE: "Conocido también como asfalto Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos". (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014,p.66).

PERFIL LONGITUDINAL: "Trazado del eje longitudinal de la carretera con indicación de cotas y distancias que determina las pendientes de la carretera". (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014,p.66).

PERALTE: "Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo". (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014,p.66).

.

PUNTO DE INTERSECCIÓN: Lugar donde se seccionan las continuaciones de dos tangentes sucesivas, se denomina también como PI. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014,p.67).

.

PUNTO DE TANGENCIA: "Punto donde termina la tangente y comienza la curva, conocido como PT". (MTC, 2014,p.68**)**.

RASANTE: "Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014,p.68).

SECCIÓN TRANSVERSAL: “Gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas, (MTC, 2014,p.67**)**.

SOBREANCHO: “Ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos”, (MTC, 2014,p.67**)**.

TALUD: “Inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes”. (MTC, 2014,p.67**)**.

TERRAPLÉN: “Parte de la EXPLANACIÓN situada sobre el terreno original. También se le conoce como relleno”. (MTC, 2008,p.67**)**.

VARIANTE: “Bifurcación de una carretera en el que se fija su punto de inicio, siendo su punto final, necesariamente, otro punto de la misma carretera”, (MTC, 2014,p.67**)**.

VELOCIDAD DE DISEÑO: “Velocidad Máxima con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto”, (MTC, 2014,p.67**)**.

1.4 Formulación del problema

¿En qué medida el diseño geométrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de Arte optimizará la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango en la región Cajamarca en el periodo 2016?

1.5 Justificación del estudio

Justificación Práctica:

La investigación a realizar contribuye a mejorar el diseño y por ende tener mejores vías que contribuyan con la seguridad de los usuarios que hacen uso de ella.

Justificación Teórica:

Con la evaluación geométrica se busca mejorar la transitabilidad en el tramo en estudio, basándose en estudios actuales realizados y aplicando nuevas soluciones planteadas que tienen que ser aplicadas en un espacio de tiempo no muy lejano.

Justificación Económica:

Teniendo más y mejores vías mejorara la actividad económica en determinado lugar, promoviendo el intercambio de productos a diversos lugares de la región.

1.6 Hipótesis

El diseño geométrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de Arte optimizará la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango en la región Amazonas en el periodo 2016.

1.7 Objetivos.

Objetivo general

Realizar el diseño geométrico del camino vecinal a nivel de afirmado y sus obras de arte para optimizar la transitabilidad entre los caserios Sinai - cruce Hualango, que tiene un área de influencia de 10km, y se comunica con el Distrito de Cumba, utilizando el Manual de Diseño de Carreteras DG – 2014

Objetivos específicos

a. Realizar el trabajo Topográfico de la vía entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito De Cumba, Utcubamba, Amazonas.

b. Realizar el conteo vehicular para cuantificar, clasificar y conocer el volumen de vehículos que transitan por la estación de conteo elegida para el estudio del tráfico en condiciones actuales.
c. Identificar las características físicas, químicas y estratigráficas de suelo a través del estudio de Mecánica de Suelos.
d. Identificar las características físicas, químicas y granulométricas, a través del estudio de Canteras y Fuentes de Agua.
e. Ejecutar el diseño Geométrico de vía de conforme a la norma actual del MTC, para el diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito.
f. Diseñar el pavimento a nivel de afirmado de la vía, según las características del suelo, conforme a la norma actual del MTC, para el diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito.
g. Realizar los estudios de Hidrología y Drenaje, para definir las Obras de Arte que serán consideradas en la vía.
h. Realizar el Estudio de Señalización según el Manual de Dispositivos de control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.
i. Determinar las posibles impactos ya sean positivos o negativos en la ejecución del proyecto, según el Estudio de Impacto Ambiental.
j. Procesar el cálculo del proyecto, de conformidad al Análisis de Costos Unitarios por partidas específicas.
k. Realizar la programación de obra del Proyecto, para cuantificar el tiempo de ejecución del mismo.

CAPITULO II

MÉTODO

2.1 Diseño de investigación.

El diseño de investigación será No Experimental, Transversal.

Diseño de Investigación No Experimental, de acuerdo con la teoría de (Kerlinger, 2002.p.78).

Transversal: según lo expuesto por **(Hernández y otros – 2003,p.66).**

2.2 Variables, operacionalización

Las variables a estudiar son:

Variable Independiente.

Diseño Geométrico. "El Diseño geométrico de carreteras es la técnica de ingeniería civil que consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno". (MTC, 2014).

Variable dependiente:

Transitabilidad. "Define una situación de disponibilidad de uso del camino". (Carrasco O, 2009).

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	indicadores	Escala de medición
VI DISEÑO GEOMÉTRICO	Conjunto de actividades y procedimientos a desarrollar con la finalidad de determinar Condiciones naturales y técnicas que intervienen en el Diseño geométrico de carreteras, que permita garantizar una respuesta ceñida a las diferentes etapas del diseño de la vía.	Estudio del Trafico	Índice Medio Diario Anual (IMDA)	Escala Numérica
		Levantamiento Topográfico	Levantamiento altimétrico	
			Angulo de inclinación del terreno	
			Perfiles Longitudinales	
			Vista en planta y secciones	
		Estudio hidrológico	precipitaciones	
			Caudal de Escorrentía	
			Cuencas	
		Diseño de Obras de Arte	Secciones de Obras de Arte	
			Caudal	
			Pendiente	
		Estudio de Mecánica de Suelos	Granulometría	
			Límites de consistencia	
			Contenido de Humedad	
			CBR	
			Densidad Máxima	
		Diseño Geométrico de la Carretera	Índice Medio Diario Anual	
			Velocidad de diseño	
			Radio de Curva	
			Peraltes	
			Sobre ancho	
			Longitud de Transición	
			Bombeo	
			Derecho de vía	
		Diseño de la Señalización y Seguridad Vial	Señalización preventiva	
			Señalización Reglamentaria	
			Señalización Informativa	
			Señalización Horizontal	
		Diseño de la Carretera	Medición del trafico	
			Coeficiente de Drenaje	
			Serviciabilidad	
			Confiabilidad	

		Elaboración de Análisis de Costos y Presupuesto	Metrado	
			Costo directo	
			Costo indirecto	
			Gastos Generales	
Transitabilidad	Son las adecuadas condiciones físicas de las calles que permiten la circulación peatonal y vehicular.	• Factor ambiental • Factor social • Factor Económico	• Minimizar índices de contaminación. • Incremento de la Transitavilidad • Bienestar económico de los usuarios	Razón

2.3 Población y muestra

Población. Se ha tomado como población a la red vial dl distrito de Cumba en la provincia de Utcubamba región Amazonas.

Muestra. En la presente investigación se trabajó con una muestra de 5.7 km. del camino vecinal a nivel de afirmado y sus obras de arte Entre los caserios Sinai - cruce Hualango, distrito de cumba

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

TÉCNICA	INSTRUMENTO	Fuente de Información
Encuesta	Cuestionario	Conductores
Ficha de observación	Fotos	Vehículos y carretera

- La validez de la información son dadas por el encargado de la investigación.
- La confiabilidad son dadas por la información recolectada en campo por personal confiable.

2.5 Métodos de análisis de datos

Análisis Cuantitativo

- Procesamiento Estudios de Mecánica de Suelos resultados
- Se procesaran los datos de los resultados software Civil 3d
- Los software utilizados AutoCAD Civil 3D y otros.

Análisis Cualitativo

Análisis de la Guía Documental de la Normatividad Técnica, Normativa Ambiental y Normativa de Análisis de Riesgos.

Procedimiento de Recolección de Información

a) Estudio de Tráfico

Se realizaran la recolección de datos en el km 0+000 de la vía Sinaí – Cruce Hualango.

b) Estudio Topográfico

Se realizaran los estudios Topográficos de las zonas de estudio utilizando una Estación Total Top con GPS, Wincha.

c) Estudio Hidrología y drenaje

Se realizara el Estudio Hidrológico con información de la estación meteorológica más cercana, se usarán datos del SENAMHI

d) Estudio de Mecánica de Suelos

Se realizaran los Estudios Granulometría, Proctor Modificado, Densidad de Campo, etc, en un Laboratorio Especializado.

e) Equipos Materiales e Instrumentos

Equipos

- Estación Total
- GPS
- Cartillas de Recolección de datos

2.6 Aspectos éticos

El aspecto bibliográfico se citó a todos los autores de los artículos que participan en esta investigación

CAPITULO III

RESULTADOS

3.1 Levantamiento Topográfico de la Carretera en Estudio

Ha tenido un desarrollo topográfico de acuerdo a lo normado, abarcando las siguientes operaciones:

3.1.1 INSPECCIÓN DEL TERRENO

La longitud de la Trocha Carrozable de los caseríos Sinai - Cruce Hualango es de 5.70 km, con un ancho de vía variable que van desde los 4 hasta los 6.m.

De acuerdo a la geometría de la vía existente, se tiene que ha sido ejecutado sin un criterio técnico, con radios no adecuados para las curvas horizontales, lo cual representa un peligro dado que en estos sectores no existe sobre anchos que permita una mejora maniobrabilidad de los vehículos. Las pendientes de las rasantes son variables, La Estratigrafía a lo largo de la vía es variada, presentando un suelo **arcilloso a limo arcilloso** desde las progresivas **2+000** hasta **2+500.**

De acuerdo a lo verificado en campo, la vía es atravesada por acequias no revestidas. Esto origina, que el suelo de la vía se sobresature, y pierda su estabilidad portante, o se erosione en las adyacencias de las acequias; dañando la superficie de rodadura, y por consiguiente a un deterioro permanente de la transitabilidad.

Así mismo, la vía tampoco cuenta con cunetas que mitiguen el exceso de agua de las escorrentías de los campos de cultivos y de las precipitaciones pluviales.

Durante el recorrido se observó en la vía no existe alcantarillas de descarga.

3.1.2 ESTABLECIMIENTO DEL PUNTO INICIAL Y PUNTO FINAL

El trabajo topográfico de la vía tuvo como Punto de Inicio el EMP AM – 103 (SINAI - OCTUCHO), desde los KM 0+000 al 5+700, código de Ruta AM – 602, teniendo como punto de inicio las coordenadas (**762542.27E/9337786.20N**), y como punto final el **cruce Hualango (765735.33E/9336175.80N).**

3.1.3 ESCENARIOS GENERALES DEL TRAZO

Con la finalidad de mejorar la trocha existente y determinar posibles variantes para lograr elementos de diseño permitidos de acuerdo al Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. (DG-2008).

3.1.4 MÉTODO DE UNIDADES

En el presente trabajo se utilizó el Sistema Métrico Decimal, las medidas angulares se expresa en Grados, Minutos y Segundos Sexagesimales, las medidas de longitud se expresa en Kilómetros (Km.), Metros (m), Centímetros (cm.) o Milímetros (mm), según corresponda.

3.1.5 SISTEMA DE REFERENCIA

Considerando la geografía del terreno y las normas vigentes se considera el sistema de referencia plano, triortogonal, dos de sus ejes representan un plano horizontal, (un eje en la dirección Sur-Norte y el otro en la dirección Oeste- Este, según la cuadricula **UTM-WGS84 de Instituto Geográfico Nacional IGN** para el sitio del levantamiento); sobre el cual se proyecta ortogonalmente todos los detalles del terreno, ya sea natural o artificial; el tercer eje corresponde a la elevación, cuya representación del terreno se hará tanto por curvas de nivel, como por perfiles y secciones transversales.

Por lo tanto, el sistema de coordenadas del levantamiento es un sistema de coordenadas planas ligado en vértices de coordenadas UTM lo que permitirá efectuar la transformación para una adecuada georreferenciación. Las cotas o elevaciones se referirán al nivel medio del mar.

3.1.6 RESPONSABILIDADES TOPOGRÁFICAS

Las Labores de topografía de la vía se realizaron en la secuencia que se presenta:

3.1.6.1 GEOREFERENCIACIÓN*:*

Se instauro puestos de inspección geográfica por el sistema de coordenadas **Universal Transversal de Mercator** (UTM), se geo-referenció la estación **E-1** y el punto de referencia (BM), las siguientes coordenadas fueron obtenidas por una estación total

3.1.6.2 PUNTOS DE CONTROL:

Para la determinación de los puntos de control en el sentido horizontal y vertical se ha considerado una ubicación en donde no sean movidos o alterados en el momento que se realicen los trabajos de mejoramiento de la vía, los puntos se encuentran caracterizados en los planos topográficos.

3.1.7 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA EN ESTUDIO

Como en todo trabajo topográfico de carretera se utilizó equipo de personas con sus instrumentos topográficos respectivos que a continuación se detallan:

COMPONENTES UTILIZADOS

- GPS Navegador GARMIN(GPSMAP 76CSx)
- Eclímetro
- Estación Total TOPCON modelo GTS -246 NW con trípode
- Dos prismas
- Dos porta prismas
- Una wincha de 50 metros
- Una cámara fotográfica
- Una camioneta
- Estacas de fiero (0.15m)
- Pintura Esmalte (color rojo)
- Tres radios de comunicación
- Un machete

PERSONAL DE LA BRIGADA

- 01 Topógrafo
- 01 Asistente
- 02 Ayudantes
- 02 Tesistas

3.1.8 DELINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Una vez ubicados en el lugar de trabajo EMP AM – 103 (SINAI - OCTUCHO), desde los KM 0+000 al 5+700, código de Ruta AM – 602, se procedió a ubicar dos puntos estratégicos con una distancia mínima de 50m entre cada punto,

una vez ubicados estos puntos se colocó una estaca de fierro en cada uno, luego se ubicó el GPS en cada punto con la finalidad de obtener la coordenada de cada uno de ellos, para poder captar una buena coordenada se usó el GPS, varios minutos en cada punto, posteriormente se procedió a anotar cada coordenada de los puntos en una libreta topográfica (E1= **9337783N –762564E)** dichos puntos nos servirían para dar inicio a nuestro levantamiento topográfico, teniendo todos estos datos se procede a colocar nuestro equipo(estación total) en el primer punto ubicado en campo (E-1) una vez que el equipo este correctamente nivelado, se procede a ingresar datos así como; nombre de nuestro proyecto , coordenadas UTM obtenidos con el GPS, tanto de la E-1, como del PR, altura de prisma y altura de instrumento, después de colocar todo estos datos la primera lectura se hace al punto de referencia (PR) Para luego continuar radiando todos los puntos necesarios de nuestra trocha carrozable.

Para nuestro levantamiento topográfico se tuvo que utilizar una poligonal abierta, después de tomar todos los puntos necesarios y que sean visibles desde la E-1, se procede a ubicar un punto de cambio que se llamara E-2.

Este punto será ubicado con las mismas características del primer punto, será la última lectura que se tome desde el punto E-1, luego de haber leído el último punto nos trasladamos con el equipo para estacionarnos en el punto antes mencionado (E-2), unas ves ubicados en este punto realizamos el mismo procedimiento del punto E-1 para ingresar datos, con la única diferencia que el punto de referencia de ahí en adelante será la estación anterior , este procedimiento se repite cada vez que sea necesario realizar un cambio de estación hasta terminar el trabajo de campo.

Los puntos tomados en campo de nuestra trocha carrozable fueron, eje, lado izquierdo, lado derecho y un punto paralelo a 20m aproximadamente de cada lado de la trocha, estos puntos serán tomados a cada 20 metros en tramos rectos y a cada 10 metros en tramos en curva iniciando desde nuestra progresiva 0+000 hasta 5+700.

Siguiendo con el levantamiento se ha ubicado puntos de control tanto horizontal como vertical (BM) cada 0.5 kilómetros, en lugares donde no puedan ser dañados

3.1.9 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Después de haber culminado el trabajo de campo se procede a procesar los datos obtenidos, en primer lugar por intermedio de un cable y un software instalado en la computadora se descargaran los datos desde la Estación Total a la computadora, luego se guardaran estos datos en el programa Excel en un formato csv delimitado por coma, los datos obtenidos tendrán las siguientes características; Punto, Norte, Este, Altura y Descripción (PNEZD).

Luego estos se importaron al AutoCAD Civil 3D se realizó lo siguiente:

- Se hizo el plano de curvas de nivel.
- Se trazó el eje en planta.
- Se trazaron las curvas horizontales existentes en la trocha carrozable, identificando el corredor vial existente.
- Se construyó el perfil longitudinal de la vía, tal como se encuentra.
- En los planos ya obtenidos se realizó el diseño geométrico tanto en planta como en altura, procediéndose a dibujar las secciones transversales con el diseño definitivo, de acuerdo al Manual de Diseño de Carreteras DG – 2014, del MTC.

3.2 Estudio de Mecánica de Suelos

El estudio de Mecánica de Suelos se realizó con la toma de muestras del terreno a intervenir, realizándose de la siguiente forma:

3.2.1 ALCANCE

El Estudio de Mecánica de Suelos de calicatas del Proyecto Diseño Geométrico Del Camino Vecinal A Nivel De Afirmado Y Sus Obras De Arte Para Optimizar La Transitabilidad Entre Los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito De Cumba, Utcubamba, Amazonas, son sólo para dicha área de estudio,

de ninguna manera se puede aplicar para otros sectores o fines.

3.2.2 OBJETIVOS

Establecer las características físico-mecánicas de los suelos para el proyecto denominado : Diseño Geométrico Del Camino Vecinal A Nivel De Afirmado Y Sus Obras De Arte Para Optimizar La Transitabilidad Entre Los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito De Cumba, Utcubamba, Amazonas,

3.2.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Ubicación

Departamento : Amazonas
Provincia : Utcubamba
Distrito : Cumba
Localidades : Sinaí, Cruce Hualango
Temperatura Promedio Anual : 25.5°C.
Coordenadas U.T.M.:

Punto Inicial: Cas. Sinaí Km 0+000

NORTE : 9337786.19m
ESTE : 762542.27 m
ALTITUD : 493.45 m.s.n.m.

Punto Final: Cruce Hualango Km 5+700

NORTE : 9336148.36 m
ESTE : 765784.62 m
ALTITUD : 943.52 m.s.n.m

3.2.4 CARACTERÍSTICAS LOCALES

Se ubica en la Región Amazonas, Provincia de Utcubamba, distrito de Cumba, donde el inicio de la trocha en estudio (En el Centro Poblado de Sinaí) está a una altura de 493.45 msnm.

En cuanto al régimen de precipitación de acuerdo a la información del 2015, se aprecia que los meses con presencia pluvial son de Diciembre a Abril, con niveles pluviométricos altos, donde las máximas registradas se dan en el mes de Diciembre con 87.20 mm en un periodo de 30 días. La temperatura de la zona es cálida con temperatura máxima de 30.8°C (Septiembre), y de 18.5°C como la mínima registrada (Julio). En resumen, los registros establecen una zona de clima cálido con fuertes precipitaciones anuales.

3.2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Se ejecutó hoyos pilotos de 1.00 * 1.00 a “cielo abierto” de 1.40 a 1.5 metros de hondura mínima, con separación de 0.5 km. Aprox. uno del otro, para obtener datos representativos.

3.2.6 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CALICATAS Y UBICACIÓN

- Cantidad de Calicatas : 10
- Ubicación : Cada 0.5 Kilometros

TABLA N° 01: NUMERO DE CALICATAS PARA EXPLORACIONES DE SUELOS.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número Mínimo de
Carretera de Bajo Volumen de Tránsito: Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.40, 1.50 respecto al nivel de subrasante del proyecto	1 Calicata x 0.5 Km aprox.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.7 DELIMITACIÓN DE LA CANTIDAD DE ENSAYOS DE CBR

Para elegir la cantidad de Ensayos de CBR se utilizó lo normado en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos del MTC que determina lo siguiente:

TABLA N°02 NUMERO DE ENSAYOS DE CBR

Tipo de Carretera	Número Mínimo de Calicatas
Carretera de Bajo Volumen de Tránsito: Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	Cada 1.5 km se realizará un CBR

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera según norma del MTC.

3.2.8 UBICACIÓN DE LAS CALICATAS

Los pozos exploratorios se distribuyeron a lo largo de la vía en las siguientes ubicaciones:

TABLA N°03: UBICACIÓN DE CALICATAS.

Calicata	Kilometraje	Profundidad(m)
C 01	**Km 0+500**	1.50
C 02	**Km 1+000**	1.50
C 03	**Km 1+500**	1.50
C 04	**Km 2+100**	1.50
C 05	**Km 2+700**	1.50
C 06	**Km 3+200**	1.50
C 07	**Km 3+700**	1.50
C 08	**Km 4+200**	1.50
C 09	**Km 4+800**	1.50
C 10	**Km 5+400**	1.50

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

3.2.9 TIPOS DE ENSAYOS A EJECUTAR

Las muestras representativas fueron sometidas a los ensayos**,** bajo las normas de la American Society For Testing and Materials (A.S.T.M):

- Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E107ASTMD-422
- Humedad Natural MTC E 108 ASTM D-221
- Límites de Atterberg:

  Límite Líquido MTC E 110 ASTM D-4318

  Límite Plástico MTC E 111 ASTM D-4318

  Índice de Plasticidad MTC E 111
- Clasificación de Suelos. Método SUCS ASTM D-2487
- Clasificación de Suelos. Método AASHTO M-145

Proctor Modificado	MTC E 115	ASTM D-1557
California Bearing Ratio	MTC E 132	ASTM D-1884

3.2.10 DESCRIPCIÓN DE LAS CALICATAS

CALICATA N° 1

De 0.00 – 1.50 m. Arcilla arenosa presenta plasticidad DE 9.1 %, con una humedad natural de 16.3 %, de consistencia semi compacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N° 2

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla arenosa, presenta plasticidad de 8.8%, una humedad natural de 15.3%, es de consistencia semi compacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N° 3

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla gravosa de alta plasticidad, presenta plasticidad de 25.8%, una humedad natural de 11.1%, es de consistencia semi compacta. Identificada en el sistema SUCS como un CH.

CALICATA N° 4

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla inorgánica, presenta plasticidad de 21.5%, una humedad natural de 21.7%, es de consistencia semi compacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N° 5

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla inorgánica, presenta plasticidad de 19.8%, una humedad natural de 21.5%, es de consistencia semi compacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N° 6

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla gravosa con arena, presenta plasticidad de 15.4%, una humedad natural de 12.7%, es de consistencia semi compacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N° 7

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Grava arcillosa, presenta plasticidad de 13.3%, una humedad natural de 8.1%, es de consistencia compacta. Identificada en el sistema SUCS como un GC.

CALICATA N° 8

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Grava arcillosa, presenta plasticidad de 11.7%, una humedad natural de 10.7%, es de consistencia compacta. Identificada en el sistema SUCS como un GC.

CALICATA N° 9

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla con grava, presenta plasticidad de 14.2%, una humedad natural de 12.1%, es de consistencia semi compacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N°10

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla inorgánica, presenta plasticidad de 22.0%, una humedad natural de 19.4%, es de consistencia semi compacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

TABLA N°04: RESUMEN DE CALICATAS

CUADRO RESUMEN																
N° CALICATA	PROGRESIVA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	HUMEDAD NATURAL	GRANULOMETRIA		CLASIFICACION		LIMITES			SALES (%)	MAXIMA DENSIDAD SECA	HUMEDAD OPTIMA	CBR (95%)	CBR (100%)
					PASA % N°4	PASA % N°200	AASHTO	SUCS	L.L.	L.P	I.P					
01	0+500	M-1	0.00 - 1.50	16.3	97.3	57	A-4(5)	CL	29.5	20.4	9.1	0.09	1.854	13.1	6	8.5
02	1+000	M-1	0.00 - 1.50	15.3	97.0	53.3	A-4(4)	CL	28.1	19.3	8.8	0.07	1.864	12.5	4	8.6
03	1+500	M-1	0.00 - 1.50	11.1	59.8	52.2	A-7-6(11)	CH	55.0	29.2	25.8	0.25	1.754	20.8	4	6.9
04	2+100	M-1	0.00 - 1.50	21.7	99.9	96.6	A-7-6(14)	CL	47.8	26.3	21.5	0.19	1.772	16.6	3	4.8
05	2+700	M-1	0.00 - 1.50	21.5	99.8	95.5	A-7-6(13)	CL	43.1	23.3	19.8	0.12	1.767	16.4	3	4.8
06	3+200	M-1	0.00 - 1.50	12.7	71.9	69.5	A-6(9)	CL	38.5	23.2	15.4	0.05	1.750	15.5	6	10.2
07	3+700	M-1	0.00 - 1.50	8.1	51.4	38.3	A-6(1)	GC	35.7	22.4	13.3	0.09	2.069	10.4	7	14.2
08	4+200	M-1	0.00 - 1.50	10.7	58.7	46.9	A-6(3)	GC	34.1	22.5	11.7	0.09	2.054	10.5	8	15.3
09	4+800	M-1	0.00 - 1.50	12.1	73.8	70.8	A-6(9)	CL	35.6	21.4	14.2	0.07	1.763	16.4	6	10.4
10	5+400	M-1	0.00 - 1.50	19.4	99.8	96.2	A-7-6(14)	CL	48.3	26.3	22	0.16	1.780	17.6	3	4.6

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.11 OBSERVACIONES

- La clase de la sub rasante establecida por el CBR al **95%** de la máxima densidad seca, lograda es <**10%,** es decir, el tipo de sub rasante que califica es de Regular a débil.
- La calidad y permanencia de la obra obedece a que se verifique y controle oportunamente las medidas de calidad de los materiales en todo el proceso de la obra.

3.2.12 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Se aprecia en anexo correspondiente al Estudio de Suelos y Canteras.

3.2.13 ESTUDIO DE SUELOS DE LA CANTERA

A. ALCANCE

El análisis del suelo en el Proyecto "Diseño Geométrico Del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y Sus Obras De Arte Para Optimizar La Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas", tiene un alcance exclusivo para la obra en mención no pudiendo aplicarse en otra realidad similar.

B. OBJETIVOS

Determinar la cantidad necesaria de materiales para que satisfagan la demanda en la construcción del Proyecto: "Diseño Geométrico Del Camino Vecinal A Nivel De Afirmado Y Sus Obras De Arte Para Optimizar La Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas"

C. DESCRIPCIÓN DE LA CANTERA

Nombre de la Cantera: Pampa colorada

Ubicación

Sector : Sinaí KM 0+500
Distrito : Cumba
Provincia : Utcubamba
Departamento : Amazonas

La Cantera Pampa Colorada está localizada en el Km 0+500 de la Carretera Sinaí – Cruce Hualango, las distancias aproximadas se registran en el cuadro siguiente:

TABLA N° 05: ACCESIBILIDAD A LA CANTERA.

ACCESIBILIDAD A LA CANTERA			
Punto de inicio	Punto de Llegada	Superficie de Rodadura	Distancia
0+000	0+500	Trocha	0.50
		TOTA	0.50KM

Fuente: Elaboración Propia

D. INVESTIGACIONES DE LABORATORIO

El estudio de suelos se observan en los siguientes resultados:

TABLA N°06: CLASIFICACIONES DEL MATERIAL DE CANTERA:

''Cantera N°1''

ENSAYO	METODO DE ENSAYO	ESPECIFICACION	RESULTADO PROMEDIO DE MEZCLA	
PASANTE DE LA MALLA N°4	–	–	36.8%	
LIMITE LIQUIDO	MTC E-110	35% Max.	26.85%	CUMPLE
LIMITE PLASTICO	MTC E-110	–	18.6%	
INDICE PLASTICO	MTC E-111	4 – 9%	8.25%	CUMPLE
PROCTOR MODIFICADO	MTC E-115	–	2.211 gr/cm3	
OPTIMO CONTENIDO HUMEDAD	–	–	8.0 %	
ABRASIÓN LOS ANGELES	MTC E-207	40% max.	30.15%	CUMPLE
CBR	MTC E-132	40% Min.	73.8%	CUMPLE

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales

Los estudios al material de afirmado de la cantera mostrados en la Tabla están dentro de los parámetros establecidos en el Cuadro Gradación del Material de Afirmado del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, el cual indica que:

IP: 4-9

LL: Max 35%

CBR (referido al 100% y carga de penetración de 0.1”): Min 40%.

3.3 El Estudio de Hidrología y Drenaje, para la zona de intervención y el Diseño de las Obras de Arte tubo como parámetros los que a continuación se mencionan:

3.3.1 HIDROGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA

En la zona se cuenta con una estación meteorológica del SENAMHI, de donde se obtuvo los registros de los últimos 11 años, señalando una precipitación máxima en 24 horas de hasta 87.20mm.

La zona del proyecto pertenece a la Vertiente del Pacifico, correspondiendo a la Cuenca Hidrográfica del Rio Marañón con una altitud promedio de 494.82 m.s.n.m.

3.3.2 DELIMITACIÓN DE LA CUENCA

La delimitación se realizó con curvas de nivel o Carta Nacional siguiendo las líneas del Divortium Aquarium, la cual es una línea imaginaria, que divide las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación que en cada sistema de corriente fluye hacia el punto de salida de la cuenca.

3.3.3 ESTUDIO DE LA CUENCA

a. Estimación de Caudales

Los causes de agua que intersectan la carretera a proyectar, no poseen los caudales registrados ya que es una cuenca pequeña. Las cunetas se diseñarán con el caudal obtenido de las aguas que discurren.

b. Datos de la Cuenca

Las lluvias en el área de influencia del proyecto, son calificadas como Altas, por la ubicación geográfica. Cabe remarcar que el área de influencia de la Cuenca Hidrográfica del Río Marañón no afecta al recorrido de la carretera a proyectar.

c. Datos disponibles

Se cuenta con los siguientes estudios previos:

- Perfiles longitudinales de la vía.
- Relación de obras de arte existentes en un buen estado de conservación.
- Registro de Precipitaciones.
- Características de la cuenca.
- Topografía del terreno.
- Datos de Mecánica de Suelos.

3.3.4 MÁXIMAS DESCARGA

a. Precipitación Máxima en 24 Horas (mm)

Se presenta información de la Variación de lluvias Máximas en mm en 24 horas, registrado en 10 años.

Tabla Nº07: PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS

ESTACIÓN EL PALTO

ESTACION	: EL PALTO		**LAT.**	: 06° 00' 0,4"		**DPTO.**	: AMAZONAS
			LONG.	: 78° 28' 15,5'		**PROV.**	:UTCUBAMBA
CATEGORIA	: "CO"		**ALT.**	: 1,490 msnm		**DIST.**	: LONYA GRANDE

AÑO	Precipitación Máx.24h.	DURACIÓN EN MINUTOS				
		5	10	30	60	120
2005	48.00	11.6518	13.85641	18.23606	21.68645	25.78968
2006	44.20	13.25653	13.84345	14.82738	15.48384	16.16937
2007	48.50	15.02307	15.18666	15.4496	15.61783	15.7879
2008	57.30	18.31275	18.3624	18.44138	18.49137	18.54151
2009	77.30	25.95836	25.97594	26.00382	26.02143	26.03905
2010	53.20	19.49352	19.49682	19.50205	19.50535	19.50865
2011	87.20	29.74394	29.74519	29.74719	29.74845	29.74971
2012	55.60	21.07821	21.07844	21.07879	21.07901	21.07923
2013	50.30	17.49588	17.49593	17.496	17.49605	17.49609
2014	56.00	18.59222	18.59224	18.59226	18.59227	18.59228
2015	57.90	19.51735	19.51735	19.51736	19.51736	19.51736

FUENTE SENAHMI cálculo de modelamiento de intensidades.

En la Tabla Nº 07 se realiza los cálculos para suponer la cantidad de agua de lluvia que recibirá el área en estudio para periodos de duración de 5, 10, 30, 60 y 120 minutos a partir de los datos registrados como precipitaciones máximas (mm) por año en 24 horas de la Tabla, empleando la siguiente fórmula:

PRECIPITACIÓN TOTAL: (1)

$$Pd = P_{24}\left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25}$$

Dónde:

Pd : Precipitación total en mm.

d : Duración en minutos.

P24 : Precipitación máxima en 24 horas en mm.

TABLA N°08: INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/h) ESTACIÓN EL PALTO

ESTACION	: EL PALTO		**LAT.**	: 06° 00' 0,4"			**DPTO.**	: AMAZONAS
			LONG.	: 78° 28' 15,5'			**PROV.**	:UTCUBAMBA
CATEGORIA	: "CO"		**ALT.**	: 1,490 msnm			**DIST.**	: LONYA GRANDE

AÑO	Precipitación Máx.24h.	DURACIÓN EN MINUTOS				
		5	10	30	60	120
2005	48.00	139.8216	83.13844	36.47211	21.68645	12.89484
2006	44.20	159.0784	83.06069	29.65476	15.48384	8.084686
2007	48.50	180.2768	91.11994	30.8992	15.61783	7.893951
2008	57.30	219.753	110.1744	36.88275	18.49137	9.270755
2009	77.30	311.5003	155.8556	52.00765	26.02143	13.01953
2010	53.20	233.9223	116.9809	39.0041	19.50535	9.754327
2011	87.20	356.9272	178.4712	59.49438	29.74845	14.87485
2012	55.60	252.9386	126.4706	42.15758	21.07901	10.53962
2013	50.30	209.9506	104.9756	34.992	17.49605	8.748046
2014	56.00	223.1067	111.5534	37.18451	18.59227	9.29614
2015	57.90	234.2082	117.1041	39.03471	19.51736	9.758681

FUENTE: SENHAMI cálculo de modelamiento de intensidades

Máxima Precipitación de agua de lluvia que recibirá el área del proyecto en un periódo determinado en 5, 10, 30, 60 y 120 minutos a partir de los datos registrados como precipitaciones máximas (mm) por año en 24 horas de la **Tabla Nº08** siendo sus unidades en mm/h; empleando para ello la siguiente fórmula:

INTENSIDAD: (2)

$$I = \frac{Pd}{T}$$

Dónde:

I : Intensidad

Pd : Precipitación total en mm

T : Tiempo en horas

TABLA N°09: ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN DE GUMBEL

Tiempo	5	10	15	30	45	60	120	24 Horas
Coef. De Duración	0.26	0.4	0.53	0.7	0.86	1	1.4	4.9
Periodo de retorno								
2	39.23	30.18	26.65	17.60	14.42	12.57	8.86	61.61
5	50.12	38.55	34.06	22.49	18.42	16.06	11.33	78.71
10	57.33	44.10	38.96	25.73	21.07	18.38	12.95	90.04
15	61.40	47.23	41.72	27.55	22.57	19.68	13.87	96.43
20	64.25	49.42	43.66	28.83	23.61	20.59	14.52	100.90

FUENTE: Cálculo de modelamiento de intensidades

En la presente tabla se ordenan los datos obtenidos en la **Tabla Nº09** por Intensidades de menor a mayor en los periodos de duración de 5, 10, 15, 30, 45, 60 y 120 minutos

TABLA N°10: PROBABILIDADES OBSERVADA Y SIMULADA

Periodo	*Variable*	*Precip.*	*Prob. de*	*Corrección*
Retorno	*Reducida*	*(mm)*	*ocurrencia*	*intervalo fijo*
Años	*YT*	*XT'(mm)*	*F(xT)*	*XT (mm)*
2	0.3665	55.6322	0.5000	62.8644
5	1.4999	67.1473	0.8000	75.8765
10	2.2504	74.7714	0.9000	84.4916
25	3.1985	84.4043	0.9600	95.3769
50	3.9019	91.5506	0.9800	103.4521
75	4.3108	95.7043	0.9867	108.1458
100	4.6001	98.6441	0.9900	111.4678
500	6.2136	115.0361	0.9980	129.9908

FUENTE: cálculo de modelamiento de intensidades

En la presente tabla se determina la probabilidad de que los eventos registrados en la estación se repitan.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE (SMIRNOV – KOLMOGOROV) [4]

$$F_{(x)} = e^{\left(-e^{(-a(1-b))}\right)}$$

Estimación de los parámetros a, b se obtienen con las siguientes ecuaciones, teniendo en cuenta la cantidad de datos muestrales.

a = 1.2825 / Desviación Estándar

b = Promedio – (0.45 x Desviación Standar)

TABLA N°11: SIMULACIÓN DEL MODELO DE GUMBEL

BONDAD DE AJUSTE (Funcion de Gumbel)			
Coeficiente Correlacion R2			
	R2 :	**0.8849**	
Test de Kolmogorov Smirnov			
	D supremo :	**0.203**	
	D tabla 95 :	**0.391**	**Significativo al 95 %**

FUENTE PROPIA: cálculo de modelamiento de intensidades

En la tabla se determina el riesgo de falla y tiempo de retorno, en periodos de duración de 5, 10, 30, 60 y 120 minutos.

Debido a que el tiempo de concentración es muy pequeño, tomamos la intensidad máxima en 10 minutos y PR 10 años (57.33 mm/h) de la **Tabla Nº09**

$$I = 44.10 \text{ mm/h}$$

3.3.5 CALCULO DEL CAUDAL MÁXIMO

Para el cálculo de la cuenca receptora, se ha asumido que las cunetas, desaguarían en zonas ubicadas en promedio a una distancia entre ellas de 500 m. El ancho de las zonas aledañas se asume de 20 m, que incluye la superficie de la cuneta; el área resultante sería entonces de 10,000 m2 A = 0,010 km2.

Luego: **A= 0.010 km2**

El coeficiente de escorrentía C = 0.70, de la Tabla Nº 12

3.3.6 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C):

Es la relación entre el agua que corre por la superficie del terreno y la total precipitada.

TABLA N°12: COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA

CONDICION	VALORES			
1. Relieve de Terreno	K1= 40 Muy accidentado pendiente superior al 30%	K1= 30 Accidentado pendiente entre 10% y 30%	K1= 20 Ondulado pendiente entre 5% y 10%	K1= 10 Llano pendiente inferior al 5%
2. Permeabilidad del suelo	K2= 20 Muy impermeable roca sana	K2= 15 Bastante impermeable arcilla	K2= 10 Permeable	K2= 5 Muy permeable
3. Vegetacion	K3=20 Sin vegetacion	K3= 15 Poca menos del 10% de la superficie	K3= 10 Bastante Hasta el 50% de la superficie	K3= 5 Mucha hasta el 90% de la superficie
4. Capacidad de Retencion	K4= 20 Ninguna	K4= 15 Poca	K4= 10 Bantante	K4= 5 Mucha

Fuente: Cuadro 4.1.2.b del Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito

Para Terreno Accidentado con Pendiente entre 10% y 30%: K1 = 30

Suelo Permeable : K2 = 10

PocaVegetación : K3 = 15

PocaCapacidadde Retención : K4 = 15

Por lo tanto:

Para K1 + K2 + K3 + K4 = 70

C = 0.70

Fórmula del Método Racional:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q: Descarga de diseño (m^3/s)

C: Coeficiente de escorrentía superficial (ver cuadro)

I: Máxima intensidad de precipitación correspondiente al tiempo de concentración

A: Área a drenar o tributaria (Ha)

Luego:

Q = C * I * A / 3, 6

Q = 0,70 * 44.10 * 0,01 / 3,6

Q = 0,086 m3/s = 86 l/s

Entonces:

Q= 0.0086 m^3/seg

Q= 86 lts/seg

3.3.7 DRENAJE

DRENAJE SUPERFICIAL

Tomado del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de transito:

El drenaje superficial tiene como finalidad alejar las aguas del camino, para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.

El adecuado drenaje es esencial para evitar la destrucción total o parcial de un camino y reducir los impactos indeseables al ambiente debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de este.

El drenaje superficial comprende:

- La recolección de las aguas procedentes de la plataforma y sus taludes.

- La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por el camino. (2005, p.27).

3.3.8 PERIODO DE RETORNO

Tomado del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de transito:

> La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un elemento del drenaje superficial está relacionada con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el periodo para el cual se diseña el camino.
> El riesgo o probabilidad de excedencia de un caudal en un intervalo de años está relacionado con la frecuencia histórica de su aparición o con el periodo de retorno.
> Se ha considerado periodos de retorno no inferiores a 10 años para las cunetas. (2005, p.76).

TABLA N°16: PERIODOS RETORNO PARA DISEÑO OBRAS

Tipo de obra **DRENAJE**	Período de retorno en años
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarilla de alivio	10 – 20
Drenaje de la plataforma	10

FUENTE: manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito

3.3.9 RIESGO DE OBSTRUCCIÓN

Tomado del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de transito:

> El riesgo de obstrucción de las obras de drenaje (cunetas) fundamentalmente por vegetación arrastrada por la corriente dependerá de las características de los cauces y zonas inundables y puede clasificarse en las categorías siguientes:

Riesgo Alto: Existe peligro de que la corriente arrastre árboles u objetos de tamaño parecido.

Riesgo Medio: Pueden ser arrastradas cañas, arbustos, ramas y objetos de dimensiones similares, en cantidades importantes.

Riesgo Bajo: No es previsible el arrastre de objetos de tamaño en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe. (2005, p.88).

Se ha considerado el riesgo de la totalidad de obras de drenaje es bajo, considerando además que el caudal máximo que podría precipitarse también es bajo Q= 1.8 lts/seg.

3.3.10 DAÑOS DEBIDOS A LA ESCORRENTÍA

Se considera un daño mínimo debido al bajo caudal máximo que podría precipitarse, pero se toma en cuenta lo siguientes posibles daños:

a) Daños en el Elemento de Drenaje Superficial

Se logrará suponer que el caudal no causará perjuicios significativos por rozadura de la superficie del canal si su velocidad media no aventaja de los límites fijados en la **Tabla Nº17** en función de la naturaleza de dicha superficie:

TABLA N°17: VELOCIDAD MÁXIMA DEL AGUA

Tipo de superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50 *
Concreto	4.50 – 6.00 *

* Para flujos de muy corta duración

FUENTE: cuadro 4.1.1.c manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito

3.3.11 OBRAS DE ARTE

A. **CUNETAS**

Las cunetas serán conforme lo norma el Manual de Diseño de Carreteras DG - 2014.

B. **Cálculo del Tirante de Diseño**

Para obtener el tirante de la sección triangular de la cuneta se usa la fórmula de Manning.

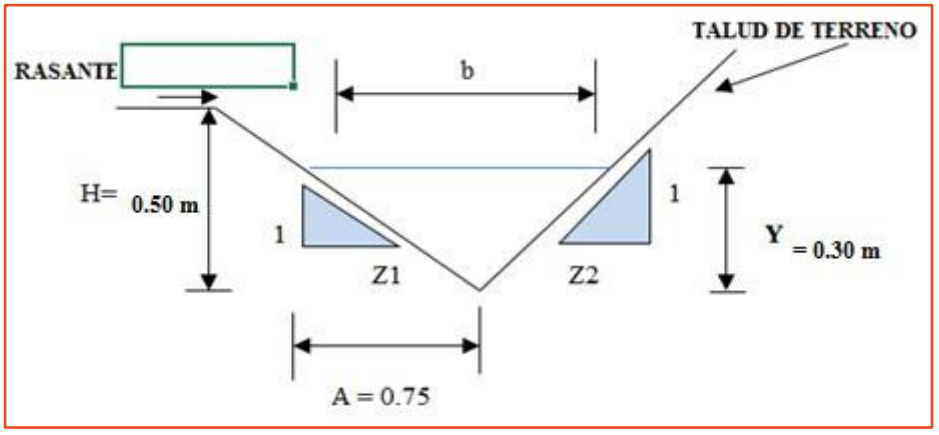


TABLA N°18: COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (n)
Tubos de barro para drenaje.	0.014
Superficie de cemento pulido.	0.012
Tubería de concreto.	0.015
Canales revestidos con concreto.	0.014
Superficie de mampostería con cemento.	0.02
Acueductos semicirculares, metálicos lisos.	0.012
Acueductos semicirculares, metálicos corrugados.	0.025
Tuberías de plástico corrugadas ADS.	0.012
Canales en tierra, alineados y uniformes.	0.025
Canales en roca, lisos y uniformes.	0.033
Canales en roca, con salientes y sinuosos.	0.04

Canales dragados en tierra.	0.0275
Canales con lecho pedregoso y bordes de tierra enyerbados.	0.035
Canales con plantilla de tierra y taludes ásperos.	0.033
Corrientes naturales limpias, bordes rectos, sin hendiduras ni charcos profundos.	0.03
Corrientes naturales igual al anterior, pero con algo de hierba y piedra.	0.035
Corrientes naturales igual al anterior, pero menos profundas, con secciones pedregosas.	0.055
Ríos con tramos lentos, cauce enyerbado o con charcos profundos.	0.07
Playa muy enyerbada.	0.125

FUENTE Villón, M. 1994.

DATOS:

Z1 = 2.500

Z2 = 2.000

Y = 0.9H 90% (10% borde libre)

Y = 0.22

b = Y (Z1 + Z2)

b = 1.00

CALCULO DEL ÁREA HIDRÁULICA:

Ah = bY/2

Ah = 0.048

CALCULO DEL RADIO HIDRÁULICO Ah/Pm

Rh = **Pm** = Perímetro mojado

$$Pm = Y(\sqrt{1+Z_1^{\ 2}} + \sqrt{1+Z_2^{\ 2}})$$

Pm = 0.62

Rh = 0.077

Q = m³/seg

n = 0.012 (Del Cuadro Nº 18)

Velocidad Media = Vm = 1.80 m/seg

Solucionando la ecuación de Manning por aproximaciones sucesivas

Tirante máximo: **y = 0.22 m**

Consideramos un Tirante Máximo: **y = 0.30 m**

Se adopta un tirante igual a 30 cm, para efectos constructivos y por la presencia de tierras de cultivo cercanas a la carretera las cuales suelen inundar la misma.

Las secciones de la cuneta cumplen lo indicado en la norma vigente

Cuadro Nº 4.1.3.a del Manual De Diseño Geométrico De Carreteras DG - 2014.

TABLA N° 19: DIMENSIONES MÍNIMAS DE CUNETAS

Región	Profundidad(m)	Ancho(m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy Lluviosa	0.50	1.00

FUENTE: cuadro 4.1.3.a manual de diseño Geométrico de carreteras DG – 2014.

El estudio hidrológico para este caso recomienda un caudal de diseño bajo por lo que se construirá cunetas a ambos lados de la vía con un T= 0.30m con la finalidad de prevenir cualquier eventualidad de descargas máximas, sin embargo la construcción de las alcantarillas no por la baja influencia dela cuenca en estudio.

3.4 En el diseño Geométrico de la carretera de acuerdo con la normatividad vigente del MTC, para el diseño Geométrico de Carreteras DG - 2014, se ha tomado los siguientes parámetros:

3.4.1. GENERALIDADES

El Proyecto “Diseño Geométrico Del Camino Vecinal A Nivel De Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre Los Caseríos Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas”, se presenta por la necesidad de brindar a los Centros Poblados en mención, una vía que interconecte a estos pueblos con la Ciudad de Utcubamba, Amazonas en condiciones óptimas de transitabilidad.

El Diseño Geométrico de una carretera comprende la determinación de los Parámetros de Diseño, desde el diseño de Afirmado y la Señalización de la Vía, para satisfacer la necesidad justificada social y económica. Ambos conceptos se aglutinan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener la vía que se proyecta con la finalidad de obtener resultados óptimos, en beneficio de la comunidad.

3.4.2. PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DISEÑO

Para determinar las características del proyecto es necesario evaluar y seleccionar los siguientes parámetros que se explican a continuación en el orden siguiente:

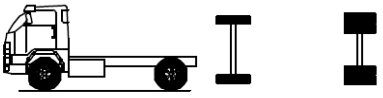
- Estudio de la Demanda de la Carretera.
- Estudio de la Velocidad de Diseño en relación al costo de la carretera.
- La sección transversal de diseño.
- El tipo de superficie de rodadura.

3.4.2.1. CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A SU DEMANDA

En concordancia al manual para el diseño de Carreteras

El tipo de tránsito para la categoría de la carretera en estudio se compone generalmente de la siguiente manera: un 44.45% representado por vehículos ligeros como: automóviles, camionetas, camionetas rurales y el 55.55% por vehículos pesados como: Bus grande de dos ejes, camiones de dos y tres ejes, la carga máxima es de 7,000 Kg. Por eje simple. Esta carga de presiones de contacto es de 5Kg /cm^2 aproximadamente. Teniendo en cuenta lo anterior y la geometría de la carretera, podrán circular camiones hasta de tipo C3 (camiones de 03 ejes cuyo peso total "W" de la carga y el camión es de 25 Tn). (MTC, 2013.p.16).

TABLA N° 20: **PESOS Y MEDIDAS MÁXIMAS PERMITIDAS**

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configu-ración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)					Peso bruto máx. (t)
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º	4º	
C2		12,30	7	11	---	---	---	18
C3		13,20	7	18	---	---	---	25

FUENTE: Decreto Supremo Nº 058-2003-MTC

Las carreteras del Perú se clasifican según su demanda en:

A. Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6,000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada, (MTC, 2013.p.16).

B. Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA en t r e 6 ,00 0 y 4,001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada, (MTC, 2014.p.16).

C. Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4,000 y 2,001 veh/día, de con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (MTC, 2014.p.16).

D. Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2,000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada, (MTC, 2014.p.16).

E. Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase (MTC, 2014.p.16).

F. Trochas Carrozables

> Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.
>
> Según la Demanda de Tránsito para el uso de la carretera en estudio, el Índice Medio Diario Anual de Tránsito (IMDA) proyectado es menor a 200 veh/día (ver Tabla N°21), por lo que en adelante se empleará el Manual de Diseño para Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito a fin de cumplir con lo indicado para el trazo respectivo. (MTC, 2014.p.16).

Para el caso de este proyecto la Carreteras será de Bajo Volumen de Tránsito No Pavimentadas

- Base legal: RM. N° 303-2008-MTC/02
- IMDA: Hasta 200 veh/día
- Superficie rodadura: Afirmado estabilizado por diferentes métodos
- Sub-Clasificación:
- IMDA: 200-400 veh/día (02 carriles, calzada de 3m)

TABLA N°21 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LAS CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

3.4.2.2. CLASIFICACIÓN POR OROGRAFÍA

(MTC, 2014.p.16), Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazado, se clasifican en:

- Terreno Plano (Tipo 1)
- Terreno Ondulado (Tipo 2)
- Terreno Accidentado (Tipo 3)
- Terreno Escarpado (Tipo 4)

Para el caso de la carretera en estudio, por el tipo de su orografía se clasifica como una carretera Tipo 3.

3.4.3. ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO EN RELACIÓN AL COSTO DEL PROYECTO

La velocidad de diseño es muy importante para establecer las características del trazado en planta, elevación y sección transversal de la carretera. Definida la velocidad del diseño para la circulación del tránsito automotor, se procederá al diseño del eje de la carretera, siguiendo el trazado en planta por tramos rectos (en tangente) y por tramos de curvas circulares y espirales. Y similarmente del trazado vertical, con tramos en pendiente rectas y con pendientes curvilíneas, normalmente parabólicas. La velocidad de diseño está igualmente relacionada con el ancho de los carriles de circulación y, por ende, con la sección transversal por adoptarse. La velocidad de diseño es la que establecerá las exigencias de distancias de visibilidad en la circulación y, consecuentemente, de la seguridad de los usuarios de la carretera a lo largo del trazado, (MTC, 2014.p.30).

3.4.4. DEFINICIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO

La selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico-económico de alternativas de trazado que deberán tener en cuenta la orografía del territorio. En territorios planos, el trazado puede aceptar altas velocidades a bajo costo de construcción, pero en territorios muy accidentados será muy costoso mantener una velocidad alta de diseño, porque habría que realizar obras muy costosas para mantener un trazo seguro. Ello solo podría justificarse si los volúmenes de la demanda de tránsito fueran muy altos.

En el particular caso del manual destinado al diseño de carreteras de bajo volumen del tránsito, es natural que el diseño se adapte en lo posible a las inflexiones del terreno y, particularmente, la velocidad de diseño deberá ser bastante baja cuando se trate de sectores o tramos de orografía más accidentada. Para efectos del Manual de Diseño para Carreteras No Pavimentadas de Bajo

> Volumen de Tránsito, la velocidad máxima de diseño considerada es de 60Km/h. (MTC, 2005.p.31).

Teniendo la relación velocidad de diseño y costo de la carretera y considerando la velocidad máxima de diseño referida en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG - 2014, se ha determinado la Velocidad de Diseño para el estudio de la carretera en 30 Km/h.

3.4.5. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

> La velocidad de circulación corresponderá a la norma que se dicte para señalizar la carretera y limitar la velocidad máxima a la que debe circular el usuario, que se indicará mediante la señalización correspondiente, (MTC, 2014.p.31).

Para el caso específico del proyecto se está considerando una Velocidad Máxima de Circulación de 30 Km/h.

3.4.6. SECCIÓN TRANSVERSAL DE DISEÑO

> Para dimensionar la sección transversal, se tendrá en cuenta que las carreteras de Bajo Volumen de Tránsito, solo requerirán:
>
> a) Una calzada de circulación vehicular con una sección transversal típica de 4.5m de calzada, a la cual le asignamos berma de 0.5m a ambos lados y con bombeo de 3%.
>
> b) Para las carreteras de menor volumen, un solo carril de circulación, con plazoletas de cruce y/o de volteo cada cierta distancia, según se indique. (MTC, 2005.p.32).

Para el caso específico del proyecto se está considerando una vía de dos carriles de circulación de 3.00 m, sin berma (VER ANEXO DE PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES)

3.4.7. TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA

> Según el Manual de Diseño para Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, considera que básicamente se utilizarán los tipos de pavimentos siguientes:

- Carreteras de tierra y carreteras de grava.
- Carreteras afirmadas con material granular y/o Estabilizadores.

Es importante indicar que los criterios más importantes a fin de seleccionar la superficie de rodadura para una carretera afirmada establecen que a mayor tránsito pesado medido en ejes equivalentes destructivos se justificará utilizar afirmados de mayor rendimiento y que el alto costo de la obra lo que en muchos casos podrá justificar el uso de afirmados estabilizados. También es importante establecer que la presión de las llantas de los vehículos, deben mantenerse bajo las 80 (psi) libras/pulg^2 de presión para evitar daños graves a la estructura de los afirmados, (MTC, 2014.p.32).

Considerando que el IMD Proyecto es de 233 Veh/Día (Anexo Diseño Geométrico de la Carretera) éste clasifica a la carretera como una Carretera de BVT Tipo T3, considerando una superficie de rodadura de Afirmado, la cual se diseñará en el Capítulo Pavimentos.

TABLA Nº 22: CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA SUPERFICIE RODADURA DE CARRETERAS DG -2014

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			6,00	6,00
40 km/h																6,60	6,60	6,60	6,00	
50 km/h											7,20	7,20			6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	
60 km/h					7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 km/h			7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60		6,60	6,60		
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			6,60	6,60		
90 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			7,20				6,60	6,60		
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20				7,20							
110 km/h	7,20	7,20			7,20															
120 km/h	7,20	7,20			7,20															
130 km/h	7,20																			

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 5,00 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

FUENTE: Manual De Diseño De Carreteras DG – 2014.

3.4.8. ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

Los elementos que definen la geometría de la carretera son:

a. La velocidad de diseño seleccionada.

b. La distancia de visibilidad necesaria

c. La estabilidad de la plataforma de la carretera, de las superficies de rodadura, de puentes, de obras de arte y de los taludes.

d. La preservación del medio ambiente. (MTC, 2014.p.33).

3.4.8.1. DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Extraído de la fuente (MTC, 2005.p.36), Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo. En diseño se consideran tres distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior, en el mismo sentido; y la distancia requerida para cruzar o ingresar a una carretera de mayor importancia**.**

A. Visibilidad De Parada

Distancia de visibilidad de parada, es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria. Para efecto de la determinación de la Visibilidad de Parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera, (MTC, 2014.p.36).

TABLA Nº 23: DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	223	214
130	287	310	338	375	267	252	238

FUENTE: CUADRO Nº 3.1.1 MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS DG – 2014 DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

(MTC, 2014.p.36), La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Esta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada iguales o mayores a 6%.En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada. En la **Tabla Nº 24** se muestran las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad directriz y de la pendiente. En carreteras de muy bajo volumen de tránsito, de un solo carril y tráfico en dos direcciones, la distancia de visibilidad deberá ser por lo menos dos veces la correspondencia a la visibilidad de parada.

Para el caso de la distancia de visibilidad de cruce, se aplicarán los mismos criterios que los de visibilidad de parada.

B. Visibilidad De Adelantamiento

(MTC, 2014.p.37), Distancia de visibilidad de Adelantamiento o paso, es la mínima distancia que debe ser visible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro vehículo que viaja a velocidad 15 km/h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad

directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento, se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es de 1.10m. La visibilidad e adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible de la carretera cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, en el costo de construcción.

La distancia de Visibilidad de Adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz tal como se muestra en el siguiente cuadro.

TABLA Nº 24: DISTANCIA DE VISIBILIDAD ADELANTAMIENTO

velocidad directriz Km./h	distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
30	200
40	270
50	345
60	410

FUENTE: CUADRO N º 3.1.2 MANUAL D E DISEÑO D E CARRETERAS DG – 2014 DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

3.4.8.2. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible. El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección. El trazado en planta de un tramo de la carretera está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición. En general, el relieve del terreno es el

elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad directriz. La velocidad directriz, a su vez, controla la distancia de visibilidad. Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento transversal del vehículo, están dados en función a la velocidad directriz, a la fricción transversal y al peralte máximo aceptable. No se requiere curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión. En la Tabla Nº 24 se muestran los ángulos de deflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal. (MTC, 2014.p.38).

TABLA Nº 25: ÁNGULOS DE DEFLEXIÓN MÁXIMOS QUE NO REQUIERE CURVA HORIZONTAL

velocidad directriz Km./h	deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2º 30'
40	2º 15'
50	1º 50'
60	1º 30

FUENTE: cuadro nº 3.2.1 manual de diseño de carreteras de bajo volumen de transito

A. Curvas Horizontales

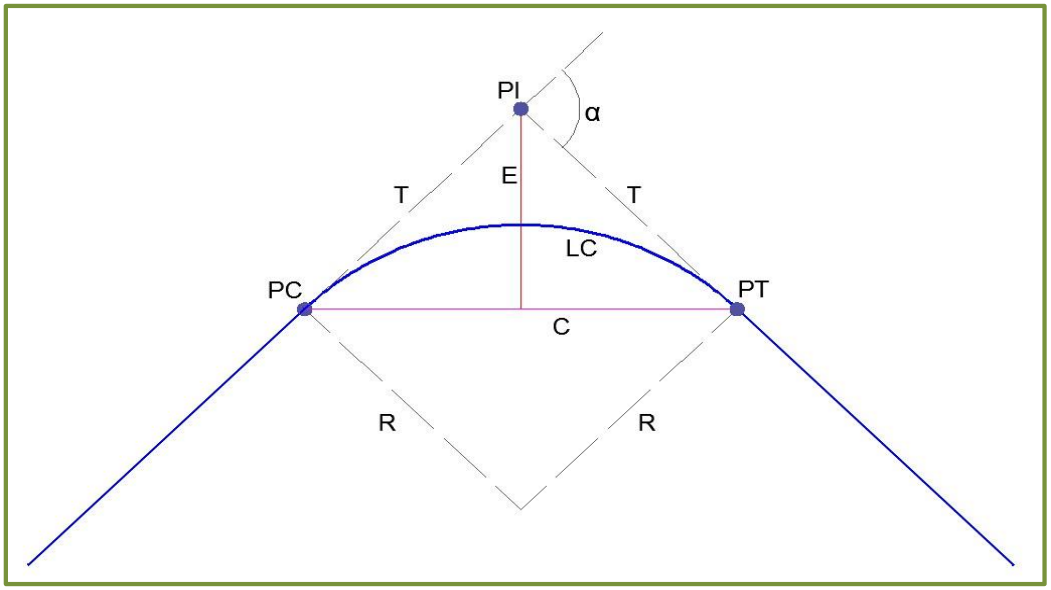
(MTC, 2014.p.40), El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción, para una velocidad directriz determinada. En la Tabla Nº 25 se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. En el alineamiento horizontal de un tramo carretero diseñado para una velocidad directriz, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

TABLA Nº 26 RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÁXIMOS

velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	valor límite de fricción f_{max}	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

FUENTE: CUADRO Nº 3.2.6.1b MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS DG-2013 DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

FIGURA Nº 1: ELEMENTOS DE LA CURVA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Donde:

PI: Punto de intersección de la prolongación de los alineamientos

PC: Punto de inicio de la curva

PT: Punto de término de la curva

R: Radio de la curva

T: Tangente a la curva horizontal

α: Angulo de deflexión

LC: Longitud de la curva horizontal

E: Externa de la curva horizontal

C: Cuerda mayor de la curva horizontal

Para hallar:

$$T = R.\tan(\alpha/2)$$

$$LC = \frac{\pi.R.\alpha}{180}$$

$$E = R(\sec(\alpha/2) - 1)$$

Para el cálculo de los elementos de la Curva Nº 1 ubicada en el PI-2 se obtuvo:

$$T = R.\tan(\alpha/2)$$

$$T = 80.\tan(7º14'43"/2)$$

$$T = 5.065\ m$$

$$LC = \frac{\pi.R.\alpha}{180}$$

$$LC = \frac{(3.1\,41\,5)(8\,0)(7º\,1\,4'\,4\,3")}{180}$$

$$LC = 10.116\ m$$

$$E = R(\sec(\alpha/2) - 1)$$

$$E = 80(1/\cos(7º14'43"/2)-1)$$

$$E = 0.160\ m$$

Del mismo modo se han calculado los elementos de todas las curvas, cuyo detalle se encuentran en el Anexo de planos perfil longitudinal y tabla N°

TABLA N° 27 RADIO DE CURVAS HORIZONTALES CONSIDERADOS EN EL DISEÑO:

PI	$R_{diseño}$	PC	PT	R_{minimo}
PI-1	50	0 + 011	0 + 028	14.32
PI-2	40	0 + 049	0 + 069	
PI-3	18	0 + 074	0 + 111	
PI-4	100	0 + 235	0 + 238	
PI-5	30	0 + 288	0 + 293	
PI-6	50	0 + 478	0 + 485	
PI-7	40	0 + 534	0 + 544	
PI-8	50	0 + 690	0 + 701	
PI-9	26	0 + 786	0 + 805	
PI-10	16	0 + 810	0 + 832	
PI-11	40	0 + 891	0 + 909	
PI-12	100	1 + 281	1 + 285	
PI-13	100	1 + 362	1 + 368	
PI-14	40	1 + 409	1 + 426	
PI-15	80	1 + 525	1 + 535	
PI-16	40	1 + 627	1 + 647	
PI-17	31	1 + 707	1 + 731	
PI-18	17	1 + 768	1 + 798	
PI-19	25	1 + 829	1 + 837	
PI-20	35	1 + 898	1 + 913	
PI-21	35	1 + 983	1 + 995	
PI-22	19	2 + 008	2 + 052	
PI-23	60	2 + 068	2 + 083	
PI-24	31	2 + 113	2 + 136	
PI-25	40	2 + 212	2 + 225	
PI-26	26	2 + 517	2 + 545	
PI-27	30	2 + 603	2 + 618	
PI-28	17	2 + 631	2 + 660	
PI-29	40	2 + 710	2 + 728	
PI-30	31	2 + 755	2 + 777	
PI-31	21	2 + 779	2 + 803	
PI-32	40	2 + 892	2 + 904	
PI-33	18	3 + 005	3 + 043	
PI-34	80	3 + 146	3 + 163	
PI-35	50	3 + 181	3 + 196	
PI-36	40	3 + 277	3 + 290	
PI-37	150	3 + 374	3 + 377	
PI-38	50	3 + 492	3 + 505	
PI-39	17	3 + 515	3 + 547	
PI-40	150	3 + 601	3 + 607	
PI-41	24	3 + 752	3 + 811	
PI-42	30	3 + 803	3 + 809	
PI-43	70	3 + 855	3 + 864	

PI	$R_{diseño}$	PC	PT	R_{minimo}
PI-44	50	3 + 916	3 + 924	14.32
PI-45	21	3 + 957	3 + 975	
PI-46	18	4 + 015	4 + 054	
PI-47	30	4 + 063	4 + 071	
PI-48	16	4 + 096	4 + 113	
PI-49	17	4 + 112	4 + 144	
PI-50	40	4 + 158	4 + 165	
PI-51	17	4 + 201	4 + 230	
PI-52	17	4 + 227	4 + 257	
PI-53	18	4 + 257	4 + 270	
PI-54	17	4 + 286	4 + 312	
PI-55	16	4 + 310	4 + 333	
PI-56	25	4 + 352	4 + 364	
PI-57	16	4 + 417	4 + 439	
PI-58	17	4 + 439	4 + 467	
PI-59	17	4 + 491	4 + 521	
PI-60	17	4 + 517	4 + 549	
PI-61	50	4 + 553	4 + 560	
PI-62	17	4 + 589	4 + 616	
PI-63	17	4 + 613	4 + 643	
PI-64	17	4 + 641	4 + 667	
PI-65	17	4 + 663	4 + 692	
PI-66	30	4 + 709	4 + 716	
PI-67	17	4 + 726	4 + 755	
PI-68	17	4 + 751	4 + 782	
PI-69	17	4 + 790	4 + 818	
PI-70	17	4 + 815	4 + 841	
PI-71	17	4 + 845	4 + 872	
PI-72	15	4 + 884	4 + 894	
PI-73	50	4 + 927	4 + 938	
PI-74	20	4 + 957	4 + 968	
PI-75	18	4 + 973	5 + 009	
PI-76	25	5 + 004	5 + 021	
PI-77	19	5 + 033	5 + 075	
PI-78	50	5 + 075	5 + 096	
PI-79	41	5 + 135	5 + 166	
PI-80	30	5 + 176	5 + 187	
PI-81	16	5 + 289	5 + 309	
PI-82	16	5 + 328	5 + 348	
PI-83	60	5 + 386	5 + 399	
PI-84	16	5 + 436	5 + 457	
PI-85	25	5 + 491	5 + 507	
PI-86	50	5 + 699	5 + 708	

B. Curvas de Transición

(MTC, 2014.p.40), Todo vehículo automotor sigue un recorrido de transición al entrar o salir de una curva horizontal. El cambio de dirección y la consecuente ganancia o pérdida de las fuerzas laterales no pueden tener efecto instantáneamente.

Con el fin de pasar de la sección transversal con bombeo, correspondiente a los tramos en tangente a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobre ancho, es necesario intercalar un elemento de diseño con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

TABLA Nº 28: PERALTE Y LONGITUD TRANSICIÓN DE PERALTE MÁXIMO 6%

CALCULO DEL DESPEJE LATERAL CON DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

PI	$R_{diseño}$	Dist de visi. De parada	Long. De curva de transicion minima (Lmin=0.0178V³/R) (m)	Long. De curva de transicion Maxima (Lmax=(24R)$^{0.5}$ (m)	Long. De curva de transicio (Lpromedio)
PI-1	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-2	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-3	18	20	7.91	20.78	14.35
PI-4	100	20	1.42	48.99	25.21
PI-5	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-6	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-7	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-8	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-9	26	20	5.48	24.98	15.23
PI-10	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-11	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-12	100	20	1.42	48.99	25.21
PI-13	100	20	1.42	48.99	25.21
PI-14	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-15	80	20	1.78	43.82	22.80
PI-16	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-17	31	20	4.59	27.28	15.93
PI-18	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-19	25	20	5.70	24.49	15.10
PI-20	35	20	4.07	28.98	16.53
PI-21	35	20	4.07	28.98	16.53
PI-22	19	20	7.49	21.35	14.42

PI	$R_{diseño}$	Dist de visi. De parada	Long. De curva de transicion minima (Lmin=0.0178V³/R) (m)	Long. De curva de transicion Maxima (Lmax=(24R)$^{0.5}$ (m)	Long. De curva de transicio (Lpromedio)
PI-44	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-45	21	20	6.78	22.45	14.62
PI-46	18	20	7.91	20.78	14.35
PI-47	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-48	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-49	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-50	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-51	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-52	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-53	18	20	7.91	20.78	14.35
PI-54	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-55	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-56	25	20	5.70	24.49	15.10
PI-57	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-58	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-59	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-60	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-61	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-62	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-63	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-64	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-65	17	20	8.38	20.20	14.29

PI-23	60	20	2.37	37.95	20.16
PI-24	31	20	4.59	27.28	15.93
PI-25	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-26	26	20	5.48	24.98	15.23
PI-27	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-28	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-29	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-30	31	20	4.59	27.28	15.93
PI-31	21	20	6.78	22.45	14.62
PI-32	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-33	18	20	7.91	20.78	14.35
PI-34	80	20	1.78	43.82	22.80
PI-35	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-36	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-37	150	20	0.95	60.00	30.47
PI-38	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-39	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-40	150	20	0.95	60.00	30.47
PI-41	24	20	5.93	24.00	14.97
PI-42	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-43	70	20	2.03	40.99	21.51

PI-66	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-67	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-68	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-69	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-70	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-71	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-72	15	20	9.49	18.97	14.23
PI-73	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-74	20	20	7.12	21.91	14.51
PI-75	18	20	7.91	20.78	14.35
PI-76	25	20	5.70	24.49	15.10
PI-77	19	20	7.49	21.35	14.42
PI-78	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-79	41	20	3.47	31.37	17.42
PI-80	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-81	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-82	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-83	60	20	2.37	37.95	20.16
PI-84	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-85	25	20	5.70	24.49	15.10
PI-86	50	20	2.85	34.64	18.74

C. Sobre Ancho de la Calzada en Curvas Circulares

La calzada aumenta su ancho en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes.

En las curvas el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos, así mismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril. (MTC, 2014.p.40).

En la **Tabla Nº 29** se presentan los sobre anchos requeridos para calzadas de doble carril.

El sobre ancho se ha calculado según la siguiente fórmula:

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \text{... (EC. – 18)}$$

Donde:

n: número de carriles

R: radio de la curva (m)

L: distancia entre el eje delantero y el eje posterior de vehículo (m)

V: velocidad directriz (Km. /h.)

TABLA Nº 29: SOBRE ANCHO DE CALZADA EN CURVAS CIRCULARES (m)

velocidad directriz km/h	Radio de curva (m)																
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
20	*	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70	0.55	0.39	0.30	0.25	0.18	0.14
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.30	0.22	0.18
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.50	0.40	0.34	0.25	0.21
50								1.57	1.31	1.10	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.50	0.43	0.33	0.27

FUENTE: Cuadro nº 3.2.7 Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG- 2014.

De lo anterior se afirma que para velocidades de diseño menores a 50 Km/h no se requerirá sobre ancho cuando el radio de curvatura sea mayor a 500 m. Tampoco se requerirá sobre ancho cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 y 60 Km./h y el radio de curvatura sea mayor a 800 m.

3.4.8.3. ALINEAMIENTO VERTICAL

En el diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes.

Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas.

El sistema de cotas del proyecto se referirá en lo posible al nivel medio del mar, para lo cual se enlazarán los puntos de referencia del estudio con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

A efectos de definir el perfil longitudinal, se considerarán como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una transición gradual continúan entre tramos con pendientes diferentes. (VER ANEXO DE PLANOS PERFIL LONGITUDINAL)

Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán los siguientes criterios, salvo casos suficientemente justificados:

- En carreteras de calzada única, el eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada.
- Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje.
- En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.
- En terreno montañoso y en terreno escarpado, también se acomodará la rasante al relieve del terreno evitando los tramos en contra pendiente cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera.
- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presente variaciones graduales entre los alineamientos, de modo compatible con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.

- Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica podrán emplearse en el trazado cuando resulte indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera.

3.4.8.4. PENDIENTE DE DISEÑO

(MTC, 2014,p.37), La pendiente es la relación en porcentaje del desnivel entre dos puntos y su distancia horizontal.

En los tramos en corte se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 3%.

En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3,000 msnm, los valores máximos del **Tabla 30** para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%.

Tabla N° 30 PENDIENTES DE DISEÑO.

PI	PROGRESIVA PVI	ELEVACIÓN PVI (m)	PENDIENTE DE INGRESO (%)	PENDIENTE DE SALIDA (%)
CV-1	*0 + 057*	494.823	2.41%	12.00%
CV-2	*0 + 164*	507.636	12.00%	9.57%
CV-3	*0 + 240*	514.947	9.57%	11.54%
CV-4	*0 + 325*	524.734	11.54%	8.43%
CV-5	*0 + 378*	529.208	8.43%	8.37%
CV-6	*0 + 452*	535.453	8.37%	3.72%
CV-7	*0 + 566*	539.677	3.72%	4.75%
CV-8	*0 + 679*	545.025	4.75%	7.34%
CV-9	*0 + 758*	550.835	7.34%	11.62%
CV-10	*0 + 829*	559.14	11.62%	2.28%
CV-11	*1 + 043*	564.005	2.28%	-0.53%
CV-12	*1 + 158*	563.367	-0.53%	2.59%
CV-13	*1 + 284*	566.639	2.59%	8.83%
CV-14	*1 + 550*	590.151	8.83%	10.85%
CV-15	*1 + 652*	601.185	10.85%	5.66%
CV-16	*1 + 730*	605.612	5.66%	11.94%
CV-17	*1 + 856*	620.638	11.94%	6.73%
CV-18	*2 + 015*	631.343	6.73%	12.00%
CV-19	*2 + 102*	641.772	12.00%	4.77%

CV-20	*2 + 167*	644.898	4.77%	8.04%
CV-21	*2 + 271*	653.267	8.04%	5.21%
CV-22	*2 + 459*	663.028	5.21%	9.47%
CV-23	*2 + 666*	682.723	9.47%	6.11%
CV-24	*2 + 732*	686.726	6.11%	12.00%
CV-25	*2 + 801*	694.985	12.00%	7.93%
CV-26	*2 + 992*	710.117	7.93%	12.00%
CV-27	*3 + 060*	718.376	12.00%	6.49%
CV-28	*3 + 182*	726.292	6.49%	9.43%
CV-29	*3 + 365*	743.472	9.43%	6.72%
CV-30	*3 + 497*	752.347	6.72%	11.49%
CV-31	*3 + 615*	765.938	11.49%	6.33%
CV-32	*3 + 750*	774.48	6.33%	11.94%
CV-33	*3 + 842*	785.462	11.94%	3.36%
CV-34	*3 + 913*	787.681	3.36%	12.00%
CV-35	*4 + 081*	808.005	12.00%	6.33%
CV-36	*4 + 217*	816.609	6.33%	10.24%
CV-37	*4 + 489*	844.42	10.24%	6.92%
CV-38	*4 + 564*	849.621	6.92%	10.65%
CV-39	*4 + 695*	863.642	10.65%	6.04%
CV-40	*4 + 747*	866.765	6.04%	11.64%
CV-41	*5 + 040*	900.858	11.64%	9.02%
CV-42	*5 + 460*	938.744	9.02%	0.64%
CV-43	*5 + 640*	939.887	0.64%	6.07%
CV-44	*5 + 700*	2513.985	6.07%	6.07%

FUENTE; Elaboración propia

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos, cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. Se determinará la frecuencia y la ubicación de estos tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas y los menores incrementos del costo de construcción. En general, cuando en la construcción de carreteras se emplee pendientes mayores a10%, el tramo con esta pendiente no debe exceder a 180 m. (MTC, 2008,p.37).

3.4.8.5. PENDIENTE MEDIA.

(MTC, 2014,p.37), Es el promedio de la pendiente de una carretera para tramos de longitud considerada. Y está determinada por la fórmula:

I_m = (Δh acumulada / Longitud acumulada) x 100 *... (EC. – 10)*

3.4.8.6. CURVAS VERTICALES

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 1%, para carreteras pavimentadas y mayor a 2% para las afirmadas. Y estas pueden ser:

i. Por su forma: Convexas y Cóncavas.

ii. Por la longitud de sus ramas: Simétricas y Asimétricas. (MTC, 2008,p.39).

3.4.8.7. LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES.

A. CURVAS VERTICALES CONVEXAS.

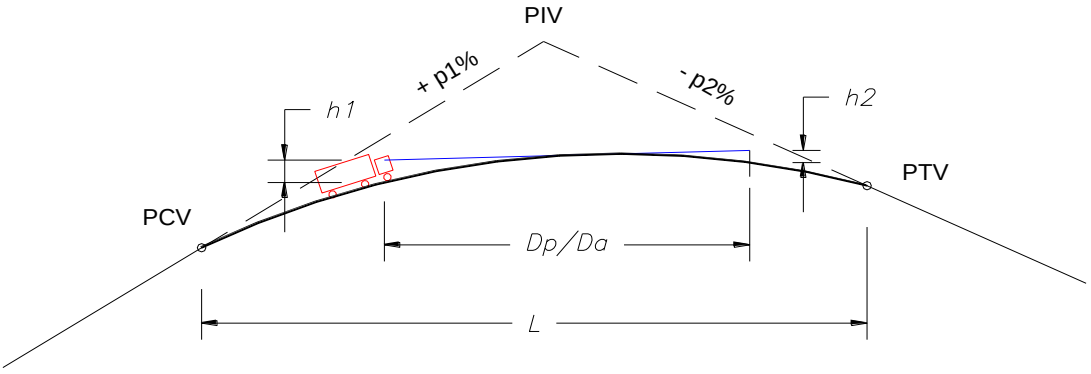


FIGURA – 01

(Céspedes, 2001.p.23)

- *Cuando se desea contar con distancia de visibilidad de parada:*

Para Dp> L $L = 2Dp - \frac{444}{A}$ *... (EC. – 11)*

Para Dp< L $L = \frac{Dp^2 A}{444}$ *... (EC. – 12)*

- *Cuando se desea obtener visibilidad de paso:*

Para Ds> L $L = 2Ds - \frac{1100}{A}$ *... (EC. – 13)*

Para Ds< L $L = \frac{Ds^2 A}{1100}$ *... (EC. – 14)*

Donde:

Ds = Distancia de visibilidad de paso, m.
Dp = Distancia de visibilidad de parada, m.
V = Velocidad Directriz, Km/h.

A = Diferencia algebraica de pendiente, %.

La pendiente más desfavorable en bajada según el diseño de la subrasante es de 5.41%.

El manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito en el cuadro N° 3.1.1, considera una distancia de visibilidad de parada de 20 m para pendientes máximas de hasta 9%. Entonces la distancia de visibilidad de parada será: Dp = 20 m.

TABLA N° 31 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (M).

Velocidad directriz (Km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75

FUENTE **Cuadro N° 3.1.1** Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

B. CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS (SIMÉTRICAS Y ASIMÉTRICAS).

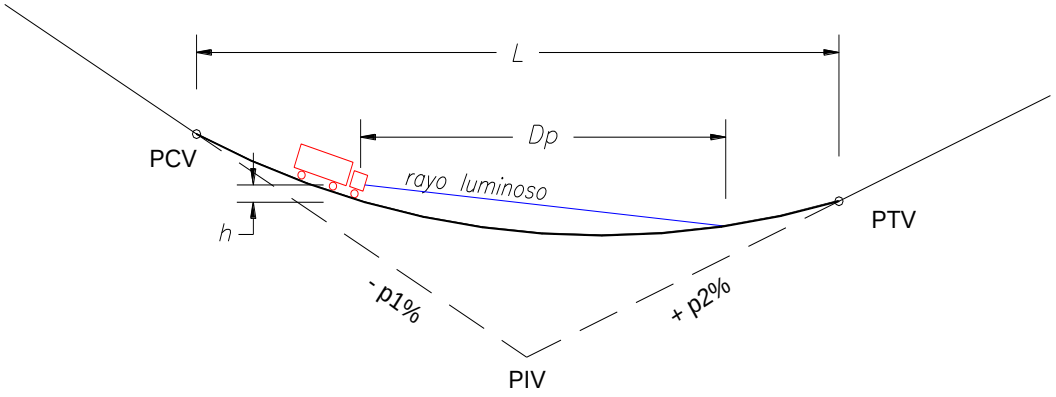


FIGURA - 02

(Céspedes, J. 2001.p.38), Para calcular la longitud de este tipo de curvas se lo hace con la lámina 5.5.3.4. De las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras.

La longitud de la curva vertical cumplirá la condición:

$L \geq V$

Siendo:

L: Longitud de la curva (m).
V: Velocidad Directriz (Km/h).

(Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, D.G.2001)

C. CALCULO DE LAS CURVAS VERTICALES.

(Céspedes, 2001.p.45), Para calcular las curvas verticales se sigue el siguiente procedimiento:

- Determinar la necesidad de curvas verticales.
- Precisar el tipo de curva vertical a utilizar.
- Calcular la longitud de la curva vertical.
- Se corrigen las cotas de la sub rasante.

Tabla N°32: CUADRO DE CALCULO DE ELEMENTOS DE CURVAS

Az. 0-1:											Kilometrajes		
PI	ANGULO				DIST Pis	RADIO	T	LC	C	E	PI	PC	PT
0					19.45	-----	----------	----------	----	------	0+000.00	------	------
1	18	46	40	I	40.18	50.00	8.267	16.387	16.313	0.679	0+019.45	0+011.18	0+027.56
2	28	42	20	I	39.29	40.00	10.235	20.040	19.831	1.289	0+059.48	0+049.24	0+069.28
3	117	30	20	D	156.93	15.00	24.722	30.763	25.648	13.917	0+098.34	0+073.61	0+104.38
4	1	41	20	D	53.99	100.00	1.474	2.948	2.948	0.011	0+236.59	0+235.11	0+238.06
5	9	8	40	I	191.12	30.00	2.399	4.788	4.783	0.096	0+290.58	0+288.18	0+292.96
6	8	39	10	I	57.24	50.00	3.783	7.551	7.544	0.143	0+481.69	0+477.90	0+485.45
7	14	2	10	D	156.43	40.00	4.924	9.799	9.775	0.302	0+538.91	0+533.99	0+543.79
8	12	34	30	D	100.33	50.00	5.509	10.974	10.952	0.303	0+695.29	0+689.78	0+700.76
9	41	19	20	I	27.18	25.00	9.427	18.030	17.642	1.718	0+795.58	0+786.15	0+804.18
10	76	58	0	I	81.55	15.00	11.924	20.150	18.669	4.162	0+821.93	0+810.01	0+830.16
11	25	42	40	D	383.49	40.00	9.129	17.950	17.800	1.028	0+899.78	0+890.66	0+908.61
12	2	23	40	I	81.88	100.00	2.090	4.179	4.179	0.022	1+282.97	1+280.88	1+285.06
13	3	3	20	D	52.93	100.00	2.667	5.333	5.332	0.036	1+364.85	1+362.18	1+367.51
14	25	20	10	I	112.48	40.00	8.991	17.688	17.544	0.998	1+417.78	1+408.78	1+426.47
15	7	12	40	D	107.33	80.00	5.041	10.069	10.062	0.159	1+529.96	1+524.92	1+534.99
16	27	41	10	D	82.18	40.00	9.857	19.329	19.141	1.197	1+637.28	1+627.42	1+646.75
17	45	18	50	D	68.09	30.00	12.523	23.726	23.113	2.509	1+719.07	1+706.55	1+730.28
18	100	55	0	D	57.23	15.00	18.170	26.420	23.135	8.561	1+785.84	1+767.67	1+794.09
19	19	46	10	I	72.68	25.00	4.356	8.626	8.583	0.377	1+833.15	1+828.80	1+837.42
20	25	24	0	I	83.85	35.00	7.888	15.516	15.389	0.878	1+905.75	1+897.86	1+913.38

21	20	4	40	I	52.12	35.00	6.196	12.265	12.202	0.544	1+989.34	1+983.14	1+995.41
22	131	7	0	I	65.62	15.00	33.003	34.326	27.311	21.252	2+041.33	2+008.33	2+042.65
23	14	26	20	D	49.17	60.00	7.600	15.120	15.080	0.479	2+075.27	2+067.67	2+082.79
24	41	58	0	D	95.42	30.00	11.506	21.974	21.486	2.131	2+124.36	2+112.85	2+134.83
25	18	50	20	D	313.48	40.00	6.636	13.152	13.093	0.547	2+218.74	2+212.11	2+225.26
26	61	25	10	I	81.61	25.00	14.850	26.799	25.534	4.078	2+532.10	2+517.25	2+544.05
27	28	9	20	D	37.84	30.00	7.523	14.742	14.594	0.929	2+610.81	2+603.29	2+618.03
28	97	3	10	D	79.67	15.00	16.970	25.408	22.478	7.649	2+648.35	2+631.38	2+656.79
29	25	51	10	I	47.09	40.00	9.181	18.049	17.896	1.040	2+719.49	2+710.31	2+728.36
30	39	50	10	I	26.87	30.00	10.871	20.858	20.441	1.909	2+766.26	2+755.39	2+776.25
31	65	10	40	I	108.91	20.00	12.785	22.751	21.544	3.737	2+792.25	2+779.47	2+802.22
32	17	27	10	D	132.97	40.00	6.140	12.184	12.137	0.468	2+898.34	2+892.20	2+904.39
33	120	22	40	D	144.32	15.00	26.180	31.515	26.030	15.172	3+031.22	3+005.04	3+036.55
34	12	11	20	I	34.29	80.00	8.542	17.019	16.987	0.455	3+154.69	3+146.15	3+163.17
35	17	28	30	I	94.73	50.00	7.685	15.250	15.191	0.587	3+188.92	3+181.23	3+196.48
36	18	45	0	I	92.01	40.00	6.604	13.090	13.032	0.541	3+283.53	3+276.93	3+290.02
37	1	21	40	I	123.21	150.00	1.782	3.563	3.563	0.011	3+375.42	3+373.64	3+377.20
38	14	36	50	I	36.64	50.00	6.411	12.753	12.718	0.409	3+498.63	3+492.22	3+504.97
39	106	34	20	I	81.12	15.00	20.114	27.901	24.049	10.091	3+535.20	3+515.09	3+542.99
40	2	10	50	I	198.92	150.00	2.855	5.709	5.708	0.027	3+603.99	3+601.14	3+606.85
41	141	3	10	D	60.79	18.00	50.905	44.313	33.941	35.994	3+802.91	3+752.01	3+796.32
42	10	44	10	D	53.31	30.00	2.819	5.621	5.613	0.132	3+806.21	3+803.39	3+809.01
43	6	49	10	I	60.75	70.00	4.171	8.332	8.327	0.124	3+859.50	3+855.33	3+863.66
44	9	46	10	D	46.30	50.00	4.273	8.525	8.515	0.182	3+920.24	3+915.97	3+924.49
45	49	2	0	I	77.69	20.00	9.122	17.116	16.598	1.982	3+966.52	3+957.40	3+974.51
46	124	36	30	I	48.75	15.00	28.576	32.622	26.563	17.273	4+043.08	4+014.51	4+047.13
47	15	2	40	D	37.52	30.00	3.961	7.877	7.855	0.260	4+067.30	4+063.34	4+071.22
48	61	2	20	D	28.92	15.00	8.843	15.980	15.235	2.412	4+104.78	4+095.94	4+111.92
49	105	32	30	D	41.29	15.00	19.741	27.631	23.887	9.793	4+131.99	4+112.25	4+139.88
50	10	24	50	I	56.86	40.00	3.645	7.270	7.260	0.166	4+161.43	4+157.79	4+165.06
51	97	4	10	I	35.74	15.00	16.975	25.413	22.481	7.653	4+218.27	4+201.30	4+226.71
52	102	0	10	I	28.71	15.00	18.524	26.704	23.315	8.836	4+245.47	4+226.95	4+253.65
53	39	7	50	D	37.17	18.00	6.397	12.293	12.056	1.103	4+263.84	4+257.44	4+269.74
54	87	22	30	D	28.44	15.00	14.328	22.875	20.722	5.744	4+300.51	4+286.18	4+309.06
55	83	3	50	D	39.68	15.00	13.286	21.746	19.891	5.038	4+323.17	4+309.88	4+331.63
56	28	22	10	I	71.50	25.00	6.319	12.379	12.252	0.786	4+358.02	4+351.70	4+364.08
57	77	35	30	I	29.32	15.00	12.059	20.313	18.796	4.246	4+429.26	4+417.20	4+437.52
58	94	19	40	I	61.63	15.00	16.178	24.695	21.999	7.062	4+454.78	4+438.60	4+463.30
59	99	58	40	D	37.90	15.00	17.869	26.174	22.978	8.330	4+508.75	4+490.88	4+517.05
60	105	13	20	D	31.54	15.00	19.627	27.547	23.836	9.703	4+537.08	4+517.46	4+545.00
61	8	9	20	I	47.44	50.00	3.565	7.117	7.111	0.127	4+556.92	4+553.35	4+560.47
62	90	50	20	I	33.06	15.00	15.221	23.782	21.368	6.370	4+604.34	4+589.12	4+612.91
63	98	13	0	I	33.90	15.00	17.322	25.713	22.678	7.914	4+630.74	4+613.42	4+639.14
64	90	8	20	D	30.91	15.00	15.036	23.598	21.239	6.239	4+655.71	4+640.68	4+664.28
65	97	42	0	D	40.91	15.00	17.165	25.578	22.590	7.795	4+680.15	4+662.99	4+688.56
66	13	14	30	D	30.42	30.00	3.482	6.933	6.918	0.201	4+712.31	4+708.83	4+715.76
67	95	46	20	I	35.18	15.00	16.593	25.073	22.254	7.368	4+742.70	4+726.10	4+751.18
68	101	14	20	I	46.70	15.00	18.274	26.504	23.188	8.642	4+769.77	4+751.49	4+778.00
69	93	54	0	D	30.93	15.00	16.057	24.583	21.923	6.974	4+806.42	4+790.36	4+814.95
70	88	7	20	D	36.84	15.00	14.516	23.070	20.863	5.874	4+829.82	4+815.30	4+838.37
71	91	4	30	I	35.34	15.00	15.284	23.843	21.411	6.415	4+860.70	4+845.41	4+869.26
72	35	36	20	D	43.90	15.00	4.817	9.322	9.172	0.754	4+889.31	4+884.50	4+893.82
73	12	30	30	D	29.79	50.00	5.480	10.916	10.894	0.299	4+932.90	4+927.42	4+938.34

74	29	36	30	I	34.55	20.00	5.286	10.335	10.221	0.687	4+962.65	4+957.36	4+967.70
75	116	28	0	D	33.74	15.00	24.224	30.491	25.506	13.492	4+996.96	4+972.74	5+003.23
76	38	22	0	D	50.61	25.00	8.698	16.741	16.430	1.470	5+012.74	5+004.05	5+020.79
77	126	41	10	I	49.49	15.00	29.880	33.166	26.811	18.434	5+062.70	5+032.82	5+065.99
78	24	28	50	I	65.31	50.00	10.847	21.363	21.201	1.163	5+085.60	5+074.75	5+096.11
79	43	46	0	D	32.25	40.00	16.066	30.555	29.817	3.106	5+150.57	5+134.51	5+165.06
80	20	51	0	D	118.61	30.00	5.520	10.917	10.857	0.504	5+181.25	5+175.73	5+186.64
81	71	57	30	I	42.26	15.00	10.890	18.839	17.625	3.536	5+299.73	5+288.84	5+307.68
82	72	54	40	I	56.55	15.00	11.081	19.088	17.826	3.649	5+339.05	5+327.97	5+347.06
83	12	58	50	I	55.42	60.00	6.826	13.593	13.564	0.387	5+392.53	5+385.70	5+399.30
84	77	8	10	D	55.41	15.00	11.961	20.194	18.703	4.185	5+447.89	5+435.93	5+456.12
85	37	33	20	D	204.59	25.00	8.500	16.387	16.095	1.405	5+499.57	5+491.07	5+507.46
86	10	22	20	I	98.79	50.00	4.538	9.051	9.039	0.206	5+703.55	5+699.01	5+708.06
Pi final	0	0	0		0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	5+703.55	5+703.55	5+703.55

- **Cálculo de las ordenadas de las curvas verticales**.

(Céspedes, 2001.p.56)

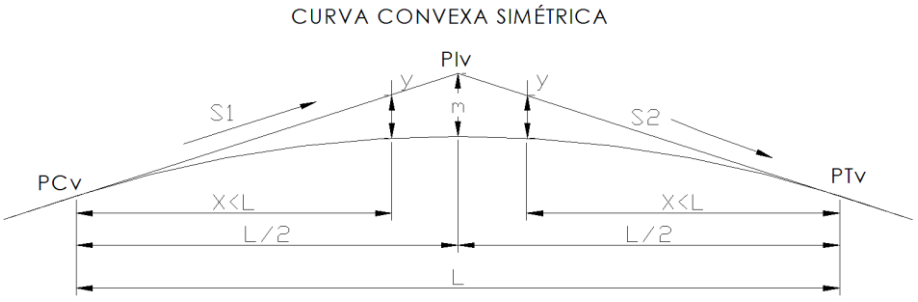


FIGURA - 03

CURVA CÓNCAVA SIMÉTRICA

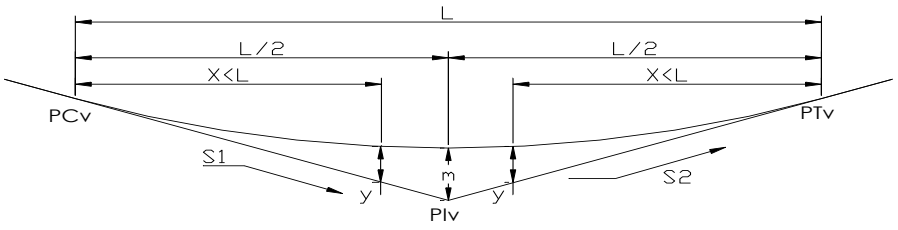


FIGURA - 04

FUENTE: (Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. 2008)

$$m = \frac{LA}{800} \qquad y = \frac{X^2 A}{200L} \ldots \textit{(EC. – 15)}$$

Donde:

m = Ordenada máxima en m.
L = Longitud de la curva vertical, m.
A = cambio de pendiente en porcentaje.
Y = ordenada a una distancia X
X = Distancia parcial medida desde el PCV.

3.4.8.8. SECCIÓN TRANSVERSAL. Tomando como referencia lo citado en el manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, se ejecutara las obras con estándares que se describen a continuación,

A. Calzada

El diseño de la carretera de muy bajo volumen de tráfico IMDA < 50, la calzada estará dimensionada para un solo carril. En los demás casos, la calzada se dimensionará para dos carriles. (MTC, 2014.p.58).

En la Tabla Nº 31 se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

TABLA Nº 34: ANCHO MÍNIMO DESEABLE DE LA CALZADA EN TANGENTE (Metros)

Tráfico IMDA	<15	16 á 50		51 á 100		101 á 200	
Velocidad Km./h	*	*	**	*	**	*	**
25	3.50	3.50	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
30	3.50	4.00	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00
40	3.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
50	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00

* Calzada de un sólo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento

** Carreteras con predominio de tráfico pesado.

FUENTE: CUADRO Nº 3.5.1a MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

Las carreteras no pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 2% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMDA inferior a 200 veh/día, se podrá sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada.

B. Bermas

(MTC, 2014.p.59), A cada lado de la calzada se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías. Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho de min. 0.50 m. Para el caso de este proyecto se ha considerado un ancho de berma de 0.50 m a cada lado de la vía, debido a la circulación peatonal de agricultores de la zona

C. Ancho de la Plataforma

(MTC, 2005.p.59), El ancho de la plataforma a nivel de rasante terminada resulta de la suma del ancho en calzada y del ancho de las bermas.

La plataforma a nivel de la subrasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas integrantes del afirmado y la cuneta de drenaje.

Considerando la Tabla Nº 33 para una Carretera de BVT de Tipo T2, determinamos el ancho de la calzada de 4.50 m y ancho de berma de 0.50 m a cada lado de la vía; por lo que el ancho total de la plataforma queda definido en 5.50 m.

TABLA Nº 35: RESUMEN DE PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

CUADRO 3.21. FICHA TÉCNICA RESUMEN	
Inicio del Tramo	Centro Poblado SINAI Km 0+000
Fin del Tramo	CRUCE HUALANGO Km 5+700
Longitud	5.700 Km.
Clasificación	Tercera Clase
Número de vías	02
Velocidad Directriz	30 Km/h
Radio Mínimo	15.00 m
Pendiente Máxima	12.001%
Pendiente Mínima	-0.356 %
Superficie de Rodadura	6.00 m
Bombeo	3%
Peralte	2.5% máximo
Sobreancho	De acuerdo a normas
Talud de corte **Material Suelto** **Roca Fija** **Roca Suelta**	Según tipo de terreno 1 : 1 10 : 1 4 : 1
Talud de relleno **Suelo diversos compactados**	Según tipo de terreno 1 : 1.5
Cunetas	1.00 x 0.50 m

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.4.8.9. DISEÑO DE CAPA DE AFIRMADO

3.4.8.9.1. SUELOS Y CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR

Las carreteras por sus capas superiores y superficie de rodadura pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

- Con superficie de rodadura no pavimentada (aplicable al proyecto a ejecutarse)
- Con superficie de rodadura pavimentada. (MTC, 2014.p.59).

3.4.8.9.2. SUPERFICIE DE RODADURA NO PAVIMENTADA

(MTC, 2014.p.59), Estas carreteras no pavimentadas pueden ser clasificadas como sigue:

a) Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.

b) Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.

c) Carreteras afirmadas constituidos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm.

c.1 Afirmados con gravas naturales o zarandeadas.

c.2 Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.

d) Carreteras con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:

d.1 Afirmados con grava con superficie estabilizada con materiales como: asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos y otros.

d.2 Suelos naturales estabilizadas con: material granular y finos ligantes, asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos y otros.

Para los propósitos del presente proyecto se efectuará el mejoramiento de la carretera considerando la superficie de rodadura del tipo c) de afirmados con gravas naturales o zarandeadas.

3.4.8.9.3. TRÁFICO

(MTC, 2014.p.60), Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de

2.5 Tn. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tienen en cuenta en su cálculo.

El tráfico proyectado al año horizonte, se clasificará según lo siguiente:

TABLA Nº 36: CLASIFICACIÓN DE TRÁFICO

CLASE	T0	T1	T2	T3
IMDA (Total vehículos ambos sentidos)	<15	16 - 50	51 - 100	101 - 200
Vehículos pesados (carril de diseño)	<6	6 - 15	16 - 28	29 - 56
N° Rep. EE (carril de diseño)	$< 2.5 \times 10^4$	2.6×10^4–7.8×10^4	7.9×10^4- 1.5×10^5	1.6×10^5 -3.1×10^5

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS DG - 2014.

Determinando a esta Carretera de Bajo Volumen de Tránsito con un tráfico del tipo T3.

Se ha determinado la cantidad de vehículos pesados (camiones) para el carril de diseño, contados en: 05 camiones tipo C2 y 05 camiones tipo C3 para un período de 10 años obteniéndose un rango de Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) de 182,386

Ecuación 1:

EE = Vehículo x Factor de Carga x Factor de Presión de Llantas

Donde:

Vehículo según tipo = C3 (4 unidades del más pesado)

Carga Vehículo C3 = Eje delantero simple: 7 Tn

Eje posterior doble = 18 Tn

Factor de Carga = 2.60 (según Tabla Nº 37)

Factor de Presión de Llantas = 1 (valor para CBVT y capa granular)

Resolviendo:

EE = 20

Ecuación 2:

EE día carril = EE x Factor Direccional x Factor Carril

Donde:

Factor Direccional = 0.5 (carreteras 2 direcciones por calzada)

Factor Carril = 1 (01 carril por dirección o sentido)

Resolviendo:

EE día carril = 10

Ecuación 3:

N_{rep} de EE 8.2t = $(EE_{día\ carril} \times 365 \times (1+t)^{n-1}) / (t)$

Donde:

n = 10 (periodo de diseño en años)

t = 2.5% (tasa de proyección de tráfico)

Resolviendo:

N_{rep} de EE 8.2t = 182,386 (rango considerado dentro de la Tabla Nº 36 para una carretera Tipo T3)

TABLA Nº 37: FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA

Carga total por eje		Factores de equivalencia de carga			Carga total por eje		Factores de equivalencia de carga	
Kgs	Lbs	Ejes Simples	Ejes Dobles		Kgs	Lbs	Ejes Simples	Ejes Dobles
454	1000	0.00002			18597	41000	23.27	2.29
907	2000	0.00018			19051	42000	25.64	2.51
1361	3000	0.00072			19504	43000	28.22	2.75
1814	4000	0.00209			19958	44000	31.00	3.00
2268	5000	0.00500			20411	45000	34.00	3.27
2722	6000	0.01043			20865	46000	37.24	3.55
3175	7000	0.01960			21319	47000	40.74	3.85
3629	8000	0.03430			21772	48000	44.50	4.17
4082	9000	0.05620			22226	49000	48.54	4.51
4536	10000	0.08770	0.00688		22680	50000	52.88	4.86
4990	11000	0.13110	0.01008		23133	51000		5.23
5443	12000	0.189	0.0144		23587	52000		5.63
5897	13000	0.264	0.0199		24040	53000		6.04
6350	14000	0.360	0.0270		24494	54000		6.47
6804	15000	0.478	0.0360		24943	55000		6.93
7257	16000	0.623	0.0472		25401	56000		7.41
7711	17000	0.796	0.0608		25855	57000		7.92
8165	18000	1.000	0.0773		26308	58000		8.45
8618	19000	1.24	0.0971		26762	59000		9.01
9072	20000	1.51	0.1206		27216	60000		9.59
9525	21000	1.83	0.148		27669	61000		10.20
9979	22000	2.18	0.180		28123	62000		10.84
10433	23000	2.58	0.217		28576	63000		11.52
10866	24000	3.03	0.260		29030	64000		12.22
11340	25000	3.53	0.308		29484	65000		12.96
11793	26000	4.09	0.364		29937	66000		13.73
12247	27000	4.71	0.426		30391	67000		14.54
12701	28000	5.39	0.495		30844	68000		15.38
13154	29000	6.14	0.572		31298	69000		16.26
13608	30000	6.97	0.658		31751	70000		17.19
14061	31000	7.88	0.753		32205	71000		18.15
14515	32000	8.88	0.857		32659	72000		19.16
14969	33000	9.98	0.971		33112	73000		20.22
15422	34000	11.18	1.095		33566	74000		21.32
15876	35000	12.50	1.23		34019	75000		22.47
16329	36000	13.93	1.38		34473	76000		23.66
16783	37000	15.50	1.53		34927	77000		24.91
17237	38000	17.20	1.70		35380	78000		26.22
17690	39000	19.06	1.89		35834	79000		27.58
18144	40000	21.08	2.08		36287	80000		28.99

FUENTE: MANUAL PROVISIONAL DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE AASHTO, 1972; PAVIMENTO FLEXIBLE, AASHTO, 1974

3.4.8.9.4. SUBRASANTE

La Subrasante es la capa superficial de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante. (MTC, 2014.p.62).

El Manual de Diseño para Carreteras de Bajo Volumen deTránsito identifica cinco categorías de subrasante:

S0:	sub rasante muy pobre	CBR < 3%
S1:	sub rasante pobre	CBR = 3% - 5%
S2:	sub rasante regular	CBR = 6% - 10%
S3:	sub rasante buena	CBR = 11% - 19%
S4:	sub rasante muy buena	CBR > 20%

Se considerarán como materiales aptos para la colonación de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor, se procederá a eliminar esa capa de material inadecuado y se colocará un material granular con CBR mayor a 6%; para su estabilización.

De los estudios de suelos realizados, el suelo más desfavorable fue el de la Calicata Nº 05, el cual fue clasificado:

Sistema "**SUCS**": como un suelo "PT" Turba y material que pasa el 65.17% la malla N°200. Sistema "**AASHTO**": como un suelo "A-4 (6)" con un contenido de humedad de 15.8%. Dicho suelo arrojó un CBR de 11.68% a un 95% de la máxima densidad seca y 0.1" de penetración. Considerándose este suelo para subrasante como regular a bueno. (MTC, 2014.p.62).

Para el caso del presente proyecto se ha considerado no emplear el material proveniente de las áreas de corte para las áreas donde se necesita rellenar para llegar al nivel de la sub

rasante, por lo que éste material será reemplazado por material de relleno de cantera.

3.4.8.9.5. Dimensionamiento de Espesor de la Superficie de Rodadura

(MTC, 2014.p.63), El dimensionamiento de los espesores de la capa de rodadura especificada en el Manual de Diseño de Carreteras DG - 2014 está compuesto por una capa de afirmado, por la granulometría del material y aspectos constructivos; se debe tomar en cuenta que el espesor de la capa de afirmado no debe ser menor a 150 mm.

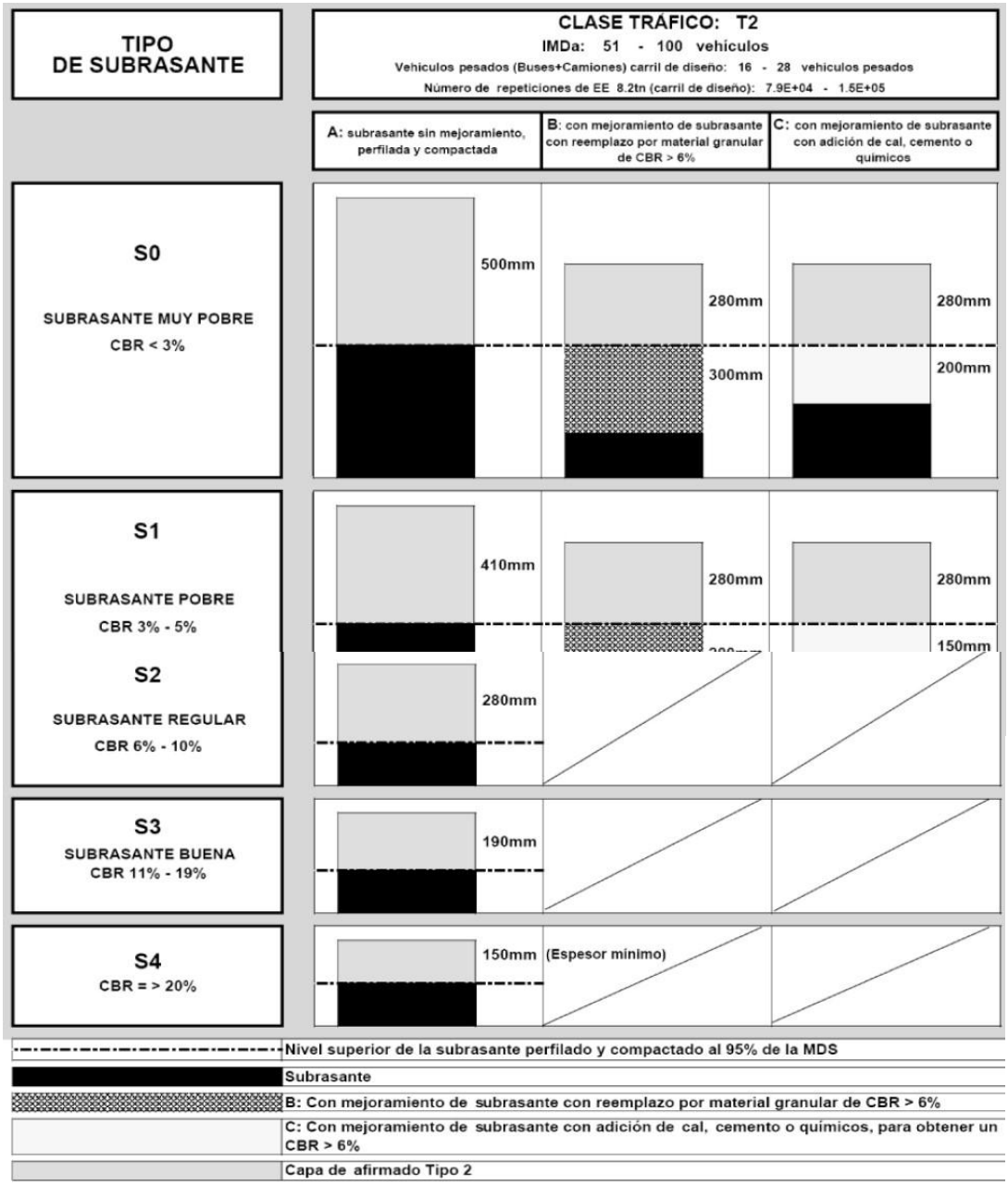
El manual de diseño indica que se podrán ajustar las secciones de afirmado en función de las condiciones y experiencias locales, para lo cual se deberá:

- Analizar las condiciones de la subrasante natural, la calidad de los materiales de las canteras, la demanda especifica de tráfico en el tramo.
- En caso de que el tramo tenga ya una capa de afirmado, se aprovechará el aporte estructural de la capa existente. Solo se colocará el espesor de afirmado necesario para completar el espesor total obtenido según la metodología de diseño indicada. Este espesor complementario no será menor a 100 mm. El nuevo material de afirmado se mezclará con el existente hasta homogenizarlo y conformar la nueva capa de afirmado, debidamente perfilada y compactada.

3.4.8.9.6. Catálogo Estructural de Superficies de Rodadura

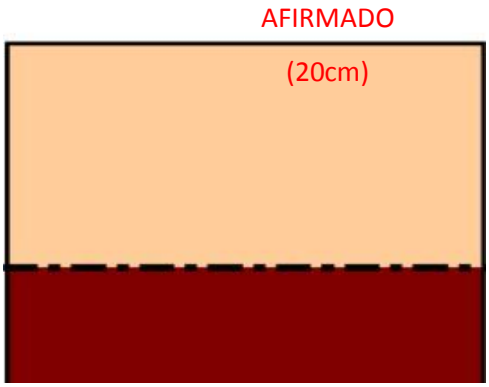
(MTC, 2014.p.64), Para determinar el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se utilizó el catálogo de capas de revestimiento granular y así determinar el espesor del afirmado para cada tipo de sub rasante y de tráfico según cálculo ya mencionado.

TABLA Nº 38: CATALOGO DE CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR



FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS DG_2014 DE TRANSITO

Del Catálogo de Capas de Revestimiento Granular para un Tráfico T3 se determinó el espesor de la capa de afirmado en consideración al CBR de la Calicata Nº 7, de 14.20%, correspondiéndole una capa de espesor calculado de 16.8 cm y un espesor adoptado de 20 cm.



3.4.8.10. SEÑALIZACIÓN.

Según (Céspedes, 2011.p.36), y el "Reglamento Nacional de Tránsito" especifica que:

Las señales de tránsito constituyen uno de los dispositivos más comunes para regular el tránsito por medios físicos. La función de una señal es la de controlar la operación de los vehículos en una carretera propiciando el ordenamiento del tránsito o informando a los conductores de todo lo que se relaciona con la carretera que recorre.

Los requisitos que deben cumplir las señales son los siguientes:

- Ser necesarias e infundir respeto.
- Ser de fácil interpretación y cumplir con determinadas características de uniformidad.
- Estar correctamente adecuadas.
- Llamar la atención

Existen normalmente tres tipos de señales: Preventivas, de Reglamentación, e Informativas.

A. SEÑALES PREVENTIVAS.

(Céspedes, 2011.p.36), Son las que se indican con anticipación a la aproximación de ciertas características o condiciones del camino, el que puede ser evitado disminuyendo la velocidad o tomando las precauciones necesarias.

Forma. Serán romboidales con uno de sus vértices hacia abajo, excepto la señal paso a nivel con vía férrea, que será de diseño especial como de cruce de carretera, puentes. (Céspedes, 2011.p.36).

Tamaño. Será de dimensiones visibles y deben cumplir:

- Para caminos de velocidad directriz inferior a 60 Km/h, darán de 0.60 m, para velocidades mayores a los 60 Km/h y menores que 100 Km/h tendrá un tamaño de 0.75 m; sólo en zonas cercanas, donde las placas normales (0.60 x0.60) no es posible colocarlas, se reducirán a 0.45 x0.45 m.
- Para autopistas, la señal será de 0.90 x 0.90 m, cuando el número de accidentes sea alto. (Céspedes, 2011.p.36).

Color.

Fondo **:** amarillo.
Símbolos : letras y marco negro.
Borde : amarillo caminero.

Usos. Se usa para prevenir la presencia de:

- Una o varias curvas que ofrezcan peligro por sus características físicas o falta de visibilidad que permitan las maniobras de alcance y paso de vehículos.
- Para advertir al conductor de los obstáculos no previstos en el proyecto y que pueden ser permanentes o temporales.
- Para indicar intercepciones de camino “cruce” se complementa con la señal “alto” de la vía preferencial colocada en la vía de volumen vehicular más baja (Céspedes, 2011.p.36).

Ubicación. La distancia que debe haber hacia el lugar de peligro será aquella que asegure su mayor eficacia, tanto de día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones particulares del camino y de la circulación. Las distancias recomendadas son:

- En zona urbana: 60 a75 m.
- En zona rural: 90 a 180 m.
- En autopista: 500 m.

B. SEÑALES DE REGLAMENTACIÓN O REGULADORAS.

(Céspedes, 2011.p.39), Son las que indican un orden y que por lo tanto hacen conocer al usuario del camino de ciertas limitaciones y prohibiciones que regulan el uso de él y cuya violación constituye una contravención.

CLASIFICACIÓN.

- **Señales relativas al derecho de paso**: Indican preferencia de paso u orden de detención.
- **Señales prohibitivas y restrictas**: indican limitaciones que se imponen para el uso del camino.
- **Señales de sentido de circulación**: se usan en los cruces de los caminos; en las calles de una ciudad para indicar el sentido de una circulación.

FORMA. (Céspedes, 2011.p.36),

Señales relativas al derecho de paso.

- La señal ALTO de forma octogonal.
- La señal VÍA PREFERENCIAL de forma triangular con el vértice inferior hacia abajo.

Señales prohibitivas restrictivas. De forma rectangular, con mayor dimensión vertical.

Señales de sentido de circulación. Serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal.

COLORES.

Señales relativas al derecho de paso.

- **ALTO**, color rojo con letras y bordes de color blanco.
- **VÍA PREFERENCIAL**, color blanco con franja perimetral roja.

Señales prohibitivas y restrictivas. Señales de color blanco con letras, símbolo y marco negro. El círculo será de color rojo a excepción de aquellas señales que indiquen el fin de una prohibición, las que serán de color negro. La faja oblicua trazada desde el cuadrante superior izquierdo al inferior derecho del círculo interceptará al diámetro horizontal del círculo a 45º y será de color negro si es prohibición.

Señales de sentido de la circulación. Serán de color negro con flechas blancas, la leyenda dentro de la flecha llevará letras negras.

TAMAÑO. (Céspedes, 2011.p.36),Las señales reguladoras serán**:**

- En autopistas: 0.80 x 1.30 m.
- En caminos rurales y arterias urbanas principales: 0.60 x 0.90.
- En caminos secundarios, tanto en zona rural como en zona urbana: 0.45 x 0.60 m.

USO. (Céspedes, 2011.p.40),

E.1 Señal de alto. Indican detención del vehículo y se coloca en:

- Intercepciones de carreteras de una secundaria a una principal.
- Intercepción de carreteras principales, en donde el tráfico no está controlado por un semáforo.
- En los cruces o pasos a desnivel con líneas férreas.

E.2 Señal de vía preferencial. Se usará en los casos en que el reglamento de tránsito requiere que el conductor del vehículo ceda el paso a otros, a la cual está ingresando sin necesidad de detenerse completamente. En el caso de intercepción de varias vías, se usará sólo en una de ellas, tendrá la forma de un triángulo equilátero de color blanco, con uno de sus vértices hacia abajo, el lado del triángulo será de 80 cm, el marco será de color rojo y de 10 cm de ancho. Para facilidad de interpretación deberá complementarse colocándose una placa rectangular (0.50 x 0.20 m) con la leyenda **VÍA PREFERENCIAL** (de color negro). Esta señal requiere detención obligatoria.

E.3 No camine por la ruta. Se colocará esta señal para advertir a los peatones del riesgo que corren al caminar por la pista. Se ubicará en la derecha en al sentido del tráfico y en donde haya vías peatonales cercanas a la pista.

E.4 No deje piedras en la pista. Se colocará esta señal en los lugares en que se observe que los conductores dejen piedras en el pavimento.

E.5 Estacionamiento restringido. Se usa para indicar limitaciones o restricciones impuestas al estacionamiento de vehículos.

C. SEÑALES INFORMATIVAS (Céspedes, 2011.p.41),

Son las que guían al conductor de un vehículo a través de determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino, también tiene por objeto identificar puntos notables, tales como: ríos, lugares turísticos, lugares históricos, etc.

CLASIFICACIÓN.

Señales de dirección. Son las que guían a los conductores hacia su destino.

- Señales de destino.
- Señales de destino con indicaciones de distancia.
- Señales de indicación de distancia.
- Cuadros de distancia.

Señales indicadores de ruta. Son las que muestran el número de rutas de los camiones, de acuerdo a la clasificación respectiva y se divide en:

- Señales indicadoras de ruta.
- Señales auxiliares.

Señales de información general. Son aquellas que indican al usuario la ubicación de lugares de interés general, tales como poblaciones, cursos de agua, lugares históricos o turísticos y de servicio público, como: puestos de primeros auxilios, hospitales, teléfonos, etc.

FORMA.

señales de dirección. Serán de forma rectangular, con su mayor dirección horizontal.

Indicadores de ruta. De forma especial como: escudos, círculos, etc.

Señales de información general. De forma rectangular, con mayor dimensión vertical.

COLORES.

señales de dirección. De fondo verde con marco, letras y símbolos blancos, para autopistas, para el resto de carreteras, será de fondo blanco, letras y símbolos negros.

Información general. De fondo azul con recuadro blanco y símbolo negro.

Indicadores de ruta. Fondo blanco con signos, letras y marcos blancos.

Señal de puestos de primeros auxilios. Son de fondo azul, con recuadro blanco y símbolo rojo.

Señal "silencio hospital". Será de fondo azul y con letras blancas.

TAMAÑO.

Señales de dirección. La adecuada para una buena posibilidad.

Indicadores de ruta. De dimensiones especiales

Señal de información general. Serán de 0.80 x 1.20, en autopistas; 0.60 x 0.90 m en caminos rurales y en arterias urbanas; 0.45 x 0.60 m en caminos secundarios.

USO.

Señal de destino. Se usará después de una intercepción, con el fin de guiar al conductor el camino a seguir, llevará junto al

nombre de la población una pequeña flecha, la cual indicará la dirección a seguir. Se ubicará a no menos de 60 m.

Señal de destino con indicadores de distancia. Se usará con el fin informar al conductor sobre las distancias de la población inmediata máxima a la señal.

D. UBICACIÓN DE LAS SEÑALES (Céspedes, 2011.p.36),

Las señales se colocarán a la derecha en el sentido del tránsito. En algunos casos es necesario colocarlas en alto sobre el camino, cuando no hay espacio suficiente al lado del camino o cuando se necesita algún control en una u otra vía que sea diferente a las demás. En casos excepcionales se podrán colocar al lado de avisos complementarios en carreteras de 4 vías de tránsito separadas por una berma central. La distancia del eje vertical de la señal al borde de la calzada no debe ser menor de 1.20 m ni mayor de 3.00m m, salvo casos excepcionales.

ALTURA. la altura mínima permisible entre el borde interior de la señal y la superficie de rodadura será de 1.50 m. En el caso de colocarse varias señales esta altura se podrá reducir hasta 1.20 m.

ANGULO DE COLOCACIÓN. Deberá formar ángulo recto con el eje del camino, excepto en el caso de señales reflectantes en que se colocaran ligeramente inclinadas a la normal, para su mejor reflectación.

ILUMINACIÓN. Es recomendable la iluminación o reflectación y se obtiene:

- Por medio de una luz detrás de la cara de la señal, iluminando el fondo de ambos, a través de un material transparente.
- Por medio de una luz independiente separada de la señal y que ilumine uniformemente toda la cara de la misma.
- Usando una luz incandescente que siga la forma de los símbolos de la leyenda.
- Las señales elevadas deben ser iluminadas.

REFLECTORIZACIÓN. El material reflectorizante debe reflejar un alto porcentaje de luz que recibe en forma uniforme en toda la superficie de la señal y en un ángulo tal que no alcance la posición normal de los ojos del conductor. Para esto se utilizará pintura reflectante.

SEÑALES ELEVADAS (Céspedes, 2011.p.36),

- Se utilizan para obtener la efectividad necesaria en la regulación del tránsito promedio de la señalización.
- Como previo aviso a un desvío de una carretera muy transitada.
- Al no haber espacio a los lados del camino para colocar las señales.
- Para carreteras de desvíos de circulación en un mismo sentido en vista que el tráfico pesado interfiere la visibilidad de las señales.
- Cuando los lados de la carretera son muy iluminadas y deslumbran la visión de las señales laterales.
- Cuando en una autopista no está señalado el paso de peatones.

3.5 Presupuesto del proyecto. El presupuesto de la obra asciende a Cuatro Millones Doscientos Ochentitres Mil Trescientos Noventicinco Y 52/100, el cual se detalla a continuación.

Presupuesto

Presupuesto	**0201006**	**DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**	
Subpresupuesto	**001**	**DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**	
Cliente	**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**	Costo al	**30/03/2017**
Lugar	**AMAZONAS - UTCUBAMBA - CUMBA**		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	**TRABAJOS PRELIMINARES**				**226,426.42**
01.01	MOVILIZACION MAQUINARIA DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	30,000.00	30,000.00
01.02	MOVILIZACION PERMANENTE DE PERSONAL OBRA	glb	1.00	32,000.00	32,000.00
01.03	**TOPOGRAFIA Y GEOREFERENIACION**				**19,391.29**
01.03.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	km	5.70	1,336.01	7,615.26
01.03.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	km	5.70	2,065.97	11,776.03
01.04	**MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL**				**86,944.00**
01.04.01	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.	glb	1.00	6,500.00	6,500.00
01.04.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	1.00	20,504.00	20,504.00
01.04.03	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	56,940.00	56,940.00
01.04.04	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	3,000.00	3,000.00
01.05	**CAMPAMENTOS**				**55,405.29**
01.05.01	OFICINAS	m2	71.50	178.54	12,765.61
01.05.02	ALMACÉN PROVISIONAL DE OBRA	m2	200.00	154.30	30,860.00
01.05.03	COMEDOR	m2	40.00	154.30	6,172.00
01.05.04	VESTUARIOS	m2	24.00	154.30	3,703.20
01.05.05	SERVICIOS HIGIENICOS	m2	7.50	253.93	1,904.48
01.06	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA	und	2.00	1,342.92	2,685.84
02	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**				**410,989.20**
02.01	**EXCAVACION PARA EXPLANACIONES**				**215,089.18**
02.01.01	CORTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	m3	34,973.85	6.15	215,089.18
02.02	**TERRAPLENES**				**56,931.34**
02.02.01	PREPARACION DE TERRENO EN ZONAS DE RELLENO, INVOLUCRANDO SUELO EXISTENTE	m2	14,712.25	2.05	30,160.11
02.02.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	3,367.45	7.95	26,771.23
02.03	CONFORMACION Y ACOMODO DE DME	m3	24,771.60	5.61	138,968.68
03	**AFIRMADOS**				**377,767.24**
03.01	**EXPLOTACION DE MATERIALES Y ELABORACION DE AGREGADOS**				**201,266.17**
03.01.01	EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE CANTERA	m3	5,181.93	6.34	32,853.44
03.01.02	EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE RIO	m3	5,181.93	6.34	32,853.44
03.01.03	PREPARACION DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO	m3	10,363.86	13.08	135,559.29
03.02	**PREPARACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE**				**56,120.85**
03.02.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUBRASANTE	m2	41,571.00	1.35	56,120.85
03.03	CONFORMACION Y COMPACTACION DE CAPA DE AFIRMADO	m2	39,861.00	3.02	120,380.22

04	**TRANSPORTES**				**315,224.92**
04.01	**TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR**				**127,425.23**
04.01.01	TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE PREPARACION HASTA 1 KM	m3k	5,181.93	5.80	30,055.19
04.01.02	TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE PREPARACION > 1 KM	m3k	40,833.61	1.25	51,042.01
04.01.03	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR P/AFIRMADO HASTA 1 KM	m3k	1,816.66	5.80	10,536.63
04.01.04	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR P/AFIRMADO > 1 KM	m3k	28,633.12	1.25	35,791.40
04.02	**TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE**				**187,799.69**
04.02.01	TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A BOTADERO DISTANCIA HASTA 1 KM	m3k	24,771.60	5.80	143,675.28
04.02.02	TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A BOTADERO DISTANCIA HASTA >1 KM	m3k	35,299.53	1.25	44,124.41
05	**DRENAJE**				**1,376,560.48**
05.01	ACONDICIONAMIENTO DE CUNETA EN TIERRA	m	11,400.00	6.48	73,872.00
05.02	ENCOFRADO DE CUNETAS	m	6,429.60	13.79	88,664.18
05.03	REVESTIMIENTO CUNETA TRIANGULAR f'c=175 kg/cm2 1.00x0.50 m	m	11,400.00	102.41	1,167,474.00
05.04	JUNTAS ASFALTICA E=1"	m	6,429.60	7.24	46,550.30
06	**OBRAS COMPLEMENTARIAS**				**206,097.09**
06.01	**MUROS DE CONTENCION**				**206,097.09**
06.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	102.00	1.77	180.54
06.01.02	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS	m3	445.84	8.82	3,932.31
06.01.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	407.35	81.47	33,186.80
06.01.04	COMPACTACION DE FONDOS DE CIMIENTOS	m2	153.40	4.25	651.95
06.01.05	SOLADO E=4"	m2	153.40	39.50	6,059.30
06.01.06	CONCRETO f'c=210Kg/cm2	m3	141.19	535.49	75,605.83
06.01.07	ACERO fy=4,200 kg/cm2	kg	13,609.16	5.11	69,542.81
06.01.08	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	337.58	49.73	16,787.85
06.01.09	TUBERIA DE PVC SAL 3" PARA LLORADORES	m	23.80	6.29	149.70
07	**SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL**				**31,014.80**
07.01	SEÑAL PREVENTIVA DE 0.60M X 0.60M	und	38.00	572.85	21,768.30
07.02	SEÑAL REGLAMENTARIA 0.60Mx0.90M CON POSTE	und	4.00	657.12	2,628.48
07.03	SEÑAL INFORMATIVA 0.50M X 1.80M	und	2.00	2,257.12	4,514.24
07.04	POSTES KILOMETRICOS	und	6.00	350.63	2,103.78
08	**PROTECCION AMBIENTAL**				**28,898.19**
08.01	RESTAURACION DE CANTERAS	m2	7,000.00	0.63	4,410.00
08.02	REVEGETALIZACION	ha	2.95	2,314.64	6,828.19
08.03	RESTAURACION DE LAS AREA AFECTADA POR CAMPAMENTOS	m2	1,000.00	3.38	3,380.00
08.04	RESTAURACION DE AREA AFECTADA POR PATIO DE MAQUINAS	m2	2,000.00	7.14	14,280.00
09	**CONTROL DE CALIDAD**				**8,350.00**
09.01	ROTURA DE PROBETAS	und	66.00	30.00	1,980.00
09.02	DENSIDAD DE CAMPO	und	42.00	35.00	1,470.00
09.03	ENSAYOS DE LABORATORIO	glb	1.00	4,900.00	4,900.00
10	**VARIOS**				**32,867.62**
10.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	32,867.62	32,867.62
	Costo Directo				**3,014,195.96**
	GASTOS GENERALES (10.43% CD)				**314,380.64**
	UTILIDAD (10% CD)				**301,419.60**

	SUB TOTAL				**3,629,996.20**
	IGV (18%)				**653,399.32**
					==========
	PRESUPUESTO TOTAL				**4,283,395.52**

SON : CUATRO MILLONES DOSCIENTOS OCHENTITRES MIL TRESCIENTOS NOVENTICINCO Y 52/100 SOLES

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015"

DURACION DE LA OBRA: **4.00** Meses

ANALITICO DE OBRA

COMPONENTES DE LOS GASTOS GENERALES				MONEDA NACIONAL	
				S/.	%
A.-	**COSTO DIRECTO**			**100.00%**	**3,014,195.96**
B.-	**GASTOS GENERALES**				
	2.1	**GASTOS FIJOS**		**0.68% CD**	20,500.00
		No directamente relacionados con el tiempo			
	2.2	**GASTOS VARIABLES**		**9.75% CD**	293,797.29
		Directamente relacionados con el tiempo			
	TOTAL DE GASTOS GENERALES			**10.43% CD**	**314,297.29**
C.-	**UTILIDAD**		**10% CD**	**10.00% CD**	301,419.60
SUB TOTAL A+B+C					**3,629,912.85**
	Impuesto General a las Ventas (IGV)		**18.00%**	**18.00%**	653,384.31
VALOR REFERENCIAL					**4,283,297.16**

CAPITULOIV

DISCUSIÓN

El proyecto denominado Diseño Geométrico Del Camino Vecinal A Nivel De Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre Los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito De Cumba, Utcubamba, Amazonas, se ha desarrollado basado en la normatividad vigente en el país, así como en las consultas bibliográficas de los libros y documentos de la referencia, siendo estos últimos los indicadores para mejorar el diseño del proyecto en mención.

De acuerdo a lo citado en el Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito se puede afirmar que existe similitud en las proyecciones realizadas en este manual y las encontradas en la tipografía del sitio donde se ejecutó la obra, así mismo en se ha tenido en consideración los estándares de mencionado en el manual para la selección del tipo de vía así como para las obras de arte ejecutadas, siendo estas últimas adecuadas a la hidrografía de la zona y a la topografía del terreno.

En cuanto al diseño propiamente dicho se ajustó a la norma dispuesta por el Manual de diseño de carreteras DG-2014, el cual especifica los estándares para el tipo de carretera de acuerdo al índice de tránsito vehicular.
El tipo de suelo, este fue analizado por un laboratorio de suelos reconocido, el mismo que dio las recomendaciones de acuerdo a los hallazgos realizados en las calicatas realizadas.

El trabajo que se presenta ha cumplido con los estándares dispuestos en la norma vigente por tanto se afirma que es un proyecto viable técnicamente el cual optimizara la transitabilidad entre los poblados que son sujetos de esta investigación.

CAPITULO V

CONCLUSIÓN

1. Según la orografía es un terreno es de tipo 3 (Accidentado), por presentar pendientes longitudinales mayores al 8%, según la demanda de diseño IMDA (233 veh/día), pertenece a una carretea de tercera clase, para lo cual su velocidad de diseño de acuerdo a la DG-2014 es de 30 km/hr.
2. Del conteo vehicular se ha determinado que el IMDA actual es de 172 veh/día, y una proyección al 2025 de 233 veh/dia.
3. El estudio de Mecánica de Suelos se realizó a través de la toma de muestras del terreno a intervenir, realizándose 10 calicatas, donde se concluye que La categoría de la sub rasante determinada mediante el ensayo de CBR al **95%** de la máxima densidad seca, obtenida es <**10%,** es decir, el tipo de sub rasante que califica es de Regular a débil.
4. El estudio de la cantera **"Cerro Colorado**" está conformada por una mezcla de gravas, arena y materiales finos, de grava T.M 1 1/2" (93.1%), apreciable proporción de partículas menores al tamiz numero N°200 (17.4%)
5. El diseño Geométrico de la carretera se ha desarrollado de acuerdo con la normatividad vigente del MTC (DG-2014), determinándose Estudio de la Demanda de la Carretera, el estudio de la Velocidad de Diseño en relación al costo de la carretera, la sección transversal de diseño y el tipo de superficie de rodadura. Donde se resalta que para una velocidad de 30 Km/h la distancia de viabilidad de adelanto será de 200m. siendo la distancia de visibilidad de parada de 20 m.
6. De acuerdo al diseño del Pavimento, se utilizará una capa de afirmado de 0.20m de espesor a lo largo de toda la longitud de la carretera.
7. El Estudio Hidrológico para la zona de intervención y el Diseño de las Obras de Arte ha sido realizado de acuerdo a los estándares que recomienda la norma vigente, determinándose que el caudal a discurrir por las cunetas es de Q= 86 lts/seg a una velocidad media de 1.80m/seg. Las cunetas serán revestidas y se construirán a ambos lados de la vía y tendrán forma triangular con una profundidad de 0.50m y un ancho de 1.00m
8. Del Estudio de Señalización tenemos: Señales Preventivas (38), Señales Reglamentarias (04), Señales Informativas (02), y Postes Kilométricos (06)

9. De los estudios de Impacto Ambiental se han obtenido las siguientes conclusiones:

   En el **MEDIO ABIÓTICO** el Impacto Negativo es Moderado, siendo el Factor más Frágil el Aire en su sub factor Partículas (polvo).

   En el medio **BIÓTICO** el Impacto Negativo es Moderado, siendo el Factor más Frágil la Fauna en su sub factor Efecto Barrera.

   En el MEDIO SOCIO ECONÓMICO, EMPLEO, SALUD Y SEGURIDAD el impacto es positivo; y para Efecto barrera el impacto es negativo Moderado.

10. El presupuesto de la obra asciende a **S/. 4, 283,297.16 (Cuatro Millones Doscientos Ochenta y tres Mil doscientos Noventa y siete con 16/100).**
11. El proyecto tendrá una duración de 120 días calendarios en la etapa de ejecución
12. Luego de haber realizado los trabajos propuestos en los objetivos se concluye que el tramo de la carretera objeto de esta tesis se ha optimizado la transitabilidad.

CAPITULOVI

RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar el control de calidad de Obra durante la ejecución de las partidas planteadas para cumplir con las especificaciones del diseño
- En caso que la ejecución del Proyecto no se realice dentro de los seis meses de haber elaborado el Estudio Económico del mismo, se deberá realizar la actualización de los costos del mismo.
- Se recomienda que la ejecución del Proyecto se realice fuera de los periodos de lluvia (meses de abril - diciembre).
- Para la mitigación de los impactos ambientales se deberá cumplir con el plan de manejo ambiental, y en concordancia con esto se recomienda un adecuado manejo de la eliminación de material excedente.
- Se recomienda que la Empresa Contratista le dé la oportunidad de trabajo a los pobladores de la zona en cuanto a mano de obra no calificada y de ser posible mano de obra calificada.
- Se recomienda eliminar el material proveniente del corte de la subrasante, el cual deberá ser reemplazado por material granular de cantera a fin de mejorar la calidad del suelo existente.
- Efectuar la limpieza de las cunetas fin de mantenerlas en estado óptimo ante cualquier eventualidad.
- A la universidad a impulsar este tipo de investigaciones que solucionen el entorno de la población más necesitada.

CAPITULO VII

REFERENCIAS

Agudelo J. 2002. *DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS, Ajustado al manual colombiano.* MEDELLIN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLIN, 2002.

Carrasco O. 2009. *INFRAESTRUCTURA VIAL NACIONAL ASOCIADA ALA COMPETITIVIDAD.* LIMA : UNIVERSIDAD DE PIURA, 2009.

Céspedes Abanto José. 2011. *Carreteras Diseño Moderno.* Lima : s.n., 2011.

Cifuentes N. 2014. *ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA DEL DISEÑO GEOMETRICO EN LA ACCIDENTALIDAD CARRETERA BOGOTÁ-VILLAVICENCIO A PARTIR DE LA SALIDA DEL TÚNEL DE BOQUERÓN A PUENTE QUETAME.* BOGOTA : ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO, 2014.

Garcia y Martinez. 2003. *PROYECTO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA TLAPA DE COMONFORT - METLATONOC, KM 15+000 AL 18+500 POR EL MÉTODO TRADICIONAL.* Mexico : s.n., 2003.

Martin, Choque Sanchez Héctor. 2012. *Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas.* Lima : s.n., 2012.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014. GLOSARIO DE TERMINOS DE USO FRECUENTE EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL. LIMA, PERU : s.n., 2014.

MTC. 2014. .mtc.gob.pe. [En línea] OCTUBRE de 2014. www.mtc.gob.pe/transportes/.../DISEÑO%20GEOMETRICO%20DE%20CARRETER....

—. 2014. .mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_770.pdf. [En línea] 16 de 11 de 2014. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_770.pdf.

—. 2014. GLOSARIO DE TERMINOS DE USO FRECUENTE EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL. LIMA, PERU : s.n., 2014.

—. 2014. *Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.* Lima : Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014.

—. 2014. mtc.gob.pe. [En línea] 16 de Noviembre de 2014. [Citado el: 12 de enero de 2017.] transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_770.pdf.

Quiñones R. 2011. *PLANEAMIENTO Y DISEÑO PRELIMINAR DE CARRILES DE SOBREPASO PARA VIAS DE PRIMER ORDEN EN ZONAS ACCIDENTADAS Y DE ALTURA.* LIMA : UNIVERSIDAD DE INGENIERIA, 2011.

RABANAL, JAIME. 2014. *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca - 2014".* CAJAMARCA : s.n., 2014.

Rojas V. 2013. *ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA RUTA PE-06 A EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE CON PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL EMPALME PE-1N EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CHICLAYO.* LIMA : UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES, 2013.

Rolón R. 2014. *DISEÑO GEOMÉTRICO DE VIAS URBANAS.* Argentina : s.n., 2014.

Rosales, Elifio Rodolfo Quiñonez. 2011. *PLANEAMIENTO Y DISEÑO PRELIMINAR DE CARRILES DE SOBREPASO PARA VIAS DE PRIMER ORDEN EN ZONAS ACCIDENTADAS Y DE ALTURA .* Lima : s.n., 2011.

Vasquez H, Juarez F y Nerio J. 2015. *PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 5.0 KM DE VÍA DE ACCESO VECINAL MONTAÑOSA, FINAL COL. QUEZALTEPEQUE-CANTÓN VICTORIA, SANTA TECLA, LA LIBERTAD, UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA DISEÑO DE CARRETERAS.* SALVADOR : UNIVERSIDAD DEL SALVADOR, 2015.

YATACO, GIANMARCO XAVIER LLUNCOR. 2012. *Aplicación del modelo HDM en la evaluación de proyectos de carreteras en Perú "Carretera Bagua ChicaA – Flor de la esperanza.* Lima : s.n., 2012.

ANEXOS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

GENERALIDADES.

La Dirección General de Caminos del Ministerio de Transportes aprobó las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras EG-2013 con R.D.N 03–2013– MTC/14 de fecha 01 de febrero de 2013 y publicada el 16 de febrero de 2013; siendo actualizada con R.D.N 22–2013– MTC/14 de fecha 17 de Julio de 2013 y publicada en el diario "El Peruano" el 07 de agosto del 2013, y con R.M. N° 506 - 2008 - MTC/02 El Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

La misma que serán aplicadas durante el proceso constructivo del presente proyecto denominado

TESIS: "DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015" teniendo en cuenta que las presentes Especificaciones Técnicas, son concordantes con las recomendaciones y exigencias establecidas por Instituciones Técnicas reconocidas Internacionalmente como AASHTO, ASTM, entre otros, así también con las condiciones propias y particulares de nuestro país.

I. DESARROLLO Y PROGRESIÓN DE LA OBRA

I.1 Organización de los Trabajos

En la organización de los trabajos se deberán considerar las recomendaciones establecidas en los estudios técnicos y ambientales del proyecto. El Residente organizará los trabajos en tal forma que los procedimientos aplicados sean compatibles con los requerimientos técnicos necesarios, los requerimientos establecidos y los permisos, autorizaciones y concesiones de carácter ambiental y administrativo y demás normas nacionales y regionales aplicables al desarrollo del proyecto. Así mismo la organización de los trabajos deberá considerar la protección de los trabajadores contra riesgos de accidente y daños a la salud en cuanto sea razonable y factible evitar.

Los trabajos se deberán ejecutar de manera que no causen molestias a personas, ni daños a estructuras, servicios públicos, cultivos y otras propiedades cuya destrucción o menoscabo no estén previstos en los planos, ni sean necesarios para la construcción de las obras. Igualmente, se minimizará, de acuerdo con las medidas de manejo ambiental y los requerimientos establecidos por las autoridades ambientales, las afectaciones sobre recursos naturales y la calidad ambiental del área de influencia de los trabajos.

Es responsabilidad del Prevencioncita de riesgos (ingeniero especialista en Seguridad y salud) asegurar la vigilancia necesaria para que los trabajadores realicen su trabajo en las mejores condiciones de seguridad y salud.
Se asignará trabajos que sean adecuados a la edad, aptitud física, estado de salud y capacidades de los trabajadores.

El avance físico de las obras en el tiempo deberá ajustarse al programa de trabajo aprobado, de tal manera que permita el desarrollo armónico de las etapas constructivas siguientes a la que se esté ejecutando.

Cualquier contravención a los preceptos anteriores será de responsabilidad del Residente. Por esta causa, la Supervisión podrá ordenar la modificación de procedimientos o la suspensión de los trabajos.

I.2 Equipos

El Residente deberá mantener en los sitios de las obras los equipos adecuados a las características y magnitud de las obras y en la cantidad requerida, de manera que se garantice su ejecución de acuerdo con los planos, especificaciones de construcción, programas de trabajo y dentro de los plazos previstos.

El Residente deberá mantener los equipos de construcción en óptimas condiciones, con el objeto de evitar demoras o interrupciones debidas a daños en los mismos. Las máquinas, equipos y herramientas manuales deberán ser de buen diseño y construcción teniendo en cuenta los principios de la seguridad, la salud y la ergonomía en lo que tañe a su diseño. Deben tener como edad máxima la que corresponde a su vida útil. La mala calidad de los equipos o los daños que ellos puedan sufrir, no serán causal que exima al Residente del cumplimiento de sus obligaciones.

La Municipalidad se reserva el derecho de exigir el reemplazo o reparación, por cuenta del Residente, de aquellos equipos que a su juicio sean inadecuados o ineficientes o que por sus características no se ajusten a los requerimientos de seguridad o sean un obstáculo para el cumplimiento de lo estipulado en los documentos del contrato.

El mantenimiento o la conservación adecuada de los equipos, maquinaria y herramientas no solo es básico para la continuidad de los procesos de producción y para un resultado satisfactorio y óptimo de las operaciones a realizarse sino que también es de suma importancia en cuanto a la prevención de los accidentes.
Por lo cual es responsabilidad del Residente:

- Establecer un sistema periódico de inspección que pueda prever y corregir a tiempo cualquier deficiencia.

- Programar una política de mantenimiento preventivo sistemático.
- Llevar un registro de inspección y renovación de equipos, maquinarias y herramientas, lo cual pondrá a disposición del Supervisor en el momento que sea requerido.

El Residente asume la responsabilidad del cumplimiento del plan de mantenimiento y de los registros levantados al respecto. Emitirá un informe mensual a conocimiento del Supervisor, quien dará las recomendaciones del caso si lo hubiere y verificará posteriormente el cumplimiento de las recomendaciones dadas Las condiciones de operación de los equipos deberán ser tales, que no se presenten emisiones de sustancias nocivas que sobrepasen los límites permisibles de contaminación de los recursos naturales, de acuerdo con las disposiciones ambientales vigentes.

Toda maquinaria o equipo que de alguna forma ofrezca peligro debe estar provisto de salvaguardas con los requisitos siguientes:

- Estar firmemente instaladas, ser fuertes y resistentes al fuego y a la corrosión.
- Que no constituyan un riesgo en sí, es decir que estén libre de astillas, bordes ásperos o afilados o puntiagudos.
- Prevengan el acceso a la zona de peligro durante las operaciones.
- Que no ocasionen molestias al operador: visión y maniobrabilidad y casetas de protección contra la luz solar, lluvias.

Los equipos deberán tener los dispositivos de señalización necesarios para prevenir accidentes de trabajo. Las máquinas y equipos accionados a motor deberán estar provistos de dispositivos adecuados, de acceso inmediato y perfectamente visible, para que el operario pueda detenerlos rápidamente en caso de urgencia y prevenir toda puesta en marcha intempestiva.

Además, se proveerá a quienes utilicen las máquinas y equipos de la protección adecuada y cuando sea necesario de protección auditiva.

I.3 Trabajos Nocturnos

Los trabajos nocturnos deberán ser previamente autorizados por el Supervisor y realizados solamente en las secciones de obra que él indique. El Residente deberá instalar equipos de iluminación de tipo e intensidad satisfactorios para el Supervisor, y mantenerlos en perfecto estado mientras duren los trabajos nocturnos y tomar las medidas del caso para evitar cualquier tipo de accidente tanto al personal vinculado al proyecto como a los usuarios de la vía.

El alumbrado artificial no debería deslumbrar ni producir sombras molestas. En caso necesario deberá proveerse resguardos adecuados para las lámparas. Los cables de alimentación de alumbrado eléctrico portátil deberán ser de un diámetro y características adecuadas al voltaje necesario y de una resistencia suficiente para soportar las condiciones de su utilización en las obras. El alumbrado artificial no deberá deslumbrar ni producir sombras molestas.

Las zonas en trabajo o de potencial peligro para el libre tránsito de vehículos y personas serán señalizadas con lámparas destellantes, barreras, conos y elementos que garanticen al máximo su seguridad. Se cumplirá con lo dispuesto en el de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para calles y carreteras" del MTC y lo dispuesto en la Sección 103 de estas especificaciones.

I.4 Limpieza del sitio de los trabajos

Es responsabilidad del Residente elaborar y aplicar un programa adecuado de orden y limpieza que contengan disposiciones sobre:

- El almacenamiento adecuado de materiales y equipo
- La evacuación de desperdicios, desechos y escombros a intervalos adecuados
- La atención oportuna de áreas cubiertas por hielo, nieve, aceite para que sean limpiadas con arena, aserrín, cenizas

A la terminación de cada obra, El Residente deberá retirar del sitio de los trabajos todo el equipo de construcción, los materiales sobrantes, escombros y obras temporales de toda clase, dejando la totalidad de la obra y el sitio de los trabajos en un estado de limpieza satisfactorio para el Supervisor. No habrá pago separado por concepto de estas actividades.

I.5 Disposición de Desechos y Sobrantes

El Residente deberá disponer mediante procedimientos adecuados, todos los desechos, escombros, sobrantes y demás residuos provenientes de los trabajos necesarios para la ejecución de las obras, en los sitios indicados en los documentos del proyecto o autorizados por La Municipalidad, los que serán debidamente acondicionados y preparados.

El Residente deberá cumplir con todos los reglamentos y requisitos que se indican en los documentos de manejo y protección del Medio Ambiente y lo estipulado en la Sección 906.

I.6 Personal

El contratista deberá cumplir con todas las disposiciones legales sobre la contratación del personal. Así mismo, se obliga al pago de todos los salarios y beneficios sociales que establecen las normas correspondientes, tales como el Código del Trabajo y demás disposiciones concordantes y complementarias.

El Residente debe asegurarse de que todos los trabajadores estén bien informados de los riesgos relacionados con sus labores y con la conservación del medio ambiente de su zona de trabajo, el conocimiento de las leyes y reglamentos laborales, las normas técnicas y las instrucciones relacionado con la prevención de accidentes y los riesgos para la salud.

El personal profesional, técnicos, empleados y obreros tendrán la suficiente capacidad y solvencia técnica y moral para el desempeño de sus trabajos en las áreas asignadas para cada uno.

El Supervisor podrá solicitar el reemplazo de cualquier persona que en su opinión no cumpla con los requisitos exigidos.

I.7 Control

El Residente deberá tomar todas las disposiciones necesarias para facilitar el control por parte del Supervisor. Este, a su vez, efectuará todas las medidas que estime convenientes, sin perjuicio del avance de los trabajos.

Si alguna característica de los materiales y trabajos objeto del control no está de acuerdo con lo especificado o si, a juicio del Supervisor puede poner en peligro seres vivos o propiedades, éste ordenará la modificación de las operaciones correspondientes o su interrupción, hasta que El Residente adopte las medidas correctivas necesarias.

II. SEGURIDAD LABORAL

II.1 Descripción

Es en la ejecución de un proyecto donde se hace más evidente el factor humano: la población que directa e indirectamente es afectada por el proyecto y las personas que están involucradas en la puesta en ejecución de las diversas actividades diseñadas. El presente capítulo precisa normas generales que atañen a la seguridad laboral, que deberán ser consideradas en todo el proceso de ejecución de la obra vial.

La previsión es un factor clave en todo el proceso de ejecución de Obras viales, en tanto ello permite un control en términos de la continuidad de las tareas, el cumplimiento de los plazos establecidos y el poder establecer medidas que cubran diversas contingencias que pueden surgir y que son factibles de ser predecibles y que pueden afectar a la masa laboral y por ende en los resultados del proyecto.

Es responsabilidad del Residente:

- Garantizar que todos los lugares o ambientes de trabajo sean seguros y exentos de riesgos para el personal.
- Facilitar medios de protección a las personas que se encuentren en una obra o en las inmediaciones de ella a fin de controlar todos los riesgos que puedan acarrear ésta.
- Establecer criterios y pautas desde el punto de vista de la seguridad y condiciones de trabajo en el desarrollo de los procesos, actividades, técnicas y operaciones que le son propios a la ejecución de las obras viales.
- Prevenir lo antes posible y en la medida de lo factible los peligros que puedan suscitarse en el lugar de trabajo, organizar el trabajo teniendo en cuenta la seguridad de los trabajadores, utilizar materiales o productos apropiados desde el punto de vista de la seguridad, y emplear métodos de trabajo que protejan a los trabajadores.
- Asegurarse que todos los trabajadores estén bien informados de los riesgos relacionados con sus labores y medio ambiente de trabajo, para ello brindara capacitación adecuada y dispondrá de medios audio visuales para la difusión.
- Establecer un reglamento interno para el control de las transgresiones a las medidas de protección y seguridad laboral.

II.2 Plan de Seguridad Laboral

Antes de dar inicio a la ejecución de la obra El Prevencioncita de Riesgos (Ingeniero Especialista en Seguridad y Salud) debe elaborar un Plan de Seguridad Laboral que contenga entre otros lo siguiente:

- Identificación desde los trabajos iniciales de los factores y causas que podrían originar accidentes.
- Disposición de medidas de acción para eliminar o reducir los factores y causas de riesgo de accidentes.
- Diseño de programas de seguridad laboral, los costos de las actividades que se deriven de este plan deben ser incluidos en el proyecto.
- Procedimientos de difusión entre el personal sobre las medidas de seguridad. Deben considerarse metodologías adecuadas; Por ejemplo: charlas, gráficos, videos.
- Hacer de conocimiento general las medidas de protección ambiental, tales como las prohibiciones de usar barbasco o dinamita para pescar, cortar árboles para viviendas, combustibles u otros específicos, caza de especies en extinción, compra de animales silvestres, a lo largo de toda la zona que atraviesa la carretera.

El plan de seguridad laboral será presentado al Supervisor para el seguimiento respectivo de su ejecución. Es responsabilidad del Supervisor evaluar, observar, elaborar las recomendaciones oportunas cuando lo vea necesario y velar por el acatamiento y cumplimiento de las recomendaciones dadas.

Es responsabilidad del Residente poner en ejecución las recomendaciones surgidas de la supervisión de la obra.

La inspección que realice el Supervisor tiene por finalidad:

- Ubicar los focos potenciales de riesgo.
- Identificar las particularidades sobre las que se desarrolla la obra.
- Detectar los problemas que existan en materia de seguridad en la obra y que afectan a los trabajadores.
- Hacer las recomendaciones necesarias a los niveles de dirección respectivos de la Obra para coordinar y programar acciones que resuelvan las anomalías o carencias detectadas.
- Realizar campañas educativas periódicas, empleando afiches informativos sobre normas elementales de higiene y comportamiento.

El proceso de Supervisión considerará en su procedimiento metodológico lo siguiente:

- Periodicidad en la inspección de la obra.
- Observación directa de la situación laboral mediante una visita de campo.
- Entrevistas con el personal en sus diferentes niveles.
- Elaboración de un Informe a ser cursado al Residente para formalizar las recomendaciones que hubieran.

III. SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

III. 1 Descripción

El presente Manual establece las normas para el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito; en el tenor del Manual se expone el empleo de los diferentes dispositivos y se establece los diseños y principios fundamentales que deben regir.

Su alcance es de ámbito nacional y debe ser utilizado por las autoridades a quienes les competa el control y regulación del tránsito.

III.2 Requerimientos

Para ser efectivo un dispositivo de control del tránsito es necesario que cumpla con los siguientes requisitos

- Que exista una necesidad para su utilización.
- Que llame positivamente la atención.
- Que encierre un mensaje claro y conciso.
- Que su localización permita al usuario un tiempo adecuado de reacción y Respuesta
- Infundir respeto y ser obedecido.
- Uniformidad.

III.2.1 Consideraciones

Para el cumplimiento de las mencionadas condiciones debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Diseño.- Debe ser tal que la combinación de sus dimensiones, colores, forma, composición y visibilidad llamen apropiadamente la atención del conductor, de modo que éste reciba el mensaje claramente y pueda responder con la debida oportunidad.

Ubicación.- Debe tener una posición que pueda llamar la atención del conductor dentro de su ángulo de visión.

Uso.- La aplicación del dispositivo debe ser tal que esté de acuerdo con la operación del tránsito vehicular.

Uniformidad.- Condiciones indispensables para que los usuarios puedan reconocer e interpretar adecuadamente el mensaje del dispositivo en condiciones normales de circulación vehicular.

Mantenimiento.- Debe ser condición de primera importancia y representar un servicio preferencial para su eficiente operación y legibilidad.

III.3 Autoridad Legal

Los dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras solo deberán ser colocados con la autorización y bajo el control del organismo competente, con jurisdicción para reglamentar u orientar el tránsito y de acuerdo con las normas establecidas en el presente Manual.

Las autoridades competentes podrán retirar o hacer retirar sin previo aviso cualquier rótulo, señal o marca que constituya un peligro para la circulación. Queda prohibido colocar avisos publicitarios en el derecho de la vía, en el dispositivo y/o en su soporte.

Nadie que no tenga autoridad legal intentará alterar o suprimir los dispositivos reguladores del tránsito. Ninguna persona o autoridad privada podrá colocar dispositivos para el control o regulación del tránsito, sin autorización previa de los organismos viales competentes.

En el caso de la ejecución de obras en la vía pública, bajo responsabilidad de quienes las ejecutan se deberá tener instalaciones de señales temporales de construcción y conservación vial autorizadas por la entidad competente para protección del público, equipos y trabajadores, conforme lo dispone, este Manual. Estas señales deberán ser retiradas una vez finalizadas las obras correspondientes.

III.4 Necesidad de Estudios de Ingeniería

La decisión de la utilización de los dispositivos de control en cualquier ubicación, sea calle o carretera, debe estar basada en un estudio de ingeniería; el que debe abarcar no sólo las características de la señal y la geometría vial sino también su funcionalidad y el entorno. El

estudio conlleva la responsabilidad del profesional y de la autoridad respecto al riesgo que pueden causar por una señalización inadecuada.

ESPECIFICACIONES ESPECÍFICAS.

01.00.0 TRABAJOS PRELIMINARES.

01.01.0. MOVILIZACION DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

Descripción:

Bajo esta partida, deberá el ejecutor de la obra, llevar a cabo las acciones necesarias para suministrar, reunir y transportar los elementos, equipo y maquinaria pesada necesarios para su organización al lugar de trabajo, incluyendo equipo mecánico, materiales, herramientas y en general todo lo necesario para instalar y empezar los trabajos correspondientes.

La movilización incluirá el costo para cubrir el trabajo de adquisición de provisiones, materiales y demás recursos, así como el requerido para el transporte de dichos insumos hasta la obra. También incluye esta partida, el costo de desmovilización al finalizar los trabajos correspondientes, debiendo retirarse del lugar de obra los elementos en desuso y transportados. Tratándose de equipo mecánico, el responsable de la obra deberá someter los mismos a una inspección general por parte del Supervisor o Inspector de la obra, no pudiéndose transportar o retirar de la obra ningún equipo sin la autorización de éste.

Es obligación del responsable de la obra programar adecuadamente la movilización de todos sus equipos e instalaciones al lugar de obra, a fin de que se encuentren en la zona de trabajo en las fechas previstas, a fin de no tener retraso del Cronograma de Ejecución de Obra.

Método de Medición:

La Movilización y Desmovilización de Equipos se medirá de forma Global (GLB).

Forma de Pago:

Las cantidades medidas y aceptadas por el Supervisor o Inspector de la obra, serán pagadas al precio del presupuesto, de manera Global (GLB) de la partida “Movilización y Desmovilización de Equipos”. Dicho pago constituirá compensación total por los trabajos descritos en esta sección.

Partida de pago	Unidad
MOVILIZACION DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	GLB

01.02.0. MOVILIZACION PERMANENTE DE PERSONAL DE OBRA.

Descripción:

El transporte de personal a las zonas en se ejecutan las obras, será efectuado en vehículos con asientos y estado general bueno. No se permitirá de ninguna manera que el personal sea trasladado en las tolvas de volquetes o plataformas de camiones de transporte de materiales y enceres.

Los horarios de transporte serán fijados por el contratista, así como la cantidad de vehículos a utilizar en función al avance de las obras.

Método de Medición:

La Movilización y Permanente de Personal de Obra se medirá de forma Global (GLB).

Forma de Pago:

Las cantidades medidas y aceptadas por el Supervisor o Inspector de la obra, serán pagadas al precio del presupuesto, de manera Global (GLB).

Partida de pago	Unidad
Movilización permanente de personal de obra.	GLOBAL (GLB)

01.03.0. TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION.

01.03.01. TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR.

Descripción:

Una vez limpiado totalmente el terreno, se hará el trazo, la nivelación (fijación de niveles) y el replanteo preliminar, correspondiente, de acuerdo a lo que se indica en los planos.

El nivel inicial del terreno será fijado por el Ingeniero responsable de la obra, por lo tanto, se podrá efectuar cualquier trabajo necesario de nivelación y excavación o de relleno según las condiciones topográficas del terreno.

Es responsabilidad del Ingeniero encargado de la obra el de abastecerse del equipo adecuado y necesario para la buena ejecución de la obra.

El trazado se verificará por medio de elementos de madera (estacas u otros hitos), puentes y balizas de un metro de altura sobre el suelo nivelado, donde se marcará con exactitud los ejes de los diferentes elementos estructurales (obras de arte) a construirse. Se deberá conservar estos puntos en su lugar, para la verificación de niveles y medidas cuando sea necesario.

Método de Medición:

El trazo y replanteo se medirá en Kilómetros (KM).

Forma de Pago:

El pago se realizará al precio unitario del presupuesto, que será por Kilómetros (KM) de trazo, nivelación y replanteo preliminar ejecutado en obra con la aprobación del Supervisor o Inspector; entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por la mano de obra, herramientas, equipo, materiales e imprevistos necesarios para la correcta ejecución de la partida.

Partida de pago	Unidad de pago
Trazo Replanteo Preliminar	Km

01.03.02. TRAZO Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO.

Descripción:

Una vez realizado el trazo preliminar, se hará el trazo, la nivelación (fijación de niveles) y el replanteo durante el proceso de ejecución de la obra, correspondiente, de acuerdo a lo que se indica en los planos y teniendo en cuenta las condiciones topográficas.

El nivel inicial del terreno será fijado por el Ingeniero responsable de la obra, por lo tanto, se podrá efectuar cualquier trabajo necesario de nivelación y excavación o de relleno según las condiciones topográficas del terreno.

Es responsabilidad del Ingeniero encargado de la obra el de abastecerse del equipo adecuado y necesario para la buena ejecución de la obra.

El trazado se verificará por medio de elementos de madera (estacas u otros hitos), puentes y balizas de un metro de altura sobre el suelo nivelado, donde se marcará con exactitud los ejes de los diferentes elementos estructurales (obras de arte) a construirse. Se deberá conservar estos puntos en su lugar, para la verificación de niveles y medidas cuando sea necesario.

Método de Medición:

El trazo y replanteo se medirá en Kilómetros (KM).

Forma de Pago:

El pago se realizará al precio unitario del presupuesto, que será por Kilómetros (KM) de trazo, nivelación y replanteo preliminar ejecutado en obra con la aprobación del Supervisor o Inspector; entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por la mano de obra, herramientas, equipo, materiales e imprevistos necesarios para la correcta ejecución de la partida.

Partida de pago	Unidad de pago
Trazo Replanteo Durante el Proceso	Km

01.04.0. MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL.

01.04.01. ELABORACIÓN, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Descripción:

Se deberá realizar un plan de seguridad y salud en el trabajo, que permitirá prevenir en la medida de lo posible los peligros que puedan suscitarse en el lugar de trabajo teniendo en cuenta la seguridad de los trabajadores, utilizar materiales y productos apropiados desde el punto de vista de la seguridad, y emplear métodos de trabajo que protejan a los trabajadores.

El responsable de dicha elaboración será el Ingeniero especialista en Seguridad y Salud del Contratista, el cual una vez terminado se presentará al supervisor para su aprobación.

Se deberá tener en cuenta la reglamentación aplicable en los reglamentos nacionales.

Método de Medición:

La medición de esta partida se realizará en forma global (GLB).

Forma de Pago:

El pago se realizará de manera Global (GLB) de la partida “Elaboración, Implementación Y Administración Del Plan De Seguridad Y Salud En El Trabajo”.

01.04.02. EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL.

Descripción:

El contratista debe emplear métodos y prácticas de trabajo que protejan a los trabajadores contra los efectos nocivos de agentes químicos (gases, vapores, líquidos o solidos), físicos (condiciones del ambiente: ruido, vibraciones, humedad, energía radiante, temperatura excesiva, iluminación defectuosa, variación dela presión), y biológicos (agentes infecciosos tipo virus o bacterias que causan tuberculosis, pulmonía, tifoidea, hongo y parásitos). Para ello deben utilizarse materiales o productos apropiados desde el punto de vista de la salud, además exigir a los trabajadores la utilización de equipos y vestimentas de protección.

Método de Medición:

La medición de esta partida se realizará por Unidad (Und).

Forma de Pago:

El pago se realizará por Unidad (Und) de la partida “Equipos de Protección Individual”.

01.04.03. SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD.

Descripción:

Las actividades que se especifican en esta sección, abarcan lo concerniente con el mantenimiento del tránsito y la señalización vial respectiva en las áreas que se encuentran en construcción durante el período de ejecución de los trabajos respectivos. Estas actividades o trabajos incluyen:

El mantenimiento de los desvíos necesarios para facilitar las tareas de construcción y al mismo tiempo facilitar el tránsito vehicular y peatonal.
La implementación, instalación y mantenimiento de los dispositivos de control de tránsito y de seguridad vial, acorde a las distintas fases de la construcción.

El control de la emisión de polvo en aquellos sectores sin pavimentar de la vía principal y de los desvíos habilitados para el tránsito vehicular y peatonal en la zona del proyecto.

En general se incluyen todas las acciones, facilidades, dispositivos y operaciones que sean necesarios para garantizar la seguridad y confort del público usuario, erradicando cualquier incomodidad y molestias que puedan ser ocasionados por deficientes servicios de mantenimiento de tránsito y seguridad vial.

Método de Medición:

La Señalización Temporal De Seguridad se medirá en forma global (GLB).

Forma de Pago:

Las cantidades medidas y aceptadas por el Supervisor o Inspector de la obra, serán pagadas al precio del presupuesto, de manera Global (GLB) de la partida "Señalización Temporal De Seguridad". Dicho pago constituirá compensación total por los trabajos descritos en esta sección.

Partida de pago	Unidad
Señalización Temporal De Seguridad	GLOBAL (GLB)

01.04.04. CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD.

Descripción:

El Residente debe asegurarse de que todos los trabajadores estén bien informados de los riesgos relacionados con sus labores y con la conservación del medio ambiente de su zona de trabajo, el conocimiento de las leyes y reglamentos laborales, las normas técnicas y las instrucciones relacionado con la prevención de accidentes y los riesgos para la salud, a través de capacitaciones y charlas informativas.

Método de Medición:

La Capacitación en Seguridad y Salud se medirá en forma global (GLB) y se valorizara en porcentajes iguales a lo largo de toda la duración de la obra.

Forma de Pago:

Las cantidades medidas y aceptadas por el Supervisor o Inspector de la obra, serán pagadas al precio del presupuesto, de manera Global (GLB) de la partida "Capacitación en Seguridad y Salud". Dicho pago constituirá compensación total por los trabajos descritos en esta sección.

Partida de pago	Unidad
Capacitación en Seguridad y Salud	GLOBAL (GLB)

01.05.0. CAMPAMENTOS

Descripción: Son las construcciones provisionales que servirán para albergue (Ingenieros, Técnicos y Obreros en el horario de trabajo) oficinas, almacenes,

comedores y talleres de reparación y mantenimiento de equipo. Asimismo, se ubicarán las Oficinas de Dirección de Obras. El Contratista deberá tener en cuenta dentro de su propuesta, el dimensionamiento de los campamentos para cubrir satisfactoriamente las necesidades básicas descritas anteriormente, las que contarán con sistemas adecuados de agua, alcantarillado y de recolección y eliminación de desechos no orgánicos, etc. permanentemente.

01.05.01. OFICINAS.

Descripción:

Las oficinas deberán reunir todas las condiciones básicas de habitabilidad, sanidad e higiene. El Contratista proveerá la mano de obra, materiales, equipos y herramientas necesarias para cumplir tal fin.

El área destinada para los campamentos y oficinas provisionales deberá tener un buen acceso y zonas para el estacionamiento de vehículos, cuidando que no se viertan los hidrocarburos en el suelo.

Método de Medición:

El área ocupada por las oficinas se medirá en metro cuadrado (m2).

Forma de Pago:

La construcción o montaje de los campamentos y oficinas provisionales será pagado hasta el 80% del precio unitario global del contrato para la partida Oficinas entendiéndose que dicho precio constituirá compensación total por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para completar satisfactoriamente la partida. El 20% restante se cancelará cuando el Contratista haya desmontado el campamento, a satisfacción de la Supervisión.

También estarán incluidos en los precios unitarios del contrato todos los costos en que incurra El Contratista para poder realizar el mantenimiento, reparaciones y reemplazos de sus campamentos, de sus equipos y de su instalación y el mantenimiento de los servicios de agua, sanitarios, el desmontaje y retiro de los equipos e instalaciones y todos los gastos generales y administración del contrato.

Partida de pago	Unidad
Oficinas	Metro Cuadrado (m2)

01.05.02. ALMACEN PROVICIONAL DE OBRA.

Descripción:

El área del almacén provisional de obra deberá reunir todas las condiciones básicas de habitabilidad, sanidad e higiene. El Contratista proveerá la mano de obra, materiales, equipos y herramientas necesarias para cumplir tal fin.

El área destinada para el almacén provisional de obra deberá tener un buen acceso y zonas para el estacionamiento de vehículos, cuidando que no se viertan los hidrocarburos en el suelo.

Método de Medición:

El área ocupada por el almacén provisional de obra en metro cuadrado (m2).

Forma de Pago:

La construcción o montaje del almacén provisional de obra será pagado hasta el 80% del precio unitario global del contrato para la partida Oficinas entendiéndose que dicho precio constituirá compensación total por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para completar satisfactoriamente la partida. El 20% restante se cancelará cuando el Contratista haya desmontado el campamento, a satisfacción de la Supervisión.

También estarán incluidos en los precios unitarios del contrato todos los costos en que incurra El Contratista para poder realizar el mantenimiento, reparaciones y reemplazos de sus campamentos, de sus equipos y de su instalación y el mantenimiento de los servicios de agua, sanitarios, el desmontaje y retiro de los equipos e instalaciones y todos los gastos generales y administración del contrato.

Partida de pago	Unidad
Almacén provisional de	Metro Cuadrado (m2)

01.05.03. COMEDOR.

Descripción:

El área del Comedor obra deberá reunir todas las condiciones básicas de habitabilidad, sanidad e higiene. El Contratista proveerá la mano de obra, materiales, equipos y herramientas necesarias para cumplir tal fin.

El área destinada para el Comedor deberá tener un buen acceso y zonas para el estacionamiento de vehículos, cuidando que no se viertan los hidrocarburos en el suelo.

Método de Medición:

El área ocupada por el Comedor en metro cuadrado (m2).

Forma de Pago:

El pago del área ocupada por el Comedor se realizará por cuadrado (m2).

01.05.04. VESTUARIOS.

Descripción:

Deben también ubicarse en áreas que eviten que los residuos se mesclen con fuentes de agua. Se recomienda considerar espacios separados para hombres y mujeres. Las instalaciones deben mantenerse perfectamente limpias y desinfectadas.

.

Método de Medición:

El área ocupada por los Vestuarios esta dado en metro cuadrado (m2).

Forma de Pago:

El pago del área ocupada por los vestuarios se realizará por cuadrado (m2).

01.05.05. SERVICIOS HIGIENICOS.

Descripción:

Los campamentos contaran con pozos sépticos técnicamente diseñados, los dilos artesanales deben ser ubicados en lugares seleccionados de tal manera que no afecten las fuentes de abastecimiento de agua, su construcción debe incluir la impermeabilización de las paredes laterales y fondos de los mismos. Al cumplir los silos su tiempo de uso serán debidamente clausurados y sellados según las normas sanitarias.

.

Método de Medición:

El área ocupada por los Servicios Higiénicos se medirá en metro cuadrado (m2).

Forma de Pago:

El pago del área ocupada por Servicios Higiénicos se realizará por cuadrado (m2).

01.05.06. CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA.

Descripción:

El cartel de obra será de 4.80x3.60 mts., con madera y gigantografía y estará a 1.80 mts. Sobre el nivel del terreno. Con tres parantes de 3”x4” y listones de 2”x2” a 1.2m de separación. Se ha previsto la colocación de 2 carteles en el lugar de la obra uno al inicio de la obra y el otro al final y con vista a la vía principal de acceso a la obra; dicho cartel se deberá colocar antes del inicio de la obra o en un plazo máximo de dos (02) días de iniciada la misma.

Método de Medición:

Se medirá por unidad de cartel colocado, incluye todos los materiales y mano de obra.

Forma de Pago:

El pago se efectuará al precio unitario del presupuesto, por Unidad, y colocado en obra, previa aprobación del Supervisor o Inspector de la obra. Dicho precio y pago constituirá compensación total por todos los insumos requeridos para cumplir con esta partida.

Partida de pago	Unidad
CARTEL DE OBRA	UNIDAD

02.00.0. MOVIMIENTO DE TIERRAS.

02.01.0. EXCAVACION PARA EXPLANACIONES.

02.01.01. CORTE EN ROCA SUELTA CON MAQUINARIA.

Descripción

Comprende todo corte de material en roca suelta hasta las líneas de excavación definidas en el expediente técnico de la obra y el apilamiento o eliminación hasta una distancia de 120 m, incluyendo la conformación de taludes y bermas.

El material producto de estas excavaciones se empleará en la construcción de terraplenes y el excedente o material inadecuado será colocado al pie de la ladera, depositado en botaderos ó donde indique el Supervisor.

Se entiende por roca suelta a todo material que puede ser removido utilizando equipo pesado de movimiento de tierra, con uso ocasional de material explosivo

Método De Ejecución

El Constructor realizará las excavaciones en roca suelta, después de levantar las secciones transversales del terreno natural, aprobadas por el Supervisor. El corte se efectuará con tractor u otro equipo aplicable y uso moderado de explosivos. No se admitirá el empleo de explosivos a distancias que pongan en riesgo las estructuras existentes. El perfilado y desquinche se hará con mano de obra y uso de picos y barretas.

Método De Medición

El metrado del volumen de excavación se efectuará por el método del promedio de áreas extremas, medido de acuerdo a planos u ordenado por el Supervisor. Cuando una de las áreas extremas es cero, la otra se dividirá entre cuatro.

Bases De Pago

El corte en roca suelta se pagará por m3 y constituirá compensación completa por todo el trabajo ejecutado, incluyendo el corte y eliminación dentro de la distancia libre de transporte (120 m), el apilado de material utilizable en la conformación de rellenos, el apilado de material depositado en botaderos o donde lo indique el Supervisor; así mismo por el empleo de mano de obra, materiales, equipos y herramientas necesarias para completar la partida.

No se reconocerá pago alguno, por cortes efectuados fuera de las líneas de excavación señaladas en el expediente técnico de la obra.

02.02.0. TERRAPLENES:

02.02.01. PREPARACIÓN DE TERRENOS EN ZONA DE RELLENO, INVOLUCRANDO SUELO EXISTENTE.

02.02.02. RELLENO CON MATRIAL PROPIO.

ITM 02.02.01

ITM 02.02.02

Descripción

Estos trabajos consisten en la escarificación, nivelación y compactación del terreno o del afirmado en donde se colocarán terraplenes (con material propio, con material de préstamo o con material propio excedente de corte/transporte), previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza, demolición, drenaje y subdrenaje; y la colocación, el humedecimiento o secamiento, la conformación y compactación de materiales apropiados de acuerdo con la presente especificación, los planos y secciones transversales del proyecto y las instrucciones del Supervisor.

En los rellenos o terraplenes se distinguirán tres partes o zonas constitutivas:

Base, parte del terraplén que está por debajo de la superficie original del terreno, la que ha sido variada por el retiro de material inadecuado.

Cuerpo, parte del terraplén comprendida entre la base y la corona.

Corona (capa subrasante), formada por la parte superior del terraplén, construida en un espesor de treinta centímetros (30 cm.), salvo que los planos del proyecto o las especificaciones especiales indiquen un espesor diferente.

Nota: En caso que el terreno de fundación sea adecuado, la parte del terraplén denominado base no se tendrá en cuenta.

Todos los materiales a emplearse en la construcción de terraplenes deberán provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas; deberán estar libres de sustancias deletéreas, de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales. Su empleo deberá ser autorizado por el Supervisor, quien de ninguna manera permitirá la construcción de terraplenes con materiales de características expansivas.
Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán cumplir los requisitos indicados:

CONDICIÓN	PARTES DEL TERRAPLÉN		
	BASE	CUERPO	CORONA
Tamaño máximo	150 mm	100 mm	75 mm
% Máximo de Piedra	30%	30%	-.-
Índice de Plasticidad	< 11%	< 11%	< 10%
Tipo de material	A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3		
Prueba de los Ángeles	60% máx. (MTC E 207)		

En el cuadro que sigue se detallan las normas y frecuencias de los ensayos a ejecutar.

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de Ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Afirmado	Granulometría	MTC E 204	C 136	T27	1 cada 750 m3	Cantera (2)

	Límite de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 750 m3	Cantera (2)
	Abrasión los Ángeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 2000 m3	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T193	1 cada 2000 m3	Cantera (2)
	Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 cada 750 m3	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T191 T238	1 cada 250 m3	Pista

(1) O antes, sí por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico – mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica.

El equipo a emplear para la construcción de terraplenes será compatible con los procedimientos de ejecución y requiere aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

Los equipos deberán cumplir las exigencias técnicas ambientales tanto para la emisión de gases contaminantes y ruidos.

Requerimientos de construcción

Los trabajos de construcción de terraplenes se deberán efectuar según los procedimientos descritos en ésta especificación. El procedimiento para determinar los espesores de compactación deberá incluir pruebas aleatorias longitudinales, transversales y en profundidad verificando que se cumplen con los requisitos de compactación en toda la profundidad propuesta. El espesor propuesto deberá ser el máximo que se utilice en obra, el cual en ningún caso debe exceder de trescientos milímetros (300 mm).

Si los trabajos de construcción o ampliación de terraplenes afectaren el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el Contratista será responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente.

La secuencia de construcción de los terraplenes deberá ajustarse a las condiciones estacionales y climáticas que imperen en la región del proyecto.

Cuando se haya programado la construcción de las obras de arte previamente a la elevación del cuerpo del terraplén, no deberá iniciarse la construcción de éste antes de que las alcantarillas y muros de contención se terminen en un tramo no menor de quinientos metros (500 m) adelante del frente del trabajo, en cuyo caso deberán concluirse también, en forma previa, los rellenos de protección que tales obras necesiten.

Cuando se hace el vaciado de los materiales se desprende una gran cantidad de material particulado, por lo cual se debe contar con equipos apropiados para la protección del polvo al personal; además, se tiene que evitar que gente extraña a las obras se encuentren cerca en el momento que se hacen estos trabajos. Para lo cual, se requiere un personal exclusivo para la seguridad, principalmente para que los niños, no se interpongan en el empleo de la maquinaria pesada y evitar accidentes con consecuencias graves.

Preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción de cualquier terraplén, el terreno base de éste deberá estar desbrozada, limpia y ejecutada las demoliciones de estructuras que se requieran. El Supervisor determinará los eventuales trabajos de remoción de capa vegetal y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base, necesarios para garantizar la estabilidad del terraplén. Cuando el terreno base esté satisfactoriamente limpio y drenado, se deberá escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en la presente especificación, en una profundidad mínima de ciento cincuenta milímetros (150 mm), aun cuando se deba construir sobre un afirmado.

Si el terraplén hubiere de construirse sobre suelos blandos, se deberá asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales, su tratamiento previo o la utilización de cualquier otro medio propuesto por el Contratista y autorizado por el Supervisor, que permita mejorar la calidad del soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado.

Materiales

El material para formar el terraplén deberá ser de tipo adecuado, aprobada por el Ingeniero Supervisor, no deberá contener escombros, tacones ni restos de vegetal alguno y estar exento de materia orgánica. El material excavado húmedo y destinado a rellenos será utilizado cuando tenga el contenido óptimo de humedad.

Todos los materiales de corte, cualquiera sea su naturaleza, que satisfagan las especificaciones y que hayan sido consideradas aptas por el Ingeniero Supervisor serán utilizados en los rellenos.

Ejecución

Antes de iniciar la construcción de cualquier terraplén, el terreno deberá estar desbrozado y limpio. El Supervisor determinara los eventuales trabajos de remoción de la capa vegetal y retiro de material inadecuado.

Los terraplenes deberán construirse hasta una cota superior a la indicada en los planos, en una dimensión suficiente para compensar los asentamientos producidos, por efecto de la consolidación y obtener la cota final de la subrasante.

Las exigencias generales para la colocación de materiales serán las siguientes:

Barreras en el pie de los taludes: El contratista deberá evitar que el material del relleno esté más allá de la línea de las estacas del talud, construyendo para tal efecto cunetas en la base de estos o levantando barreras de contención de roca, canto rodado, tierras o tablones en el pie de talud, pudiendo emplear otro método adecuado para ello, siempre que sea aprobado por el Ingeniero Supervisor.

Rellenos fuera de las estacas del Talud: Todos los agujeros provenientes de la extracción de los troncos e irregularidades del terreno causados por el contratista, en la zona comprendida entre el estacado del pie de talud, el borde y el derecho de vía serán rellenados y nivelados de modo que ofrezcan una superficie regular

Material Sobrante: Cuando se disponga de material sobrante, este será utilizado en ampliar uniformemente el terraplén o en la reducción de pendiente de los taludes, de conformidad con lo que ordene el Ingeniero Supervisor.

Compactación*:* Si no está especificado de otra manera en los planos o las disposiciones especiales, el terraplén será compactado a una densidad de noventa (90 %) por ciento de la máxima densidad obtenida por la designación AASHTO T-l 80-57,

Contracción y Asentamiento: El Contratista construirá todos los terraplenes de tal manera, que después de haberse producido la contracción *y* el asentamiento y cuando deba efectuarse la aceptación del proyecto, dichos terraplenes tengan en todo punto la rasante, el ancho y la sección transversal requerida. El Contratista será responsable de la estabilidad de todos los terraplenes construidos con cargo

al contrato, hasta aceptación final de la obra y correrá por su cuenta todo gasto causado por el reemplazo de todo aquello que haya sido desplazado a consecuencia de falta de cuidado o de trabajo negligente por parte del Contratista, o de daños resultantes por causas naturales, como son lluvias normales.

Protección de las Estructuras: En todos los casos se tomarán las medidas apropiadas de precaución para asegurar que el método de ejecución de la construcción de terraplenes no cause movimiento alguno o esfuerzos indebidos en las estructuras existentes. Los terraplenes encima y alrededor de alcantarillas, se harán de material seleccionado según detalle de las estructuras, colocados cuidadosamente, intensamente apisonados y compactados y de acuerdo a las especificaciones para el relleno de las diferentes clases de estructuras.

Medición

Las explanaciones compactadas serán medidas en metro cúbicos (m3), para tal efecto se procederá a determinar los volúmenes compactados de acuerdo a los planos o a lo ordenado por el Ingeniero Inspector o Supervisor empleando el método del promedio de las áreas extremas entre estaciones de veinte metros (20m) o las requeridas según la configuración del terreno a partir de las secciones del terreno desmontado y desbrozado antes de iniciar el trabajo.

Pago

El pago por metro cúbico, se considerará el volumen obtenido de relleno total según avance en obra, aplicando el precio unitario del contrato establecido.

Partida de pago	Unidad de pago
02.02.01 Preparación de Terreno en Zona de Relleno, involucrando Suelo Existente	m3
02.02.02 Relleno con Material Propio	m3

02.03.0. CONFORMACION Y ACOMODO DE DME (DEPOSITOS DE MATERIAL EXCEDENTE).

Descripción

Este trabajo consiste en colocación ordenada y compactada del material excedente de la excavación ó cortes. Los lugares de depósito de desechos se elegirán y construirán según lo dispuesto en el acápite 3.6 del Manual Ambiental de Diseño y Construcción de Vías del MTC.

Método De Construcción

Antes de colocar los materiales excedentes, se deberá retirar la capa orgánica del suelo hasta que se encuentre una capa que permita soportar el sobrepeso

inducido por el depósito, con el fin de evitar asentamientos que pondrían en peligro la estabilidad del lugar de disposición. El material vegetal removido se colocará en sitios adecuados de tal manera que se permita su posterior uso para las obras de restauración de la zona. La excavación, si se realiza en laderas, debe ser escalonada, de tal manera que disminuya las posibilidades de falla del relleno por el contacto.

Antes del uso de las áreas destinadas a depósito de desechos, se efectuará un levantamiento topográfico de cada una de ellas, definiendo su área y capacidad. Así mismo, se deberá efectuar otro levantamiento topográfico después de haber sido concluidos los trabajos en los depósitos para verificación y contraste de las condiciones iniciales y finales de los trabajos. Los planos topográficos finales deberán incluir información sobre los volúmenes depositados, ubicación de muros, drenaje instalado y tipo de vegetación utilizada.

No deberá colocarse los materiales sobrantes sobre el lecho de los ríos ni en quebradas, ni tampoco a una distancia menor de 30 m a cada lado de las orillas de los mismos. Se debe evitar la contaminación de cualquier fuente y corriente de agua por los materiales excedentes

Método De Medición

La medida para el pago por la conformación y la compactación de las zonas de depósito de materiales será el volumen compactado, en metros cúbicos, con aproximación al décimo de metro cúbico, de la zona de depósito conformada a satisfacción del Supervisor. Los volúmenes se calcularán por el método del promedio de las áreas. Las áreas para la medida estarán comprendidas dentro de las líneas teóricas finales proyectadas para la zona de depósito y los diques de roca y las cotas de fundación aprobadas por el Supervisor, una vez ejecutado el retiro del material inadecuado.

Base De Pago

El pago correspondiente a la ejecución de estas partidas se hará de acuerdo con los precios unitarios del Contrato y constituirá la compensación completa por los costos del equipo, personal, materiales e imprevistos para la ejecución de esta partida, por lo tanto, este precio incluirá todos los costos requeridos para cargar y descargar, regar y compactar los materiales en las zonas de depósito; mantener las superficies y evitar los daños por erosión; construir y mantener las vías industriales de acceso a la zona de depósito; terminar y arreglar las superficies y taludes, incluyéndose además la construcción de muros, geotextiles, obras de drenajes y otros que puedan requerirse para ejecutar la partida.

03.00.0. AFIRMADOS.

03.01.0. EXPLOTACION DE MATERIALES Y ELABORACION DE AGREGADOS

03.01.01. EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE CANTERA

03.01.02. EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE RIO

03.01.03. PREPARACION DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO

IT. 03.01.01.
IT. 03.01.02.
IT. 03.01.03.

Afirmado.

Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo o chancado, con un índice de plasticidad hasta 9; excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica y aprobación del Supervisor. El espesor de la capa se ha definido en función al Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito. Se utiliza en los caminos de bajo volumen de tránsito, clases T1, con IMD proyectado menor a 50 vehículos día.

Las consideraciones ambientales están referidas a la protección del medio ambiente durante el suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales de afirmado.

Esta partida comprende las siguientes actividades:

- extracción y preparación, zarandeo y apilamiento del material en cantera;
- extendido, conformación de la superficie, riego y compactación de los materiales de afirmado sobre la subrasante;

Materiales

Los agregados para la construcción del afirmado deberán ajustarse a la franja granulométrica correspondiente al tipo de afirmado arriba indicado:

Tabla 301-01

Granulometría para afirmados

Tamiz	PORCENTAJE QUE PASA					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	-				
37,5 mm (1 1/2")	100	-				
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (3/4")	65-100	80-100				

9,5 mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4,75 mm (N° 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (N° 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 um (N° 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 um (N° 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Para el caso del porcentaje que pasa el tamiz 75 um (Nº 200), se tendrá en cuenta las condiciones ambientales locales (temperatura y lluvia), especialmente para prevenir el daño por la acción de las heladas, en este caso será necesario tener porcentajes más bajos al porcentaje especificado que pasa el tamiz 75 um (Nº 200), por lo que en caso no lo determine el Proyecto, el Supervisor deberá fijar y aprobar los porcentajes apropiados

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles : 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido : 35% máx. (MTC E 110)
- CBR (1) : 40% mín. (MTC E 132)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm).

Para la construcción del afirmado, los materiales deberán corresponder a agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras; aprobados por el Supervisor o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas, o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus requerimientos de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material.

Los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales y los requisitos granulométricos se presentan en esta especificación.

Para el traslado del material al lugar de obra para conformar las capas de afirmado, se deberá humedecer adecuadamente los materiales y cubrirlos con una lona para evitar emisiones de material particulado, que afecte a los trabajadores y poblaciones aledañas de males alérgicos, respiratorios y oculares.

Los montículos de material almacenados temporalmente en las canteras y plantas se cubrirán con plásticos impermeables, para evitar el arrastre de partículas a la atmósfera y a cuerpos de agua cercanos y para protegerlos de excesiva humedad cuando llueve.

Equipo

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y la especificación correspondiente a esta partida de trabajo.

El equipo será el más adecuado y apropiado para la explotación de los materiales,

su clasificación, trituración de ser requerido, lavado de ser necesario, equipo de carga, descarga, transporte, extendido, mezcla, homogeneización, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

Requerimientos de Construcción

(a) Explotación de materiales y elaboración de agregados

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Supervisor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Se deberá evaluar las canteras establecidas, el volumen total a extraer de cada cantera, asimismo estimar la superficie que será explotada y proceder al estacado de los límites, para solicitar la respectiva licencia de explotación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán efectuar en el sitio de explotación o elaboración, distinta a la vía; salvo aprobación del Supervisor.

Luego de la explotación de canteras, se deberá readecuar de acuerdo a la morfología de la zona, ya sea con cobertura vegetal o con otras obras para recuperar las características de la zona antes de su uso, siguiendo las disposiciones de la Sección 6.02.

Los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras, el Contratista remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

En los casos que el material proceda de lechos de río, el contratista deberá contar previamente al inicio de su explotación con los permisos respectivos. Así también, el material superficial removido debe ser almacenado para ser reutilizado posteriormente para la readecuación del área de préstamo. La explotación del material se realizará fuera del nivel del agua y sobre las playas del lecho, para evitar la remoción de material que generaría aumento en la turbiedad del agua.

La explotación de los materiales de río debe localizarse aguas abajo de los puentes y de captaciones para acueductos, considerando todo el detalle descrito en el Plan de Manejo Ambiental.

Si la explotación es dentro del cauce de río, esta no debe tener más de un 1.5 metros de profundidad, evitando hondonadas y cambios morfológicos del río. Esta

labor debe realizarse en los sectores de playa más anchas utilizando toda la extensión de la misma. Paralelamente, se debe ir protegiendo las márgenes del río, a fin de evitar desbordes en épocas de creciente.

Al concluir con la explotación de las canteras de río se debe efectuar la recomposición total del área afectada, no debiendo quedar hondonadas, que produzcan empozamientos del agua y por ende la creación de un medio que facilite la aparición de enfermedades transmisibles, ó que en épocas de crecidas pueda ocasionar fuertes desviaciones de la corriente y crear erosión lateral de los taludes del cauce.

Se deberán establecer controles para la protección de taludes y humedecer el área de operación o patio de carga a fin de evitar la emisión de material particulado durante la explotación de materiales. Se aprovecharán los materiales de corte, si la calidad del material lo permite, para realizar rellenos o como fuentes de materiales constructivos.

Esto evitará la necesidad de explotar nuevas canteras y permitirá disminuir los costos ambientales.

Los desechos de los cortes no podrán ser dispuestos a media ladera, salvo previa autorización de la comunidad y autoridades locales y aprobación del Supervisor, ni arrojados a los cursos de agua. Deberán ser colocados en el lugar de disposición de materiales excedentes o reutilizados para la readecuación de la zona afectada.

Para mantener la estabilidad del macizo rocoso y salvaguardar la integridad física de las personas no se permitirán alturas de taludes superiores a los diez (10) metros sin escalonamientos.

Se debe presentar un registro de control, de las cantidades extraídas de la cantera, al Supervisor, para evitar la sobreexplotación. La extracción por sobre las cantidades máximas de explotación se realizará únicamente con la autorización del Supervisor.

El material no seleccionado para el empleo en la construcción del camino, deberá ser apilado convenientemente a fin de ser utilizado posteriormente en el nivelado del área que lo requiera, según sea aprobado por el Supervisor.

La excavación se ejecutará mediante el empleo de equipos mecánicos, tractor de orugas y cargador frontal o similar, los cuales efectuarán los trabajos de extracción y acopio necesario, debiendo emplearse explosivos en la remoción rocas, si el caso así lo requiere.

Previo al inicio de las actividades de excavación, el Contratista verificará las recomendaciones establecidas con relación a la estabilidad de taludes de corte. Se deberá realizar la excavación de tal manera que no se produzcan deslizamientos inesperados, identificando el área de trabajo y verificando que no haya personas o construcciones cerca.

Zarandeo: De existir diferencia entre la Granulometría del material de cantera y la

Granulometría indicada en las especificaciones técnicas para material de afirmado, se precederá a tamizar el material, utilizando para ello zarandas metálicas de abertura máxima 2".

Apilamiento: Una vez zarandeado el material, este será acumulado en un área adecuada que permita las operaciones de carguío sobre los volquetes, para ser transportado a la obra.

(b) Tramos de prueba

Antes de iniciar los trabajos, el Contratista emprenderá una fase de ejecución de tramos de prueba para verificar el estado y comportamiento de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de los materiales, de manera que se cumplan los requisitos de la especificación.

Para tal efecto, construirá uno o varios tramos de prueba de ancho y longitud, en zonas definidas de común acuerdo con el Supervisor y en ellas se probará el equipo y el plan de compactación.

El Supervisor tomará muestras de la capa en cada caso y las ensayará para determinar su conformidad con las condiciones especificadas de densidad, granulometría y demás requisitos.

En el caso de que los ensayos indiquen que el afirmado no se ajusta a dichas condiciones, el Contratista deberá efectuar inmediatamente las correcciones requeridas a los sistemas de preparación, extensión y compactación, hasta que ellos resulten satisfactorios, debiendo repetirse los tramos de prueba cuantas veces sea necesario. Sí el tramo de prueba defectuoso ha sido efectuado sobre un sector del camino proyectado, todo el material colocado será totalmente removido y transportado al lugar autorizado de disposición final de materiales excedentes, a costo del Contratista.

(c) Acopio de los materiales

Los agregados para afirmados se deberán acopiar cubriéndolos con plásticos o con una lona para evitar que el material particulado sea dispersado por el viento y contamine la atmósfera, la agricultura y cuerpos de agua cercanos. Además de evitar que el material se contamine con otros materiales o sufra alteraciones por factores climáticos o sufran daños o transformaciones perjudiciales. Cada agregado diferente deberá acopiarse por separado, para evitar cambios en su granulometría original. Los últimos quince centímetros (15 cm) de cada acopio que se encuentren en contacto con la superficie natural del terreno no deberán ser utilizados, a menos que se hayan colocado sobre éste lonas que prevengan la contaminación del material de acopio.

(d) Preparación de la superficie existente

El material para el afirmado se descargará cuando se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva deberán ser corregidas.

(e) Extensión, mezcla y conformación del material

El material se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. Si es necesario construir combinando varios materiales, se mezclarán formando cordones separados para cada material en la vía, que luego se unirán para lograr su mezclado. Si fuere necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad de compactación, el Contratista empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material. Después de mezclado, se extenderá en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

Durante esta actividad se tomará las medidas durante la extensión, mezcla y conformación del material, evitando los derrames de material que pudieran contaminar fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar.

(g) Compactación

Cuando el material tenga la humedad apropiada, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad especificada. En áreas inaccesibles a los rodillos, se usarán apisonadores mecánicos hasta lograr la densidad requerida con el equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades que se alcancen, no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de un tercio (1/3) del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

No se extenderá ninguna capa de material, mientras no se haya realizado la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente o en instantes en que haya lluvia.

En esta actividad se tomarán los cuidados necesarios para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación. Los residuos generados por esta y las dos actividades mencionadas anteriormente, deben ser colocados en lugares de disposición de desechos adecuados especialmente para este tipo de residuos, según se indica en la Sección 6.01.

(h) Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no fuere posible, el tránsito que necesariamente tenga que pasar sobre ellas se distribuirá en forma tal que no se concentren huellas de rodaduras en la superficie.

(i) Aceptación de los trabajos

(i.1) Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar la implementación para cada fase de los trabajos concerniente con el mantenimiento del tránsito.
- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.
- Comprobar que los materiales cumplan con los requisitos de calidad exigidos en la Subsección 3.02.02 de las presentes especificaciones.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de los tramos de prueba del afirmado.
- Ejecutar ensayos de compactación.
- Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas extra dimensionales, siempre que ello sea necesario.
- Este control se realizará en el espesor de capa realmente construido de acuerdo con el proceso constructivo a ser aplicado.
- Tomar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.
- Vigilar la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en esta sección para la ejecución de obras de afirmado.

(i.2) Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras con las frecuencias que se indican en la Tabla 3.02-2.

Los resultados deberán satisfacer las exigencias indicadas en la Subsección 3.02.02 de esta especificación.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Tabla 301-2

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de Ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Afirmado	Granulometría	MTC E 204	C 136	T27	1 cada 750 m3	Cantera (2)
	Límite de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 750 m3	Cantera (2)
	Abrasión los Ángeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 2000 m3	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T193	1 cada 2000 m3	Cantera (2)
	Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 cada 750 m3	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T191 T238	1 cada 250 m3	Pista

(1) O antes, sí por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico – mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada Propiedad y/o Característica.

(i.3) Condiciones específicas para el recibo y tolerancias.

Todos los ensayos y mediciones requeridos para el recibo de los trabajos especificados, estarán a cargo del Supervisor.

Aquellas áreas donde los defectos de calidad y las irregularidades excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el Contratista, a su costo, hasta cumplir lo especificado.

(i.4) Calidad del producto terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las dimensiones, rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no será inferior a la señalada en los planos. El Supervisor, además, deberá efectuar las siguientes comprobaciones:

(1) Compactación

Para las determinaciones de la densidad de la capa compactada se realizará como mínimo 1 prueba de densidad cada 250 m2, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 3.02-2 y en caso de sub tramos con áreas menores a 1 500 m2 se deberá realizar un mínimo de seis (6) pruebas de densidad. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar.

Las densidades individuales (Di) deben ser, como mínimo el cien por ciento (100%) de la obtenida en el ensayo Próctor modificado de referencia (MTC E 115).

$$Di \geq De$$

La humedad de trabajo no debe variar en ± 2.0 % respecto del Optimo Contenido de Humedad obtenido con el Próctor modificado. En caso de no cumplirse estos términos se rechazará el tramo.

Siempre que sea necesario se efectuarán las correcciones por presencia de partículas gruesas, previamente al cálculo de los porcentajes de compactación.

La densidad de las capas compactadas podrá ser determinada por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo MTC E 117, MTC E 124.

(2) Espesor

Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada (em), el cual no podrá ser inferior al de diseño (ed).

$$em \geq ed$$

Además el valor obtenido en cada determinación individual (ei) deberá ser, cuando menos, igual al noventa y cinco por ciento (95 %) del espesor del diseño, so pena del rechazo del tramo controlado.

$$ei \geq 0.95ed$$

Todas las áreas de afirmado donde los defectos de calidad y terminación sobrepasen las tolerancias de la presente especificación, deberán ser corregidas por el Contratista, a su costo, hasta cumplir lo especificado.

Medición

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material o mezcla suministrado, colocado y compactado, aprobado por el Supervisor, de acuerdo con lo que exijan las presentes especificaciones y las dimensiones que se indican en el Proyecto.

El volumen se determinará por el sistema promedio de áreas extremas, utilizando las secciones transversales y la longitud real, medida a lo largo del eje del proyecto.

No se medirán cantidades en exceso de las especificadas, ni fuera de las dimensiones de los planos y del Proyecto, especialmente cuando ellas se produzcan por sobre excavaciones de la subrasante; por parte del Contratista.

Pago

El pago se hará por metro cúbico al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con las presentes especificaciones y aceptada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de permisos ambientales para la explotación de los suelos y agregados; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos de explotación, selección, trituración, lavado, transportes dentro de las zonas de producción, almacenamiento, clasificación, desperdicios, mezcla, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados; y los de extracción, bombeo, transporte y distribución del agua requerida.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de ejecución de los tramos de

prueba y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de la capa respectiva.

Partida de Pago	Unidad de Pago
03.01.04. Extracción Y Selección De Material De Cantera **03.01.05. Extracción Y Selección De Material De Rio** **03.01.06. Preparación De Material Granular Para Afirmado**	Metro cúbico (M3)

03.02.0. PREPARACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE

03.02.01. PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE

Descripción:

Se define esta partida como el escarificado, batido, extendido y compactación de la capa final de la explanación obtenida por corte (material existente) o relleno transportado en concordancia a los perfiles y secciones topográficas que indiquen los planos respectivos.

Sobre esta superficie debidamente preparada se construirá las capas del pavimento, por lo que es necesario el escarificado con las uñas de motoniveladoras, para luego iniciar una secuencia de uniformización del material mediante batido, luego será extendido y compactado hasta el nivel que indiquen las cotas referenciadas en estacas laterales. Dicha densificación se ejecutará hasta obtener como mínimo el 95% MDS del ensayo Proctor Modificado.

Requisitos Técnicos:

Los requerimientos técnicos de la capa de sub-rasante serán:

- Tamaño máximo nominal = 3” (material transportado de cantera).
- % de compactación = 95% MDS mínimo.
- Tolerancia en la nivelación = +/– 2cm.

Asimismo, es indispensable que el Supervisor o Inspector de la obra otorgue la conformidad técnica de la capa de sub-rasante mediante formularios propios de obra, de tal forma que pueda darse inicio a la construcción de la siguiente capa del pavimento.

Cuando se detecten alteraciones en la naturaleza de los materiales, se deberá analizar y re-calcular sus propiedades físico–mecánicas, para establecer su adecuación con las especificaciones técnicas vigentes.

Método de Medición:

Esta partida se medirá por Metro Cuadrado (M2) en su posición final compactada, para la conformación de la Sub-Rasante. Todo esto, autorizado y aprobado por el Supervisor o Inspector de la obra.

Forma de Pago:

El área de Sub-Rasante conformado y aprobado por el Supervisor o Inspector de la obra será pagado al precio unitario del presupuesto, por Metro Cuadrado (M2), de conformidad con la planimetría del proyecto; constituyendo el pago efectuado una compensación total por la mano de obra, equipo, herramientas, imprevistos y cualquier otro insumo empleado en esta partida.

03.02.02. COMFORMACION Y COMPACTADO DE LA CAPA DE AFIRMADO.

Descripción.

Este trabajo consiste en la construcción de la capa de afirmado, para el cual se puede obtener de manera natural o con la utilización de materiales ligantes, debidamente aprobados. Incluye el suministro, transporte, colocación y compactación de material de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto y aprobados por el supervisor, y teniendo en cuenta lo establecido en el plan de manejo ambiental. Incluye asi mismo el aprovisamiento de los estabilizadores.

Materiales

El material para la capa de afirmado debe estar libre de material vegetal, terrones u otro material de calidad indeseable, debiendo cumplir en general con los requisitos siguientes:

Características físicas mecánicas Base	
- Limite Líquido	Máximo 25%
- Índice Plástico	Máximo 6%
- Abrasión	Máximo 50%
- Durabilidad	Máximo 15%
- Capacidad de Soporte (CBR)	Mínimo 40%
- Sales Solubles Totales	Máximo 1%
- Porcentaje de Compactación (Proctor Modificado ó T-180)	Mínimo 100%

- Variación del contenido

Optimo de humedad ± 1.5%

Graduación

El material de base granular será bien graduado y cumplirá con alguna de las fajas granulométricas establecidas en el cuadro siguiente

Tamiz		Porcentaje en peso del material que pasa los tamices indicados					
		A	B	C	D	E	F
Pulg.	Mm						
2	50.0	100	100	----	----	----	----
1	25.0	----	75 – 95	100	100	100	100
3/8	9.5	30 – 65	40 – 75	50 - 85	60 – 100	----	----
N° 4	4.75	25 – 55	30 – 60	35 - 65	50 – 85	55 - 100	70 - 100
N° 10	2.00	15 – 40	20 – 45	25 - 50	40 – 70	40 - 100	55 - 100
N° 40	0.425	8 – 20	15 – 30	15 - 30	25 – 45	20 – 50	30 - 70
N° 200	0.075	2 – 8	5 – 20	5 - 15	5 – 20	6 – 20	8 - 25

La porción de material retenido en el tamiz N° 4 será llamada fracción gruesa y la porción que pasa el tamiz N° 4 será llamada fracción fina.

Colocación y Extendido

El material de sub base zarandeado, mezclado y batido, será colocado sobre la subrasante, la superficie debidamente preparada y compactado en capas del espesor indicado en los planos o por el Supervisor. El esparcido se realizará con motoniveladora u otro equipo aplicable en capas uniformes evitando la segregación del material, con un espesor suelto tal que después de ser compactada tenga el espesor requerido.

Compactación

Inmediatamente después de terminada la distribución y emparejamiento del material, cada capa de éste deberá compactarse en su ancho total por medio de rodillos lisos vibratorios de 7 toneladas de peso mínimo. Dicho rodillado deberá progresar gradualmente desde los costados hacia el centro, en sentido paralelo al eje del camino y deberá continuar así hasta que toda la superficie haya recibido este tratamiento.

Cualquier irregularidad o depresión que surja durante la compactación, deberá corregirse aflojando el material y agregando ó quitando material hasta que la superficie resulte pareja y uniforme. El material será tratado con motoniveladora y rodillo hasta que se haya obtenido una superficie lisa y pareja. En las curvas, muros u otros sitios no accesibles al rodillo, la compactación se realizará

empleando apisonadoras mecánicos.

Durante la ejecución, el Supervisor realizará ensayos de control de densidad, de acuerdo al Método Proctor Modificado ó Método T-180, efectuando un (01) ensayo cada 250 m por capa de material colocado, debiéndose comprobar que la densidad resulta igual ó superior al 100% de la densidad máxima determinada en el laboratorio; caso contrario, el Contratista deberá completar con el rodillado o apisonado adicional en la cantidad necesaria para obtener la densidad especificada.

Exigencias del Espesor

El espesor de la sub-base terminada no deberá diferir en $\pm$ 1 cm de lo indicado en los planos. Las mediciones deberán hacerse por medio de perforaciones de agujeros u otros métodos aprobados. Cualquier zona que se desvíe de la tolerancia admitida, deberá corregirse removiendo o agregando material según sea necesario, conformando y compactando luego dicha zona en la forma especificada. Las perforaciones de agujeros para determinar el espesor de la base y la operación de rellenado con materiales adecuadamente compactos, deberá efectuarse por parte del Contratista bajo control del Supervisor.

Método de Medición

La cantidad de trabajo de esta partida será medido en METROS CUADRADOS (M2), medidos en el terreno.

Bases de Pago

El volumen de sub-base granular, será pagado al precio unitario del contrato por metro cuadrado (m2) de pavimento. Dicho precio constituirá compensación completa por mezclado, batido, colocado, esparcido, riego, nivelación, perfilado y compactación; y por toda mano de obra, equipos, herramientas y en general por todos los costos necesarios para ejecutar esta partida. Tanto el mezclado como el batido de los materiales, se efectuará al pie de las canteras. No habrá medida ni pago para trabajos ejecutados fuera de los límites señalados en la presente especificación u otro efectuado por el Contratista por error o por conveniencia para la operación de los equipos.

04.00.0. TRANSPORTES.

04.01.0. TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR

04.01.01. TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE PREPARACION HASTA 1 KM.

04.01.02. TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE PREPARACION > 1 KM.

04.01.03. TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1 KM.

04.01.04. TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR > 1 KM.

04.02.0. TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE.

04.02.01. TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A BOTADERO DISTANCIA HASTA 1 KM.

04.02.02. TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A BOTADERO DISTANCIA HASTA >1 KM.

IDEM (ITM 04.01, ITM 04.02, ITM 04.03)

Descripción

Bajo estas partidas se considera el material en general que requieren ser transportados de un lugar a otro de la obra.

Clasificación

El transporte se clasifica según el material transportado, y destino puede ser:

- Proveniente de excedentes de corte a depósitos de deshechos.
- Escombros a ser depositados en los lugares de Depósitos de Desechos.
- Excedentes de corte transportados para uso en terraplenes y pedraplenes, como préstamo propio.
- Material de derrumbes a transportar a depósito de desechos o selectivamente para cimentaciones en estructuras y otros.
- Material de canteras para terraplenes, over y pedraplenes; y/o plantas para preparación de sub-base, base y agregado para la bicapa.

Materiales

Los materiales a transportarse son:

(a) Materiales provenientes de la excavación de la explanación

Hacen parte de este grupo los materiales provenientes de excedentes autorizados por el Supervisor.

Incluye, también, los materiales excedentes de la remoción de la capa vegetal y otros materiales blandos, orgánicos y objetables, provenientes de las áreas en donde se vayan a realizar las excavaciones de la explanación, terraplenes y pedraplenes transportados, hasta su disposición final.

(b) Escombros

Este material corresponde a los escombros de demolición de edificaciones, de

pavimentos, estructuras, elementos de drenaje y cualquier otro que no vayan a ser utilizados en la obra. Estos materiales deben ser trasladados y dispuestos en los Depósitos de Deshecho indicados en el Proyecto o autorizados por el Supervisor.

(c) Excedentes de Corte a utilizarse como préstamo propio

Este material será transportado entre progresivas a lo largo del camino

(d) Materiales provenientes de derrumbes

Hacen parte de este grupo los materiales provenientes del desplazamiento de taludes o del terreno natural, depositados sobre una vía existente o en construcción.

(e) Materiales provenientes de Canteras

Se refiere al transporte de materiales de canteras procesadas o mezclados que son destinados a formar parte de la estructura del pavimento, natural o procesada en planta.

Equipo

Los vehículos para el transporte de materiales estarán sujetos a la aprobación del Supervisor y deberán ser suficientes para garantizar el cumplimiento de las exigencias de esta especificación y del programa de trabajo. Deberán estar provistos de los elementos necesarios para evitar contaminación o cualquier alteración perjudicial del material transportado y su caída sobre las vías empleadas para el transporte.

Todos los vehículos para el transporte de materiales deberán cumplir con las disposiciones legales referentes al control de la contaminación ambiental.

Ningún vehículo de los utilizados por el Contratista podrá exceder las dimensiones y las cargas admisibles por eje y totales fijadas en el Reglamento de Pesos y Dimensión Vehicular para Circulación en la Red Vial Nacional (D.S. 013-98-MTC).

Cada vehículo deberá, mediante un letrero visible, indicar su capacidad máxima, la cual no deberá sobrepasarse.

Los vehículos encargados del transporte deberán en lo posible evitar circular por zonas urbanas. Además, debe reglamentarse su velocidad, a fin de disminuir las emisiones de polvo al transitar por vías no pavimentadas y disminuir igualmente los riesgos de accidentalidad y de atropellamiento.

Todos los vehículos, necesariamente tendrán que humedecer su carga (sea piedras o tierra, arena, etc.) y demás, cubrir la carga transportada para evitar la dispersión de la misma. La cobertura deberá ser de un material resistente para evitar que se rompa o se rasgue y deberá estar sujeta a las paredes exteriores del contenedor o tolva, en forma tal que caiga sobre el mismo por lo menos 30 cm a partir del borde superior del contenedor

o tolva.

Todos los vehículos deberán tener incorporado a su carrocería, los contenedores o tolvas apropiados, a fin de que la carga depositada en ellos quede contenida en su totalidad en forma tal que se evite el derrame, pérdida del material húmedo durante el transporte. Esta tolva deberá estar constituida por una estructura continua que en su contorno no contenga roturas, perforaciones, ranuras o espacios, así también, deben estar en buen estado de mantenimiento.

El equipo de construcción y maquinaria pesada deberá operarse de tal manera que se evite deterioro de suelos, vegetación y cursos de agua. De otro lado, cada vehículo deberá, mediante un letrero visible, indicar su capacidad máxima, la cual no deberá sobrepasarse.

El mantenimiento de los vehículos debe considerar la perfecta combustión de los motores, el ajuste de los componentes mecánicos, balanceo, y calibración de llantas.

El lavado de los vehículos deberá efectuarse, lejos de las zonas urbanas y de los cursos de agua.
Los equipos pesados para la carga y descarga deberán tener alarmas acústicas y ópticas, para operaciones en reverso en las cabinas de operación, no deberán viajar ni permanecer personas diferentes al operador.

Se prohíbe la permanencia de personal en la parte inferior de las cargas suspendidas.

Requerimientos de Trabajo

La actividad de la presente especificación implica solamente el transporte de los materiales a los sitios de utilización o desecho, según corresponda, de acuerdo con el proyecto y las aprobaciones del Supervisor, quien aprobará también el recorrido más conveniente y seguro para efectos de medida del trabajo realizado.

Aceptación de los trabajos

Los trabajos serán recibidos con la aprobación del Supervisor considerando:

(a) Controles

(1) Verificar el estado y funcionamiento de los vehículos de transporte.

(2) Comprobar que las ruedas del equipo de transporte que circule sobre las diferentes capas granulares se mantengan limpias.

(3) Exigir al Contratista la limpieza de la superficie en caso de contaminación atribuible a la circulación de los vehículos empleados para el transporte de los materiales. Si la limpieza no fuere suficiente, el Contratista deberá remover la capa correspondiente y reconstruirla de acuerdo con la respectiva especificación, a su costo.

(4) Determinar la ruta para el transporte al sitio de utilización o desecho de los materiales, siguiendo el recorrido más corto y seguro posible.

(b) Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

El Supervisor sólo medirá el transporte de materiales autorizados de acuerdo con esta especificación, los planos del proyecto y sus aprobaciones. Si el Contratista utiliza para el transporte una ruta diferente y más larga que la aprobada por el Supervisor, éste solamente computará la distancia más conveniente que se haya aprobado previamente.

Medición

Las unidades de medida para el transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes, serán las siguientes:

La unidad de pago de esta partida será el metro cúbico - kilómetro (m3 - km) trasladado, o sea, el volumen en su posición final de colocación, por la distancia real de transporte. El contratista debe considerar en los precios unitarios de su oferta los esponjamientos y las contracciones de los materiales, diferenciando los volúmenes correspondientes a distancias menores a 1 Km. y distancias mayores a 1 Km.

A continuación se precisa los métodos de cómputo según el origen del material a transportar:

Material procedente del Corte de la plataforma o de las demoliciones a su posición final

Se pagará el transporte desde el Centro de Gravedad del corte (determinado en el campo y aprobado por la Supervisión), desde el kilómetro entre las Progresivas i - j descontando los volúmenes propios (compensados dentro de los 120 m.) y la distancia de acarreo libre (120 m.), hasta el centro de gravedad correspondiente de la disposición final del material que pueden ser terraplenes o depósitos de desechos, aprobado por la Supervisión.

Depósito de Desechos

$T = Vi - j \times (c+d)$

Donde:

T : Transporte a pagar (m^3 -km)

Vi – j : Volumen de "Corte de material granular de la plataforma" en su posición inicial, entre Progresivas i-j. (m^3), descontando los volúmenes propios. Materiales a transportar corresponden a los indicados en las especificaciones

C: Distancia desde el centro de Gravedad del depósito de desechos al camino (km)

D: Distancia desde la salida del depósito de desechos hasta el centro de Gravedad entre Progresivas i - j.(km)

Cuando el material es dispuesto para terraplenes sobre el prisma del camino el valor de c, es cero (0).

Materiales procedentes de derrumbes

Se aplica el mismo criterio que el especificado en el subtitulo de Clasificación de Transporte de Materiales.

Materiales a transportar corresponden a los indicados en el subtitulo de Materiales ítem b

Material procedente de Cantera

Se considera el transporte del material desde el Centro de Gravedad de la cantera hasta el Centro de Gravedad del km en su posición final compactado, descontando la distancia libre de transporte (120 m). Los materiales a transportar corresponden a los indicados en la especificación.

Pago

El pago de las cantidades de transporte de materiales determinados en la forma indicada anteriormente, se hará al precio unitario pactado en el contrato, por unidad de medida, conforme a lo establecido en este capítulo y a las instrucciones del Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de mano de obra, equipo, herramientas, acarreo y, en general, todo costo relacionado para ejecutar correctamente los trabajos aquí contemplados y lo indicado en las especificaciones. El precio unitario no incluirá los costos por concepto de la carga, descarga, tiempos muertos y disposición del material, los cuales se encuentran incluidos en los precios unitarios de los ítems correspondientes.

Partida de Pago	*Unidad de Pago*
ITM 04.01.01	Metro cúbico-kilómetro (m^3 -Km)
ITM 04.01.02	Metro cúbico-kilómetro (m^3 -km)
ITM 04.01.03	Metro cúbico-kilómetro (m^3 -Km)
ITM 04.01.04	Metro cúbico-kilómetro (m^3 -km)
ITM 04.02.01	Metro cúbico-kilómetro (m3 -Km)
ITM 04.02.02	Metro cúbico-kilómetro (m3 -km)
ITM 04.03.01	Metro cúbico-kilómetro (m3 -km)
ITM 04.03.02	Metro cúbico-kilómetro (m3 -km)

05.00.0. DRENAJE.

05.03.0. CUNETAS DE TIERRA.

05.03.01. CONFORMACION DE CUNETA DE TIERRA.

Descripción

Consistirá en la excavación y conformación de las cunetas, de acuerdo a los alineamientos, pendientes y secciones indicadas en los planos de la obra.

Método De Construcción

La construcción de cunetas se efectuará con motoniveladora u otro equipo aplicable aprobado por el supervisor. El refine se ejecutará con mano de obra

Método De Medición

Se medirá en metros lineales (ml) de acuerdo a lo indicado en los planos de la obra.

Base De Pago

Se pagará al precio unitario del contrato, conforme lo descrito en el Método de Medición. Dicho precio y pago constituirá compensación completa por la mano de obra, equipos y herramientas, necesarios para la correcta ejecución de la partida. La partida incluye la eliminación del material dentro de la distancia libre de transporte (120 m).

05.03.02. JUNTA ASFÁLTICA LONGITUDINAL.

DESCRIPCIÓN

Su finalidad principal es disminuir los esfuerzos de compresión en los pavimentos de concreto, dejando un espacio entre las losas para permitir su libre movimiento cuando, por aumento de temperatura, tiende a expandirse.

MÉTODO DE EJECUCIÓN

Las juntas de dilatación podrán ser de tipo a superficies llanas o bien de tipo a encaje para asegurar la transmisión de las tensiones.

Las dos superficies opuestas que componen las juntas tienen que ser completamente separadas.

El Residente ejecutará el vaciado de la segunda superficie sólo cuando el vaciado de la primera haya completado su fraguado colocando sobre la primera un pedazo de plancha de tecknopor, la mezcla de asfalto y arena u otro producto similar aprobado y según las instrucciones del Supervisor se colocará una vez terminado los trabajos de concreto.

La junta deberá tener un ancho máximo de 1” para permitir la expansión y debe ser llenado con bitumen hasta los 2 /3 del espesor de la losa, el resto deberá ser llenado con tecknopor.

MÉTODO DE MEDIDA

La unidad de pago considerada será por METRO LINEAL (M) de junta colocada.

BASES DE PAGO

Los trabajos comprendidos en esta partida serán pagados a precios unitarios por ML con cargo a la partida “JUNTAS DE ASFÁLTICAS”, cuyo precio y pago constituye toda la mano de obra, herramientas, equipos e imprevistos necesarios para completar el trabajo.

06.00.0. OBRAS COMPLEMENTARIAS.

06.01.0. MUROS DE CONTENCION.

06.01.01. TRAZO NIVEES Y REPLANTEO.

IDEM (ITM) 05.04.01

06.01.02. EXCAVACION PARA EXTRUCTURAS.

Descripción

Se refiere al corte abierto que será ejecutado en el lugar donde serán colocadas las estructuras, serán ejecutadas manualmente y/o en caso sea posible la utilización

de material explosivo que nos permita el refine, trazos y colocación de materiales para la normal ejecución de las partidas, teniendo siempre en cuenta no afectar la propiedad de terceros.

Método de Construcción

Según la naturaleza del terreno, en algunos casos, puede ser necesario la utilización de material explosivo para alcanzar el refine y los niveles de excavación, teniendo en cuenta de que en este proyecto se está considerando un 60% de material de bolonería y/o roca fija y un 40% de material suelto.

Como condición preliminar, todo el sitio de la excavación en corte abierto será primero nivelado hasta alcanzar una plataforma horizontal y con los niveles correspondientes según planos del proyecto.

a. Autorizada

Cuando los materiales encontrados, excavados a profundidades determinadas, no son las apropiadas tales como: terrenos sin compactar o terreno con material orgánico objetable, basura u otros materiales fangosos.

b. No Autorizada

Cuando el contratista por negligencia, ha excavado más allá y bajo las líneas y gradientes determinadas.

En ambos casos, el contratista está obligado a llenar todo el espacio de la sobre excavación con concreto ciclópeo 1:12 como mínimo, o, en su defecto, con hormigón, tal como sea ordenado por el Supervisor o Inspector.

Forma de Pago y forma de medición

El pago se realizará tomando como base el metrado del expediente (M3) trabajados por el precio unitario de esta partida.

El pago constituye toda compensación por mano de obra, equipo, herramientas y materiales que demande la terminación de este ítem.

06.01.03. RELLENO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO.

Descripción

Esta partida consistirá de todo relleno relacionado con la construcción de Muros, Losa proyectada, obras de mampostería y protección y otras estructuras que no hubieran sido consideradas bajo otra partida; así como para reemplazar el material encontrado que resulte inconveniente debajo del nivel de fundación de las estructuras que se construirán donde indiquen los planos u ordene el supervisor.

Materiales.

El material empleado en el relleno será material de préstamo, proveniente de canteras aprobadas por el supervisor, teniendo en cuenta características indicada en el estudio de suelos realizado por el especialista.

Método De Construcción

Después que una estructura se ha completado, las áreas que rodean la fundación deben rellenarse con material aprobado en capas horizontales de 15 cm de espesor y compactadas hasta la densidad especificada para los terraplenes del camino. No se colocará relleno alguno contra los muros, hasta que el Supervisor de su aprobación.

En caso de rellenos previstos para ser colocados detrás de muros de concretos, no se ejecutarán antes de transcurridos los 21 días del vaciado de concreto o hasta que las pruebas hechas bajo el control del Supervisor demuestren que el concreto ha alcanzado suficiente resistencia para soportar las presiones del relleno. Se deberá prever el drenaje completo en forma adecuada.

Forma De Medición

El volumen a pagarse será el número de metros cúbicos medidos en su posición final de acuerdo a planos, del material seleccionado suministrado y colocado de acuerdo con las especificaciones de la obra u órdenes del Supervisor, con excepción del volumen que quede fuera de los planos verticales que limitan el pago de Excavación Manual para Estructuras.

Forma De Pago

El volumen medido en la forma descrita anteriormente, será pagado al precio unitario por metro cúbico (m3). Dicho precio y pago constituirá compensación completa por toda mano de obra, materiales, equipos y herramientas necesarios para completar la partida. El precio unitario incluye el transporte del material de relleno a utilizar.

06.01.04. COMPACTACION DE FONDOS DE CIMIENTOS.

Naturaleza o Descripción.

Se refiere a la nivelación con un compactador de todas las zonas donde se ubicarán la zapata.

Procedimiento o Método de Construcción.

Se usará material propio como relleno en las zonas donde estarán la estructura y se precederá con la nivelación la cual se realizara con un apisonado con compactador, este deberá efectuarse con una adecuada cantidad de agua para asegurar su mejor compactación.

Método de Medición.

El pago se realizará tomando como base el metrado del expediente (M2) trabajados por el precio unitario de esta partida.

Se medirá el área efectiva donde se vaciarán los falsos pisos, generalmente es la misma cantidad de m2 que el falso piso.

Forma de Pago

El pago se hará tomando como base el metrado del expediente (M2) por el precio Unitario de esta partida

06.01.05. SOLADO E= 4”

Constituye las Sub-bases para zapatas y otros elementos que lo requieran; serán hechos en concreto, mezcla 1:10 cemento - hormigón, con 0.10 m. de espesor.

Se deberá controlar los procesos de mezclado y vaciado, la calidad de los materiales y las pruebas de resistencia del concreto.

Se utilizará una mezcladora mecánica para los materiales y el vaciado se hará sobre terreno firme; solamente con la aprobación del Supervisor se podrá efectuar el batido manual.

Método De Medición

El método de medición será en metros cuadrados (m2) trabajados, aprobados por el Supervisor.

Forma De Pago

El trabajo será pagado al precio unitario de la partida SOLADOS C: H 1:12, e= 0.10 m., entendiéndose que dicho precio y pago será la compensación total de la mano de obra, equipos herramientas. Materiales e imprevistos necesarios para la culminación satisfactoria de los trabajos.

06.01.06. CONCRETO F’C= 210 KG/CM2

IDEM (ITM) 05.02.04.

06.01.07. ACERO FY=4200KG/CM2

IDEM (ITM) 05.02.06

06.01.08. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO

IDEM (ITM) 05.02.05.

06.01.09. TUBERIA DE PVC SAL 3” PARA LLORADORES

Descripción

Esta partida consistirá en el suministro y colocación de tubería PVC-SAP de diferentes diámetros, para drenaje en muros, losas, pontones y puentes, ubicados y con pendiente de acuerdo a los indicado en los planos de proyecto, ó según lo ordene el Supervisor.

Los segmentos de tubo se instalarán con una pendiente mínima de 1% para drenar las filtraciones del agua subterránea en los casos de muros o en la posición que se muestran en los planos para los tubos de desagües en los casos de losas de pontones.

Estos drenes serán instalados y asegurados en su posición correcta antes del colocado de material de relleno y vaciado de concreto, según corresponda, evitando el ingreso de materiales extraños en el interior de los ductos durante el encofrado, vaciado de concreto o relleno. El tipo de embone será espina – campana y utilizando pegamento para PVC.

Medición

Las tuberías de PVC – SAP serán medidas en metros lineales (m) en su posición final, de acuerdo a lo indicado en los planos y/o lo ordenado por el Supervisor. No se medirán los traslapes.

Forma de Pago

Se pagará de acuerdo a las unidades de medición.

Este precio y pago, constituye compensación total por el suministro, instalación, elementos de fijación, embones, pegamento y toda mano de obra, beneficios sociales, herramientas e imprevistos necesarios para completar el trabajo a entera satisfacción del Supervisor.

ITEM DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
06.01.10. TUBERIA DE PVC SAL 3" PARA LLORADORES	Metro (m)

07.00.0. SEÑALIZACIÓN

07.01.0. POSTES KILOMETRICOS.

Descripción

Son señales que informan a los conductores el kilometraje y la distancia al origen de vía. El Contratista realizará todos los trabajos necesarios para construir y colocar, en su lugar, los hitos kilométricos de concreto.

Los hitos kilométricos se colocarán a intervalos de un kilómetro; en lo posible, alternadamente, tanto a la derecha, como a la izquierda del camino, en el sentido del tránsito que circula desde el origen hasta el término de la Trocha Carrozable. Preferentemente, los kilómetros pares se colocarán a la derecha y los impares a la izquierda. Sin embargo, el criterio fundamental para su colocación será el de la seguridad de la señal.

Ejecución

Los Postes serán de concreto f´c = 140 Kg./cm2 + 30% PM, con fierro de construcción de 3/8" y estribos de diametro1/4" cada 0.15 m. Tendrán una altura total igual a 1.20 m, de la cual 0.70 m. irán sobre la superficie del terreno y 0.50 m. empotrados en la cimentación. La inscripción será en bajo relieve.

Se pintarán de blanco, con bandas negras de acuerdo al diseño con tres manos de pintura esmalte.

La cimentación de los hitos o Postes kilométricos será de concreto ciclópeo f´c = 140 Kg./cm2+30% de P.M., de acuerdo a las dimensiones indicadas en el plano respectivo.
Para encofrar los hitos El Contratista utilizará madera de buena calidad o formas metálicas a fin de obtener superficies lisas y libres de imperfecciones.

La secuencia constructiva será la siguiente:

- Preparación del molde y encofrado de acuerdo a las indicadas en los planos.
- Armado del acero de refuerzo.
- Vaciado del concreto.
- Inscripción en bajo relieve de 12 mm. de profundidad
- Desenfocado y acabado.
- Pintado con esmalte de cada uno de los postes con el fondo blanco y letras negras.
- Colocación.

Medición

El método de medición es por unidad, colocada y aceptada del Ingeniero Supervisor.

Pago

Los hitos medidos en la forma descrita anteriormente serán pagados al precio unitario del contrato, por unidad, para la partida **HITOS KILOMÉTRICOS,** entendiéndose que

dicho precio y pago constituirá compensación total por toda mano de obra, suministro de materiales, equipos, herramientas, transporte y otros imprevistos requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo.

PARTIDA DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
Postes kilométricos	Unidad (UND)

07.02.0. SEÑAL REGLAMENTARIA 0.60Mx0.90M CON POSTE

07.03.0. SEÑAL PREVENTIVA DE 0.60M X 0.60M

07.04.0. SEÑAL INFORMATIVA 0.50M X 1.80M

Para las tres partidas anteriores

Descripción

Las señales se colocan para prevenir y reglamentar el tránsito de la velocidad de diseño, así como para guiar al conductor a través de una ruta determinada y serán ubicadas en los lugares indicados en el diseño geométrico.

Ejecución

Preparación de las Señales: Las señales serán confeccionadas en placas de fibra de vidrio de 4 mm de espesor, con una cara de textura similar al vidrio, el fondo de la señal ira con material adhesivo reflexivo color amarillo de alta intensidad.

Todas las señales deberán fijarse a los postes, con pernos tuercas y arandelas galvanizadas.

Cimentación de los Postes: Las señales preventivas tendrán una cimentación de concreto f'c=140 Kg./cm2 con 30 % de piedra mediana y dimensiones de acuerdo a lo indicado en los planos.

Poste de Fijación de Señales: Se empleara pórticos de tubo de d=3" para señales informativas, y postes de concreto con dimensiones según planos de señalización para señales informativas y reglamentarias, tal como se indican en los planos, los cuales serán pintados con pintura anticorrosiva y esmalte color gris metálico en señales informativas, y con colores intermitentes blanco y negro en tramos de 050m en el caso de los postes de señales informativas y reglamentarias. Las soldaduras deben aplicarse dejando superficies lisas, bien acabadas y sin dejar vacíos que debiliten las uniones, de acuerdo a la mejor práctica de la materia. Los pórticos se fijaran a postes tal como se indiquen en los planos y serán pintados en fajas de 0.50 m con esmalte de color negro y blanco, previamente se pasara una mano de pintura imprimante.

Medición

La unidad de medición es la Unidad (und), la cual abarcara la señal propiamente dicha, el poste y la cimentación. Se medirá el conjunto debidamente colocado y aprobado por el ingeniero supervisor

Pago

Las señales medidas en la forma descrita anteriormente serán pagados al precio unitario del contrato, por unidad, para las partidas **SEÑALES REGLAMENTARIAS**, **SEÑALES PREVENTIVAS, SEÑALES INFORMATIVAS** entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por toda mano de obra, suministro de materiales, equipos, herramientas, transporte y otros imprevistos requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo.

PARTIDA DE PAGO	UNIDAD DE PAGO
Señales Preventivas Señales Informativas Señales reguladoras	Unidad (UND) Unidad (UND) Unidad (UND)

08.00.0. PROTECCION AMBIENTAL.

08.01.0. RESTAURACIÓN DE CANTERAS.

Descripción

Esta partida consiste en trabajos a realizar por el Contratista para recuperar en lo posible y con la mayor aptitud, las condiciones originales de áreas afectadas por la construcción de la carretera, tales como las áreas de canteras, campamentos, almacenes, patio de máquina, planta de asfalto y trituración, caminos provisionales (accesos y desvíos) e instalaciones en que las actividades constructivas alteraron el entorno ambiental. También se recuperarán aquellas áreas donde provisionalmente se depositaron restos de carpeta asfáltica o elementos contaminantes. No se considera en estos trabajos los depósitos de deshechos, los cuales se regirán por las especificaciones de la partida correspondiente.

Requerimientos De Construcción

Cuando las obras hayan concluido parcial o totalmente, el Contratista está obligado a la recuperación ambiental de todas las áreas afectadas. El Supervisor controlará y verificará los trabajos realizados de acuerdo a estas disposiciones.

Topografía

Las áreas afectadas correspondientes a canteras, deben ser materia de levantamientos topográficos antes y después de la explotación, según se indica en las especificaciones técnicas de la partida Trazo y Replanteo, en la sección referida a canteras. El mismo procedimiento se seguirá para las áreas afectadas de campamentos y plantas de trituración y de asfalto. Además, se deberá efectuar otro levantamiento topográfico después de haber efectuado los trabajos de readecuación para verificar y comparar las condiciones iniciales y finales de los trabajos.

Los planos topográficos deben incluir información sobre los volúmenes extraídos, los volúmenes de relleno para la readecuación ambiental y el tipo de vegetación utilizada. Para los caminos de acceso y desvíos no se requerirá levantamientos topográficos.

Adecuación de Canteras

Para cada cantera se deberá diseñar un adecuado sistema y programa de aprovechamiento del material, de manera de producir el menor daño al ambiente. Cada programa será diferente si se trata de explotar un lecho de río o quebrada, un promontorio elevado (cerros), una ladera o extraer material del subsuelo. Dependerá, también, del volumen que se va a extraer de la cantera y el uso que se le va a dar al material, pudiendo requerirse antes una previa selección del mismo, lo que origina desechos que luego es necesario eliminar. Se deberá seguir las estipulaciones que al respecto se incluye en el Manual Ambiental para el Diseño y Construcción de Vías del MTC.

Aquellas canteras que no van a ser posteriormente utilizadas para la conservación de la carretera deben ser sometidas a un proceso de reacondicionamiento, tratando en lo posible de adecuar el área intervenida a la morfología del área circundante.

Según el sistema de explotación adoptado, se cumplirán las siguientes acciones: nivelación de lechos de quebradas o ríos afectados, eliminación de rampas de carga; peinado y alisado de taludes para suavizar la topografía y evitar posteriores deslizamientos; eliminación del material descartado en la selección (usarlo en rellenos) y revegetación total del área intervenida, utilizando el suelo orgánico retirado al inicio de la explotación guardado convenientemente.

Se deberá evitar dejar zonas en que se pueda acumular agua y de ser posible se deberá establecer un drenaje natural.

En las canteras en laderas que serán posteriormente utilizadas sólo se efectuará un trabajo menor para evitar posibles derrumbes, trabajo que se realiza paralelamente a la extracción del material. En caso de usar lecho de río o quebrada, dependiendo del volumen extraído, será suficiente una rápida nivelación del cauce y adoptar la explotación superficial del lecho en un área más extensa.

Caminos de Acceso y Desvíos

Las áreas ocupadas por los caminos de acceso a las canteras, plantas, campamentos, así como los desvíos y caminos provisionales, también deben ser recuperadas, debiendo nivelarse y revegetarse el área afecta. Estos caminos de acceso y desvíos deberán quedar clausurados, exceptuando los que sirvan a canteras que serán usadas posteriormente, las que serán claramente delimitadas y señalizadas para evitar que se utilicen otras áreas para el acceso.

Campamentos

La rehabilitación del área afectada se hará luego de desmantelar el campamento, eliminando desechos, clausurando silos y rellenos sanitarios, eliminando pisos de concreto u otro material utilizado y recuperando la morfología del área y revegetación, si fuera el caso.

Se aplicarán ciertas medidas para evitar el desarrollo poblacional o asentamiento humano precario alrededor de los campamentos, efectuando coordinaciones con la población y autoridades del gobierno o en base a la localización estratégica de dichos campamentos, evitando la permanencia en las áreas aledañas y limitando el desarrollo probable del asentamiento poblacional.

Medición

La Restauración de Canteras será medida en metro cuadrado (m2)

En la medición se considerarán los componentes que se indican en la Descripción que hayan sido efectivamente recuperados cumpliendo las disposiciones que se dan en esta especificación.

Pago

El pago de la Recuperación Ambiental de Áreas Afectadas se hará al precio unitario de Contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aceptado a plena satisfacción por el Supervisor. El precio deberá cubrir todos los costos de transporte, rellenar, nivelar y revegetar las áreas comprometidas en forma uniforme según lo dispuesto en el proyecto y por el Supervisor, así como la debida disposición de los desechos.

Ítem de Pago	Unidad de Pago
Restauración de Cantera	Metro Cubico (m3)

08.02.0. REVEGETALIZACION.

Esta partida consiste en la provisión y plantación de árboles, arbustos, enredaderas, plantas para cobertura de terreno y en general de plantas. La aplicación de este trabajo de acuerdo a lo indicado en los planos y documentos del proyecto o determinados por el Supervisor, se producirá en los casos de:

Restauración de áreas de vegetación que hayan sido alteradas por el proceso de construcción de carreteras.

Revegetación en terraplenes y en readecuación del paisaje, se debe considerar la revegetación de las laderas adyacentes para evitar la erosión pluvial.

Restauración de la superficie exterior de los depósitos de deshechos y en las zonas aledañas donde se haya dañado y perdido la vegetación inicial, para permitir readecuar el paisaje a la morfología inicial.

Sembrado de vegetación típica en los taludes excavados con más de tres (3) metros de altura, en el cual se ha realizado terrazas, a fin de evitar la erosión, ocurrencia de derrumbes o deslizamientos que puedan interrumpir las labores de obra, así como la interrupción del tránsito en la etapa operativa.

Construcción de barreras naturales de sonido en los cruces de carreteras con centros poblados.
Plantación en el separador central de carreteras de autopista. (seto vivo para amenguar el deslumbramiento nocturno)

Material
El Contratista deberá proveer todos los materiales e insumos para la ejecución de esta partida, tales como: Fertilizante, Tierra Vegetal, Cubierta retenedora de humedad (paja, aserrín). Plantas, Agua.

El tipo de fertilizante estará indicado en los planos y/o documentos del proyecto, según selección hecha por el proyectista del listado emitido por la Oficina de Información Agraria del Ministerio de Agricultura en su última edición.

Las plantas se pueden presentar bajo las siguientes formas:

Con raíces al descubierto sin masa de tierra que las rodee.
Con bases de tierra con masa de tierra que rodeo a las raíces.
Crecidas en recipientes: raíces y masa de tierra confinadas por el recipiente.

En lo pertinente al caso de material deberán cumplir las siguientes normas vigentes de calidad y/o de uso:

(a) De producción de compuestos químicos, según Norma Internacional de Productos Químicos y Sanidad de Vegetación de la Asociación Americana de Control de Alimentos y Plantas.

(b) De sanidad de vegetación de viveros, según Norma Internacional de Productos Químicos y Sanidad de Vegetación de la Asociación Americana de Control de Alimentos y Plantas.

(c) De extracción y uso de agua: Uso de Recurso de Agua Tipo III Cuadro 1.2 de la Ley General de Aguas, aprobado por Decreto Ley N° 17752 incluyendo las modificaciones de los Artículos 81 y 82 del Reglamento de los Título I, II y III, según el D.S. N° 007-83-SA, publicado el 11 de Marzo de 1983.

Requerimientos de Construcción

El Contratista asegurará la participación de un Ingeniero Forestal en la ejecución de esta partida, quien determinará el método de siembra apropiado a la región.

La revegetación se efectuará con especies típicas de la zona u otras especificadas en los planos, documentos del proyecto y Estudio de Impacto Ambiental de la carretera a construir.
En zonas de Sierra y Selva se deben considerar los meses apropiados de siembra que permita aprovechar las aguas de lluvia, pero con las precauciones del caso para evitar el deterioro de los sombríos.

No hay que plantar en suelo congelado o cuando la nieve cubra el suelo o cuando el suelo no esté en condición satisfactoria para la plantación.

El grupo de plantas será suministrado mediante un sistema de sostenimiento de raíz de tipo fibroso y cohesivo. No está permitido el suministro de plantas cuyo crecimiento en recipiente muestre evidencias de confinamiento forzado, reconocible

cuando la parte superior de la planta está fuera de proporción (más largo) a la dimensión del recipiente o cuando tiene sus raíces crecidas fuera de él.

Inspección y Distribución

El Contratista notificará al Supervisor con 30 días de anticipación respecto a la fecha de despacho del material en obra, con el fin de que el Supervisor esté presente en el proceso de selección en el vivero del material de plantas que hará el Contratista de conformidad a lo indicado en el proyecto. El Contratista proporcionará al Supervisor los certificados comerciales e información escrita completa del proveedor del material de plantas, por lo menos 15 días previos al despacho de las plantas hacia el lugar de la obra.

Protección y Almacenamiento Temporal

Guardar todo el material de plantas convenientemente húmedas y protegido (cubierto) tanto si está en tránsito, en almacenamiento temporal o en el lugar de espera de plantación del proyecto. Protéjase las plantas puestas en el lugar de la obra pero no programadas para inmediata plantación, tal como sigue:

(a) En el caso de plantas con raíces al descubierto, separar las plantas y cubrir las raíces provisionalmente con tierra en zanjas con agua.

(b) Cubrir las bases de tierra de las plantas con maleza y paja u otro material apropiado y mantenerlo húmedo.

Instalar en su sitio definitivo y en el término de 30 días, todo el material de plantas puesto en obra. Especificaciones Técnicas Generales Sec. 902 / 4 para Construcción de Carreteras

Excavación de hoyos y fondos para plantas

Remover todo el material inapropiado que exista en el lugar donde se va a plantar. Excavar el hoyo para planta como sigue:

(a) Ancho de excavación

(1) Para raíces ramificadas o diámetros de bases de tierra de las plantas hasta de 1 m., cavar los hoyos siguiendo un trazo circular en función al esparcido de las raíces más 0,50 m.

(2) Para raíces ramificadas ó diámetros de bases de tierra de las plantas superior a 1 m., excavar 1,5 veces el tamaño del esparcido de raíces.

(b) Profundidad de excavación

Cavar los hoyos hasta una profundidad que permita un mínimo de 150 milímetros de relleno por debajo de las raíces o bases de tierra de las plantas o cavar los hoyos a las siguientes profundidades, la que sea más profunda:

(1) Árboles de hoja caduca

Por debajo de 38 milímetros de grosor de raíz, 0,5 m. de profundidad.
Por encima de 38 milímetros de grosor de raíz, 1,0 m. de profundidad.

(2) Arbustos de hoja caduca y de hoja perenne

Por debajo de 0,5 m. de altura, 0,3 m. de profundidad.
Por encima de 0,5 m. de altura, 0,5 m de profundidad.

(3) Árboles de hoja perenne

Por debajo de 1,5 m. de altura, 0,2 m. más la altura de la base de tierra.
Por encima de 1,5 m. de altura, 0,3 m. más la altura de la base de tierra.
Soltar el suelo de empaque tanto hacia las paredes como al fondo del hoyo de la planta hasta una profundidad de 150 milímetros antes de fijar la planta misma en el hoyo.

Fijación de las plantas

El Contratista no debe plantar hasta no contar con la inspección y aprobación del Supervisor. Las plantas del "stock" en espera de plantación que no cumplan las especificaciones, o que lleguen al lugar de la obra en condición insatisfactoria o que demuestre alguna señal de manipulación inapropiada serán rechazadas, se dispondrán inmediatamente fuera del lugar de la obra y se reemplazarán con nuevas plantas.

Preparar la mezcla de relleno utilizando cuatro (4) partes de tierra vegetal o suelo seleccionado y una (1) parte de musgo de pantano. Colocar esta mezcla en el fondo del hoyo.

Fijar la planta de forma vertical y al mismo nivel o ligeramente por debajo de la profundidad hasta la cual crecieron en el vivero o al momento de recolectarlas del campo. Fijar las plantas como sigue:

(a) Stock de plantas con raíces al descubierto

Colocar la planta de raíces limpias en el centro del hoyo con las raíces apropiadamente dispuestas en su posición natural. Recortar aquellas raíces dañadas o quebradas para asegurar un crecimiento sólido de la raíz. Acomodar la mezcla de relleno alrededor y por encima de las raíces y apisonar.

(b) Stock de plantas con bases de tierra

Manipular y mover las plantas a través de los empaques de bases de tierra. Colocar las plantas en los hoyos preparados sobre mezcla de relleno apisonado. Rellenar alrededor de la base de tierra hasta la mitad de la profundidad de la misma. Apisonarla y regarla profusamente con agua. Cortar el recubrimiento de la base de tierra y retirarlo deslizándolo por la mitad superior de la misma o bien soltarlo y doblarlo hacia afuera.

(c) Stock de plantas crecido en recipientes

Retirar la planta del recipiente justo antes de plantar. Colocar las plantas en los hoyos preparados y sobre mezcla de relleno apisonado. Rellenar la parte restante de la planta con mezcla de relleno y apisonar.

Fertilización

Fertilizar usando cualquiera de los siguientes métodos:

(a) Mezclar el fertilizante en la tierra de relleno al momento de preparar esta última.

(b) Esparcir uniformemente el fertilizante alrededor del área del hoyo de plantas individuales o encima de los asientos de arbustos. Aplicar y mezclar el fertilizante en los 50 milímetros superiores de tierra de relleno.

Regado

Construir una fosa de agua de 100 milímetros de profundidad alrededor de los árboles y de 75 milímetros de profundidad alrededor de los arbustos. Hacer el diámetro de la fosa igual al del hoyo de la planta.

Regar las plantas durante e inmediatamente después de plantarlas y a lo largo del período de establecimiento de la planta. Saturar el suelo alrededor de cada planta en cada regado.

Período de establecimiento de la planta

El período de establecimiento de la planta es de un año contado a partir de la finalización de la plantación. Emplear en este tiempo todos los medios que sean necesarios para preservar las plantas en una condición saludable de crecimiento. El cuidado durante este período comprende el regado, cultivo, podaje, reparación, ajuste de estacas y tirantes de sostenimiento y control de insectos y de enfermedades.

El Contratista será responsable de la ejecución del cuidado de las áreas en que se ha efectuado la plantación hasta la fecha de la entrega de la obra al MTC.

Aceptación

El material de plantación (que incluye las plantas, el fertilizante, cubierta retenedora de humedad y suelo de cobertura superficial) será evaluado mediante inspección visual hecha por el supervisor durante el cumplimiento de ejecución de esta partida y mediante certificación de calidad del material de parte del proveedor.

Se hará una inspección del material de plantación 15 días antes del término del período de establecimiento de la planta para identificar aquellas plantas muertas, agonizantes o enfermas, para su remoción y reemplazo. Durante la siguiente estación de plantación remover y reemplazar todas aquellas plantas identificadas de acuerdo a esta sección.

Una inspección final de todo el material de plantas dentro de los 15 días después de completar la plantación de reemplazo será la base para aceptación final.

Medición

La unidad de medida será por hectárea (ha) de plantación efectuada.

Pago

Las cantidades aceptadas, medidas tal como anteriormente se indica, serán pagadas a precio de contrato por hectárea medida para la partida de pago tal como se consigne en el presupuesto oferta.

Partida de Pago	Unidad de Pago
07.05 Revegetación	Hectárea(Ha)

08.03.0. RESTAURACION DE LAS AREAS AFECTADAS POR CAMPAMENTOS

Descripción

Este trabajo consiste en la preparación del suelo, siembra de plantones ó semillas de plantas adecuadas para la revegetalización de las áreas de canteras, botaderos y Campamentos, así como del riego, fertilización.

La labor está orientada a evitar procesos erosivos y evitar la ocurrencia de procesos geodinámicos que pueden afectar la flora, fauna y poblaciones aledañas al trazo de la vía. Si esta labor no se realiza, puede generar un aumento de los costos de

mantenimiento de la carretera en la etapa operativa, así como también daños considerables sobre los alrededores.

Método De Construcción

Se deberá sembrar durante la estación de crecimiento preponderante en el lugar de la obra. No se permite sembrar durante un clima con viento o cuando el terreno está excesivamente húmedo o congelado, o en su defecto hasta cuando sea utilizable.

Método De Medición

La medición de la cobertura de césped se hará por hectárea de superficie de terreno, medida en su proyección horizontal. La aproximación será el centésimo de hectárea.

Base De Pago

Las cantidades aceptadas y medidas tal como anteriormente se indica, serán pagadas al precio del Contrato por unidad de medida. El pago será la compensación total por el trabajo prescrito en esta sección, incluyendo los fertilizantes, las cubiertas retenedoras de humedad, el riego periódico para establecer y mantener la germinación del plantón, césped ú planta, hasta la entrega de las obras, y en general, todo trabajo ejecutado a satisfacción del Supervisor .

08.04.0. RESTAURACION DE AREA AFECTADA POR PATIO DE MAQUINAS

Descripción y Ejecución

Consiste en la ejecución de las actividades de reacondicionamiento del área intervenida. Comprende las siguientes tareas:

- Limpieza de desechos
- Con una cuadrilla de trabajadores, se procederá a limpiar todos los materiales desechados en el patio de máquinas, tales como: restos de aceites, grasas y combustibles, suelos contaminados y otros residuos producto del mantenimiento de las máquinas.
- Eliminación de pisos
- Esta tarea se realiza con una cuadrilla de trabajadores y equipos, que efectuarán el levantamiento del piso del taller y el ripio del área de circulación de los vehículos, los cuales deben ser trasladados al depósito de material excedente habilitado.
- Recuperación de la morfología
- Se procede al renivelado del terreno alterado, acondicionándolo de acuerdo al entorno circundante
- Almacenaje de aceites usados
- Los aceites usados producto del mantenimiento de la maquinaria y demás vehículos de obra, deben ser almacenados en recipientes herméticos tan pronto sean generados.
- Eliminación de aceites usados

- Los aceites usados almacenados previamente deben ser trasladados a través de una empresa prestadora de servicios especializada en el transporte de residuos peligrosos.

Medición

La medición es por M2., cuando el campamento y patio de máquinas hayan sido retirados y éste concluido el tratamiento ambiental de las áreas.

Pago

Se efectuará al precio del contrato, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación completa por toda la mano de obra, equipo y herramientas, incluidos los imprevistos para la ejecución de la partida.

Partida de Pago	Unidad de Pago
Restauración de patio de maquinas	Metro cuadrado (M2)

09.00.0. CONTROL DE CALIDAD.

09.01.0. ROTURAS DE PROBETAS.

09.02.0. DENSIDAD DE CAMPO.

09.03.0. ENSAYO DE LABORATORIO.

(ITM. 09.01.00, 09.02.00, 09.03.00)

Definición.

La presente partida se refiere a los trabajos de Control de Calidad que se realizarán a los agregados a emplearse en la obra, los mismos que deberán ser controlados física como mecánicamente para determinar su empleo en obra, también se efectuara ensayos para verificar la calidad del producto terminado, bajo los parámetros de las normas y especificaciones técnicas emitidas por el Ministerio de Transportes a través de la Oficina de Apoyo Tecnológico.

Ensayos.

A continuación, se detallan la relación de ensayos que serán practicados a las partidas de sub-base, base granular, bicapa.

- Ensayo de Densidad de Campo ASTM D-1556
- Ensayo de C.B.R. - Próctor Modificado ASTM D 1557

- Granulometria
- Limite Líquido
- Índice Plástico
- Abrasión
- Durabilidad
- Capacidad de Soporte (CBR)
- Sales Solubles Totales
- Proctor Modificado ó T-180
- Ensayo de compresión

Método de medición.

La partida considera, cada uno de los ensayos practicados al tipo de material a emplearse en obra de manera global.

Base de pago.

La presente partida se pagara por cada ensayo en forma global, y dicho precios y pagos, serán compensación total por el traslado de los equipos de laboratorio hasta el lugar de ubicación, herramientas, mano de obra, e imprevistos necesarios para la correcta y completa ejecución de los trabajos de acuerdo con todo lo especificado.

10.00.0. VARIOS.

10.01.0. FLETE TERRESTRE.

GENERALIDADES.

Se ha considerado el flete terrestre, toda vez que la provincia de Luya, donde se ejecutará el proyecto está retirada. Por lo que los materiales a emplearse en la obra se comprarán en otro lugar LIMA - LUYA y deberán de transportarse en vehículo hasta el lugar de la obra, tal conforme se indica en el cálculo de costos detallado de fletes.

FORMA DE PAGO

La unidad de medida para el transporte de los materiales mediante vehículos es global en función al peso que pueda transportar dicho vehículo. Se adjunta hoja de cálculos.

El pago será ejecutado en global. Sobre la base del peso en Kg., o en Toneladas

HOJA DE METRADOS

PROYECTO:	**DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE**

FECHA:	ABRIL DEL 2017

ITEM	PARTIDA	UNID	METRADO
01	**TRABAJOS PRELIMINARES**		
01.01	**MOVILIZACION MAQUINARIA DE MAQUINARIA, EQUIPOS**	**glb**	**1.00**
01.02	**MOVILIZACION PERMANENTE DE PERSONAL OBRA**	**glb**	**1.00**
01.03	**TOPOGRAFIA Y GEOREFERENIACION**		
01.03.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	km	5.70
01.03.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	km	5.70
01.04	**MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD**		
01.04.01	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACIÓN DEL	glb	1.00
01.04.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	1.00
01.04.03	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00
01.04.04	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00
01.05	**CAMPAMENTOS**		
01.05.01	OFICINAS	m2	71.50
01.05.02	ALMACÉN PROVISIONAL DE OBRA	m2	200.00
01.05.03	COMEDOR	m2	40.00
01.05.04	VESTUARIOS	m2	24.00
01.05.05	SERVICIOS HIGIENICOS	m2	7.50
01.05.06	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA	und	1.00
02	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**		
02.01	**EXCAVACION PARA EXPLANACIONES**		
02.01.02	CORTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	m3	34,973.85
02.02	**TERRAPLENES**		
02.02.01	PREPARACION DE TERRENO EN ZONAS DE RELLENO, INVOLUCRANDO SUELO EXISTENTE	m2	14,712.25
02.02.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	3,367.45
02.03	**CONFORMACION Y ACOMODO DE DME**	m3	24,771.60
03	**AFIRMADOS**		
03.01	**EXPLOTACION DE MATERIALES Y ELABORACION DE AGREGADOS**		
03.01.01	EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE CANTERA	m3	5,181.93
03.01.02	EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE RIO	m3	5,181.93
03.01.03	PREPARACION DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO	m3	10,363.86
03.02	**PREPARACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE**		
03.02.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUBRASANTE	m2	41,571.00
03.03	**CONFORMACION Y COMPACTACION DE CAPA DE AFIRMADO**	**m2**	**39,861.00**
04	**TRANSPORTES**		
04.01	**TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR**		
04.01.01	TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE PREPARACION HASTA 1 KM	m3k	5,181.93
04.01.02	TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE PREPARACION > 1 KM	m3k	40,833.61
04.01.03	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1 KM	m3k	1,816.66
04.01.04	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR > 1 KM	m3k	28,633.12
04.02	**TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE**		
04.02.01	TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A BOTADERO DISTANCIA HASTA 1 KM	m3k	24,771.60
04.02.02	TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A BOTADERO DISTANCIA HASTA >1 KM	m3k	35,299.53
05	**DRENAJE**		
05.03.01	ACONDICIONAMIENTO DE CUNETA EN TIERRA	m	11,400.00
05.03.01	ENCOFRADO DE CUNETAS	m	6,429.60

05.03.01	REVESTIMIENTO CUNETA TRIANGULAR f'c=175 kg/cm2 1.00x0.50 m	m	11,400.00
05.03.01	JUNTA ASFALTICA E=1"	m	6,429.60
06	**OBRAS COMPLEMENTARIAS**		
06.01	**MUROS DE CONTENCION**		
06.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	102.00
06.01.02	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS	m3	445.84
06.01.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	407.35
06.01.04	COMPACTACION DE FONDOS DE CIMIENTOS	m2	153.40
06.01.05	SOLADO E=4"	m2	153.40
06.01.06	CONCRETO f'c=210Kg/cm2	m3	141.19
06.01.07	ACERO fy=4,200 kg/cm2	kg	13,609.16
06.01.08	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	337.58
06.01.09	TUBERIA DE PVC SAL 3" PARA LLORADORES	m	23.80
07	**SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL**		
7.01	**SEÑAL PREVENTIVA DE 0.60M X 0.60M**	und	38.00
7.02	**SEÑAL REGLAMENTARIA 0.60Mx0.90M CON POSTE**	und	4.00
7.03	**SEÑAL INFORMATIVA 0.50M X 1.80M**	und	2.00
7.04	**POSTES KILOMETRICOS**	und	6.00
08	**PROTECCION AMBIENTAL**		
08.01	**RESTAURACION DE CANTERAS**	m2	7,000.00
08.02	**REVEGETALIZACION**	ha	2.95
08.03	**RESTAURACION DE LAS AREA AFECTADA POR CAMPAMENTOS**	m2	1,000.00
08.04	**RESTAURACION DE AREA AFECTADA POR PATIO DE MAQUINAS**	m2	2,000.00
09	**CONTROL DE CALIDAD**		
09.01	**ROTURA DE PROBETAS**	und	66.00
09.02	**DENSIDAD DE CAMPO**	und	42.00
09.03	**ENSAYOS DE LABORATORIO**	glb	1.00
10	**VARIOS**		
10.01	**FLETE TERRESTRE**	glb	1.00

RESUMEN DE METRADOS
02.00 EXPLANACIONES

2.01	**PERFILADO Y COMPACTACION DE SUBRASANTE EN ZONAS DE CORTE**	**14,712.25 m^2**
2.02	**EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO**	**34,973.85 m^3**
2.03	**EXCAVACION EN ROCA SUELTA**	**0.00 m^3**
2.04	**EXCAVACION EN ROCA FIJA**	**0.00 m^3**
2.05	**CONFORMACION DE TERRAPLENES**	**3,367.45 m^3**

RESUMEN METRADO DE EXPLANACIONES

Progresiva	CORTE				RELLENO				Material Excedente de Corte	Perfilado (m2)
	Total Corte	Mat. Suelto	Roca Suelta	Roca Fija	Total Relleno	Relleno Propio		Relleno de Exced. Corte		
						Rell. Lateral	DLP 120			
0-1000	2,216.93	2,216.93	0.00	0.00	252.25	110.41	42.27	0.00	1,577.08	2,322.08
1000-2000	3,687.40	3,687.40	0.00	0.00	126.73	99.24	567.18	0.00	2,314.86	2,369.37
2000-3000	3,042.00	3,042.00	0.00	0.00	468.68	134.56	99.54	0.00	2,171.67	2,746.85
3000-4000	3,654.25	3,654.25	0.00	0.00	717.70	250.50	80.58	0.00	2,579.73	2,551.18
4000-5000	15,068.73	15,068.73	0.00	0.00	1,524.85	645.08	109.85	0.00	11,132.72	2,905.73
5000-5700	7,304.55	7,304.55	0.00	0.00	277.25	32.14	107.84	0.00	5,918.45	1,817.05
TOTAL	**34,973.85**	**34,973.85**	**0.00**	**0.00**	**3,367.45**	**1,271.93**	**1,007.26**	**0.00**	**25,694.50**	**14,712.25**

METRADOS DE EXP

OCULTAR OCULTAR

Estaca	AREAS (m^2)		Distancia (m)	VOLUMEN CORTE (m^3)				EN RELLENO (m^3)					
	Corte	Relleno		Total Corte	Material Suelto	Roca Suelta	Roca Fija	Total Relleno	Relleno Propio	Saldo en Corte Corregido(Ms+RS)	DLP 120	Relleno Transportado	Relleno Transportado
0+000.00	0.04	0.00										0.00	0.00
0+020.00	0.51	0.08	20.00	5.50	5.50	0.00	0.00	0.40	0.40	5.09	0.00	0.00	0.00
0+040.00	0.49	0.00	20.00	10.00	10.00	0.00	0.00	0.40	0.40	9.68	0.00	0.00	0.00
0+050.00	0.03	0.53	10.00	2.60	2.60	0.00	0.00	1.33	1.33	0.93	0.00	0.00	0.00
0+060.00	0.00	0.75	10.00	0.08	0.08	0.00	0.00	6.40	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
0+080.00	0.78	2.12	20.00	3.90	3.90	0.00	0.00	28.70	3.06	0.00	0.00	0.00	0.00
0+090.00	0.79	0.21	10.00	7.85	7.85	0.00	0.00	11.65	6.16	0.00	0.00	0.00	0.00
0+100.00	1.74	0.00	10.00	12.65	12.65	0.00	0.00	0.53	0.53	12.22	0.00	0.00	0.00
0+120.00	4.84	0.01	20.00	65.80	65.80	0.00	0.00	0.05	0.05	67.05	0.00	0.00	0.00
0+140.00	1.46	0.00	20.00	63.00	63.00	0.00	0.00	0.05	0.05	64.20	0.00	0.00	0.00
0+160.00	1.05	0.29	20.00	25.10	25.10	0.00	0.00	1.45	1.45	23.72	0.00	0.00	0.00
0+180.00	1.08	0.85	20.00	21.30	21.30	0.00	0.00	11.40	11.40	6.91	0.00	0.00	0.00
0+200.00	0.00	0.99	20.00	5.40	5.40	0.00	0.00	18.40	4.24	0.00	18.41	0.00	0.00
0+220.00	0.54	0.67	20.00	2.70	2.70	0.00	0.00	16.60	2.12	0.00	0.00	0.00	0.00
0+240.00	2.27	0.05	20.00	28.10	28.10	0.00	0.00	7.20	7.20	19.30	0.00	0.00	0.00
0+260.00	8.74	0.00	20.00	110.10	110.10	0.00	0.00	0.25	0.25	111.98	0.00	0.00	0.00
0+280.00	7.28	0.00	20.00	160.20	160.20	0.00	0.00	0.00	0.00	163.40	0.00	0.00	0.00
0+290.00	8.93	0.00	10.00	81.05	81.05	0.00	0.00	0.00	0.00	82.67	0.00	0.00	0.00
0+300.00	6.48	0.00	10.00	77.05	77.05	0.00	0.00	0.00	0.00	78.59	0.00	0.00	0.00
0+320.00	2.78	0.00	20.00	92.60	92.60	0.00	0.00	0.00	0.00	94.45	0.00	0.00	0.00
0+340.00	0.58	0.20	20.00	33.60	33.60	0.00	0.00	1.00	1.00	32.97	0.00	0.00	0.00
0+360.00	0.80	0.08	20.00	13.80	13.80	0.00	0.00	2.80	2.80	10.44	0.00	0.00	0.00
0+380.00	2.25	0.00	20.00	30.50	30.50	0.00	0.00	0.40	0.40	30.59	10.64	0.00	0.00
0+400.00	6.03	0.00	20.00	82.80	82.80	0.00	0.00	0.00	0.00	84.46	0.00	0.00	0.00
0+420.00	7.57	0.00	20.00	136.00	136.00	0.00	0.00	0.00	0.00	138.72	0.00	0.00	0.00
0+440.00	6.74	0.00	20.00	143.10	143.10	0.00	0.00	0.00	0.00	145.96	0.00	0.00	0.00
0+460.00	2.74	0.00	20.00	94.80	94.80	0.00	0.00	0.00	0.00	96.70	0.00	0.00	0.00
0+480.00	0.99	0.26	20.00	37.30	37.30	0.00	0.00	1.30	1.30	36.36	0.00	0.00	0.00
0+500.00	1.05	0.14	20.00	20.40	20.40	0.00	0.00	4.00	4.00	15.61	0.00	0.00	0.00
0+520.00	0.47	0.05	20.00	15.20	15.20	0.00	0.00	1.90	1.90	13.03	0.00	0.00	0.00
0+540.00	1.89	0.01	20.00	23.60	23.60	0.00	0.00	0.60	0.60	23.29	4.74	0.00	0.00
0+560.00	1.68	0.00	20.00	35.70	35.70	0.00	0.00	0.05	0.05	36.35	3.97	0.00	0.00
0+580.00	0.49	0.10	20.00	21.70	21.70	0.00	0.00	0.50	0.50	21.48	0.00	0.00	0.00
0+600.00	1.84	0.00	20.00	23.30	23.30	0.00	0.00	0.50	0.50	23.12	0.00	0.00	0.00
0+620.00	3.05	0.00	20.00	48.90	48.90	0.00	0.00	0.00	0.00	49.88	0.00	0.00	0.00
0+640.00	2.60	0.00	20.00	56.50	56.50	0.00	0.00	0.00	0.00	57.63	2.12	0.00	0.00
0+660.00	0.27	0.01	20.00	28.70	28.70	0.00	0.00	0.05	0.05	29.21	0.00	0.00	0.00
0+680.00	0.00	0.59	20.00	1.35	1.35	0.00	0.00	6.00	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00
0+690.00	0.20	0.65	10.00	0.50	0.50	0.00	0.00	6.20	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
0+700.00	0.20	0.38	10.00	2.00	2.00	0.00	0.00	5.15	1.57	0.00	0.00	0.00	0.00
0+720.00	1.85	0.48	20.00	20.50	20.50	0.00	0.00	8.60	8.60	9.73	0.00	0.00	0.00
0+740.00	1.27	0.64	20.00	31.20	31.20	0.00	0.00	11.20	11.20	17.26	0.00	0.00	0.00
0+760.00	0.26	1.44	20.00	15.30	15.30	0.00	0.00	20.80	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+780.00	0.74	0.05	20.00	10.00	10.00	0.00	0.00	14.90	7.85	0.00	0.00	0.00	0.00
0+790.00	2.09	0.46	10.00	14.15	14.15	0.00	0.00	2.55	2.55	11.12	0.00	0.00	0.00
0+800.00	2.65	0.12	10.00	23.70	23.70	0.00	0.00	2.90	2.90	20.40	0.00	0.00	0.00
0+820.00	7.40	0.00	20.00	100.50	100.50	0.00	0.00	0.60	0.60	101.73	0.00	0.00	0.00
0+830.00	5.07	0.00	10.00	62.35	62.35	0.00	0.00	0.00	0.00	63.60	0.00	0.00	0.00
0+840.00	3.14	0.00	10.00	41.05	41.05	0.00	0.00	0.00	0.00	41.87	0.00	0.00	0.00
0+860.00	0.26	0.34	20.00	34.00	34.00	0.00	0.00	1.70	1.70	32.47	0.00	0.00	0.00
0+880.00	0.00	1.06	20.00	1.30	1.30	0.00	0.00	14.00	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00
0+900.00	0.00	1.35	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.10	0.00	0.00	2.39	0.00	0.00
0+920.00	1.31	0.01	20.00	6.55	6.55	0.00	0.00	13.60	5.14	0.00	0.00	0.00	0.00
0+940.00	3.75	0.00	20.00	50.60	50.60	0.00	0.00	0.05	0.05	51.55	0.00	0.00	0.00
0+960.00	2.61	0.20	20.00	63.60	63.60	0.00	0.00	1.00	1.00	63.57	0.00	0.00	0.00
0+980.00	3.32	0.00	20.00	59.30	59.30	0.00	0.00	1.00	1.00	59.19	0.00	0.00	0.00
1+000.00	2.49	0.00	20.00	58.10	58.10	0.00	0.00	0.00	0.00	59.26	0.00	0.00	0.00
TOTAL 0-1000				**2,216.93**	**2,216.93**	**0.00**	**0.00**	**252.25**	**110.41**	**2,117.73**	**42.27**	**0.00**	**0.00**

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILID

METRADOS DE EXP

OCULTAR OCULTAR

Estaca	AREAS (m^2)		Distancia (m)	VOLUMEN CORTE (m^3)				EN RELLENO (m^3)					
	Corte	Relleno		Total Corte	Material Suelto	Roca Suelta	Roca Fija	Total Relleno	Relleno Propio	Saldo en Corte Corregido(Ms+RS)	DLP 120	Relleno Transportado	Relleno Transportado
1+000.00	2.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1+020.00	1.86	0.01	20.00	43.50	43.50	0.00	0.00	0.05	0.05	44.31	6.01	0.00	0.00
1+040.00	1.42	0.08	20.00	32.80	32.80	0.00	0.00	0.90	0.90	32.29	0.00	0.00	0.00
1+060.00	0.86	0.21	20.00	22.80	22.80	0.00	0.00	2.90	2.90	19.49	0.00	0.00	0.00
1+080.00	0.89	0.08	20.00	17.50	17.50	0.00	0.00	2.90	2.90	14.08	0.00	0.00	0.00
1+100.00	0.69	0.14	20.00	15.80	15.80	0.00	0.00	2.20	2.20	13.26	0.00	0.00	0.00
1+120.00	0.36	0.01	20.00	10.50	10.50	0.00	0.00	1.50	1.50	8.76	0.00	0.00	0.00
1+140.00	1.37	0.00	20.00	17.30	17.30	0.00	0.00	0.05	0.05	17.58	0.00	0.00	0.00
1+160.00	1.69	0.00	20.00	30.60	30.60	0.00	0.00	0.00	0.00	31.21	6.35	0.00	0.00
1+180.00	1.09	0.00	20.00	27.80	27.80	0.00	0.00	0.00	0.00	28.36	39.83	0.00	0.00
1+200.00	0.73	0.00	20.00	18.20	18.20	0.00	0.00	0.00	0.00	18.56	33.72	0.00	0.00
1+220.00	0.59	0.13	20.00	13.20	13.20	0.00	0.00	0.65	0.65	12.62	19.76	0.00	0.00
1+240.00	0.57	0.05	20.00	11.60	11.60	0.00	0.00	1.80	1.80	9.49	18.79	0.00	0.00
1+260.00	1.55	0.00	20.00	21.20	21.20	0.00	0.00	0.25	0.25	21.30	0.00	0.00	0.00
1+280.00	2.27	0.00	20.00	38.20	38.20	0.00	0.00	0.00	0.00	38.96	0.00	0.00	0.00
1+300.00	1.84	0.00	20.00	41.10	41.10	0.00	0.00	0.00	0.00	41.92	0.00	0.00	0.00
1+320.00	0.74	0.00	20.00	25.80	25.80	0.00	0.00	0.00	0.00	26.32	0.00	0.00	0.00
1+340.00	0.84	0.01	20.00	15.80	15.80	0.00	0.00	0.05	0.05	16.05	0.00	0.00	0.00
1+360.00	3.25	0.00	20.00	40.90	40.90	0.00	0.00	0.05	0.05	41.65	0.00	0.00	0.00
1+380.00	5.82	0.00	20.00	90.70	90.70	0.00	0.00	0.00	0.00	92.51	0.00	0.00	0.00
1+400.00	9.79	0.00	20.00	156.10	156.10	0.00	0.00	0.00	0.00	159.22	0.00	0.00	0.00
1+410.00	12.45	0.00	10.00	111.20	111.20	0.00	0.00	0.00	0.00	113.42	0.00	0.00	0.00
1+420.00	13.49	0.00	10.00	129.70	129.70	0.00	0.00	0.00	0.00	132.29	0.00	0.00	0.00
1+440.00	7.72	0.00	20.00	212.10	212.10	0.00	0.00	0.00	0.00	216.34	0.00	0.00	0.00
1+460.00	0.24	0.24	20.00	79.60	79.60	0.00	0.00	1.20	1.20	79.63	0.00	0.00	0.00
1+480.00	0.58	0.52	20.00	8.20	8.20	0.00	0.00	7.60	6.43	0.00	4.58	0.00	0.00
1+500.00	0.86	0.53	20.00	14.40	14.40	0.00	0.00	10.50	10.50	1.04	9.04	0.00	0.00
1+520.00	1.00	0.00	20.00	18.60	18.60	0.00	0.00	2.65	2.65	15.53	0.85	0.00	0.00
1+530.00	0.79	0.29	10.00	8.95	8.95	0.00	0.00	0.73	0.73	8.19	0.00	0.00	0.00
1+540.00	0.67	0.02	10.00	7.30	7.30	0.00	0.00	1.55	1.55	5.43	0.00	0.00	0.00
1+560.00	1.29	0.00	20.00	19.60	19.60	0.00	0.00	0.10	0.10	19.86	0.00	0.00	0.00
1+580.00	1.47	0.01	20.00	27.60	27.60	0.00	0.00	0.05	0.05	28.09	0.00	0.00	0.00
1+600.00	2.08	0.00	20.00	35.50	35.50	0.00	0.00	0.05	0.05	36.15	0.00	0.00	0.00
1+620.00	2.37	0.00	20.00	44.50	44.50	0.00	0.00	0.00	0.00	45.39	0.00	0.00	0.00
1+630.00	1.88	0.00	10.00	21.25	21.25	0.00	0.00	0.00	0.00	21.68	0.00	0.00	0.00
1+640.00	0.75	0.12	10.00	13.15	13.15	0.00	0.00	0.30	0.30	13.02	1.92	0.00	0.00
1+660.00	0.27	1.01	20.00	10.20	10.20	0.00	0.00	11.30	8.00	0.00	7.52	0.00	0.00
1+680.00	2.21	0.00	20.00	24.80	24.80	0.00	0.00	5.05	5.05	18.73	15.36	0.00	0.00
1+700.00	12.11	0.00	20.00	143.20	143.20	0.00	0.00	0.00	0.00	146.06	0.00	0.00	0.00
1+710.00	7.67	0.00	10.00	98.90	98.90	0.00	0.00	0.00	0.00	100.88	0.00	0.00	0.00
1+720.00	2.56	2.90	10.00	51.15	51.15	0.00	0.00	7.25	7.25	42.75	0.00	0.00	0.00
1+730.00	1.52	2.32	10.00	20.40	20.40	0.00	0.00	26.10	16.01	0.00	0.00	0.00	0.00
1+740.00	0.28	0.40	10.00	9.00	9.00	0.00	0.00	13.60	7.06	0.00	0.00	0.00	0.00
1+760.00	4.60	0.00	20.00	48.80	48.80	0.00	0.00	2.00	2.00	47.18	0.00	0.00	0.00
1+770.00	7.01	0.04	10.00	58.05	58.05	0.00	0.00	0.10	0.10	59.08	0.00	0.00	0.00
1+780.00	9.90	0.00	10.00	84.55	84.55	0.00	0.00	0.10	0.10	86.11	0.00	0.00	0.00
1+790.00	15.67	0.00	10.00	127.85	127.85	0.00	0.00	0.00	0.00	130.41	27.37	0.00	0.00
1+800.00	17.82	0.00	10.00	167.45	167.45	0.00	0.00	0.00	0.00	170.80	74.23	0.00	0.00
1+820.00	12.87	0.00	20.00	306.90	306.90	0.00	0.00	0.00	0.00	313.04	109.66	0.00	0.00
1+830.00	11.56	0.00	10.00	122.15	122.15	0.00	0.00	0.00	0.00	124.59	49.87	0.00	0.00
1+840.00	5.75	0.00	10.00	86.55	86.55	0.00	0.00	0.00	0.00	88.28	106.69	0.00	0.00
1+860.00	2.25	0.00	20.00	80.00	80.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.60	29.51	0.00	0.00
1+880.00	4.92	0.00	20.00	71.70	71.70	0.00	0.00	0.00	0.00	73.13	0.86	0.00	0.00
1+900.00	7.33	0.00	20.00	122.50	122.50	0.00	0.00	0.00	0.00	124.95	3.58	0.00	0.00
1+910.00	8.80	0.00	10.00	80.65	80.65	0.00	0.00	0.00	0.00	82.26	1.72	0.00	0.00
1+920.00	4.86	0.00	10.00	68.30	68.30	0.00	0.00	0.00	0.00	69.67	0.00	0.00	0.00
1+940.00	6.94	0.30	20.00	118.00	118.00	0.00	0.00	1.50	1.50	118.41	0.00	0.00	0.00
1+960.00	10.51	0.00	20.00	174.50	174.50	0.00	0.00	1.50	1.50	176.04	0.00	0.00	0.00
1+980.00	3.46	0.34	20.00	139.70	139.70	0.00	0.00	1.70	1.70	140.28	0.00	0.00	0.00
1+990.00	1.01	1.03	10.00	22.35	22.35	0.00	0.00	6.85	6.85	13.89	0.00	0.00	0.00
2+000.00	0.33	1.30	10.00	6.70	6.70	0.00	0.00	11.65	5.26	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL 1000-2000				**3,687.40**	**3,687.40**	**0.00**	**0.00**	**126.73**	**99.24**	**3,632.14**	**567.18**	**0.00**	**0.00**

METRADOS DE EXP

OCULTAR OCULTAR

Estaca	AREAS (m^2)		Distancia (m)	VOLUMEN CORTE (m^3)				EN RELLENO (m^3)					
	Corte	Relleno		Total Corte	Material Suelto	Roca Suelta	Roca Fija	Total Relleno	Relleno Propio	Saldo en Corte Corregido(Ms+RS)	DLP 120	Relleno Transportado	Relleno Transportado
2+000.00	0.33	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2+010.00	1.44	2.64	10.00	8.85	8.85	0.00	0.00	19.70	6.94	0.00	0.00	0.00	0.00
2+020.00	3.27	1.07	10.00	23.55	23.55	0.00	0.00	18.55	18.48	0.00	0.00	0.00	0.00
2+030.00	16.83	0.00	10.00	100.50	100.50	0.00	0.00	2.68	2.68	99.03	0.00	0.00	0.00
2+040.00	22.15	0.00	10.00	194.90	194.90	0.00	0.00	0.00	0.00	198.80	0.00	0.00	0.00
2+060.00	15.81	0.00	20.00	379.60	379.60	0.00	0.00	0.00	0.00	387.19	0.00	0.00	0.00
2+070.00	11.47	0.00	10.00	136.40	136.40	0.00	0.00	0.00	0.00	139.13	0.00	0.00	0.00
2+080.00	5.64	0.01	10.00	85.55	85.55	0.00	0.00	0.03	0.03	87.23	2.48	0.00	0.00
2+100.00	5.07	0.00	20.00	107.10	107.10	0.00	0.00	0.05	0.05	109.18	14.56	0.00	0.00
2+120.00	2.96	0.00	20.00	80.30	80.30	0.00	0.00	0.00	0.00	81.91	1.66	0.00	0.00
2+130.00	1.20	0.22	10.00	20.80	20.80	0.00	0.00	0.55	0.55	20.50	0.26	0.00	0.00
2+140.00	0.00	1.24	10.00	3.00	3.00	0.00	0.00	7.30	2.35	0.00	10.34	0.00	0.00
2+160.00	0.39	1.18	20.00	1.95	1.95	0.00	0.00	24.20	1.53	0.00	4.91	0.00	0.00
2+180.00	1.04	0.00	20.00	14.30	14.30	0.00	0.00	5.90	5.90	6.92	0.00	0.00	0.00
2+200.00	2.05	0.16	20.00	30.90	30.90	0.00	0.00	0.80	0.80	30.48	0.00	0.00	0.00
2+220.00	4.45	0.00	20.00	65.00	65.00	0.00	0.00	0.80	0.80	65.26	0.00	0.00	0.00
2+240.00	5.22	0.00	20.00	96.70	96.70	0.00	0.00	0.00	0.00	98.63	0.00	0.00	0.00
2+260.00	4.95	0.00	20.00	101.70	101.70	0.00	0.00	0.00	0.00	103.73	0.00	0.00	0.00
2+280.00	0.72	1.47	20.00	56.70	56.70	0.00	0.00	7.35	7.35	48.28	0.00	0.00	0.00
2+300.00	0.57	0.14	20.00	12.90	12.90	0.00	0.00	16.10	10.12	0.00	0.00	0.00	0.00
2+320.00	3.79	0.00	20.00	43.60	43.60	0.00	0.00	0.70	0.70	43.56	0.00	0.00	0.00
2+340.00	3.52	0.00	20.00	73.10	73.10	0.00	0.00	0.00	0.00	74.56	0.00	0.00	0.00
2+360.00	3.53	0.00	20.00	70.50	70.50	0.00	0.00	0.00	0.00	71.91	0.00	0.00	0.00
2+380.00	3.35	0.00	20.00	68.80	68.80	0.00	0.00	0.00	0.00	70.18	0.00	0.00	0.00
2+400.00	2.68	0.00	20.00	60.30	60.30	0.00	0.00	0.00	0.00	61.51	0.00	0.00	0.00
2+420.00	1.83	0.00	20.00	45.10	45.10	0.00	0.00	0.00	0.00	46.00	0.00	0.00	0.00
2+440.00	0.79	1.99	20.00	26.20	26.20	0.00	0.00	9.95	9.95	13.79	0.00	0.00	0.00
2+460.00	0.00	1.96	20.00	3.95	3.95	0.00	0.00	39.50	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00
2+480.00	1.28	0.00	20.00	6.40	6.40	0.00	0.00	9.80	5.02	0.00	0.00	0.00	0.00
2+500.00	2.70	0.00	20.00	39.80	39.80	0.00	0.00	0.00	0.00	40.60	0.00	0.00	0.00
2+520.00	5.39	0.00	20.00	80.90	80.90	0.00	0.00	0.00	0.00	82.52	0.00	0.00	0.00
2+530.00	4.59	0.00	10.00	49.90	49.90	0.00	0.00	0.00	0.00	50.90	0.00	0.00	0.00
2+540.00	2.95	0.00	10.00	37.70	37.70	0.00	0.00	0.00	0.00	38.45	0.00	0.00	0.00
2+560.00	1.18	0.30	20.00	41.30	41.30	0.00	0.00	1.50	1.50	40.18	20.83	0.00	0.00
2+580.00	0.73	0.54	20.00	19.10	19.10	0.00	0.00	8.40	8.40	8.56	21.19	0.00	0.00
2+600.00	0.00	4.03	20.00	3.65	3.65	0.00	0.00	45.70	2.86	0.00	0.13	0.00	0.00
2+610.00	0.00	8.48	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	62.55	0.00	0.00	0.46	0.00	0.00
2+620.00	0.00	4.48	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.80	0.00	0.00	2.08	0.00	0.00
2+640.00	0.15	2.39	20.00	0.75	0.75	0.00	0.00	68.70	0.59	0.00	1.50	0.00	0.00
2+650.00	1.37	0.00	10.00	7.60	7.60	0.00	0.00	5.98	5.96	0.00	1.37	0.00	0.00
2+660.00	3.28	0.00	10.00	23.25	23.25	0.00	0.00	0.00	0.00	23.72	2.67	0.00	0.00
2+680.00	2.14	0.02	20.00	54.20	54.20	0.00	0.00	0.10	0.10	55.15	0.81	0.00	0.00
2+700.00	1.31	0.00	20.00	34.50	34.50	0.00	0.00	0.10	0.10	35.06	0.00	0.00	0.00
2+720.00	0.14	0.14	20.00	14.50	14.50	0.00	0.00	0.70	0.70	13.88	0.00	0.00	0.00
2+740.00	0.44	0.59	20.00	5.80	5.80	0.00	0.00	7.30	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00
2+760.00	1.47	0.04	20.00	19.10	19.10	0.00	0.00	6.30	6.30	11.29	0.00	0.00	0.00
2+770.00	4.82	0.00	10.00	31.45	31.45	0.00	0.00	0.10	0.10	31.95	0.00	0.00	0.00
2+780.00	7.82	0.00	10.00	63.20	63.20	0.00	0.00	0.00	0.00	64.46	0.00	0.00	0.00
2+790.00	10.74	0.00	10.00	92.80	92.80	0.00	0.00	0.00	0.00	94.66	0.00	0.00	0.00
2+800.00	8.81	0.00	10.00	97.75	97.75	0.00	0.00	0.00	0.00	99.71	0.00	0.00	0.00
2+820.00	0.00	2.04	20.00	44.05	44.05	0.00	0.00	10.20	10.20	31.67	4.88	0.00	0.00
2+840.00	1.21	0.00	20.00	6.05	6.05	0.00	0.00	10.20	4.75	0.00	8.58	0.00	0.00
2+860.00	2.00	0.00	20.00	32.10	32.10	0.00	0.00	0.00	0.00	32.74	0.00	0.00	0.00
2+880.00	1.60	0.00	20.00	36.00	36.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.72	0.00	0.00	0.00
2+900.00	1.99	0.38	20.00	35.90	35.90	0.00	0.00	1.90	1.90	34.15	0.00	0.00	0.00
2+920.00	1.82	0.14	20.00	38.10	38.10	0.00	0.00	5.20	5.20	32.10	0.00	0.00	0.00
2+940.00	2.93	0.12	20.00	47.50	47.50	0.00	0.00	2.60	2.60	45.07	0.00	0.00	0.00
2+960.00	3.78	0.00	20.00	67.10	67.10	0.00	0.00	0.60	0.60	67.66	0.00	0.00	0.00
2+980.00	1.12	0.18	20.00	49.00	49.00	0.00	0.00	0.90	0.90	48.81	0.86	0.00	0.00
3+000.00	3.91	0.00	20.00	50.30	50.30	0.00	0.00	0.90	0.90	50.14	0.00	0.00	0.00
TOTAL 2000-3000				**3,042.00**	**3,042.00**	**0.00**	**0.00**	**468.68**	**134.56**	**2,927.91**	**99.54**	**0.00**	**0.00**

METRADOS DE EXP

OCULTAR OCULTAR

Estaca	AREAS (m^2)		Distancia (m)	VOLUMEN CORTE (m^3)				EN RELLENO (m^3)						
	Corte	Relleno		Total Corte	Material Suelto	Roca Suelta	Roca Fija	Total Relleno	Relleno Propio	Saldo en Corte Corregido(Ms+RS)	DLP 120	Relleno Transportado	Relleno Transportado
3+000.00	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+010.00	9.64	0.00	10.00	67.75	67.75	0.00	0.00	0.00	0.00	69.11	0.00	0.00	0.00
3+020.00	9.73	0.11	10.00	96.85	96.85	0.00	0.00	0.28	0.28	98.43	0.00	0.00	0.00
3+030.00	25.11	0.00	10.00	174.20	174.20	0.00	0.00	0.28	0.28	177.33	0.00	0.00	0.00
3+040.00	12.96	0.00	10.00	190.35	190.35	0.00	0.00	0.00	0.00	194.16	2.73	0.00	0.00
3+060.00	3.22	0.00	20.00	161.80	161.80	0.00	0.00	0.00	0.00	165.04	0.00	0.00	0.00
3+080.00	0.88	0.95	20.00	41.00	41.00	0.00	0.00	4.75	4.75	35.65	0.00	0.00	0.00
3+100.00	2.55	0.15	20.00	34.30	34.30	0.00	0.00	11.00	11.00	20.69	0.00	0.00	0.00
3+120.00	2.45	0.11	20.00	50.00	50.00	0.00	0.00	2.60	2.60	47.62	0.00	0.00	0.00
3+140.00	0.01	0.30	20.00	24.60	24.60	0.00	0.00	4.10	4.10	19.76	4.55	0.00	0.00
3+150.00	0.93	0.57	10.00	4.70	4.70	0.00	0.00	4.35	3.69	0.00	0.00	0.00	0.00
3+160.00	1.79	0.00	10.00	13.60	13.60	0.00	0.00	1.43	1.43	12.02	1.90	0.00	0.00
3+180.00	2.82	0.00	20.00	46.10	46.10	0.00	0.00	0.00	0.00	47.02	14.36	0.00	0.00
3+190.00	4.64	0.00	10.00	37.30	37.30	0.00	0.00	0.00	0.00	38.05	0.00	0.00	0.00
3+200.00	6.00	0.00	10.00	53.20	53.20	0.00	0.00	0.00	0.00	54.26	0.00	0.00	0.00
3+220.00	7.51	0.00	20.00	135.10	135.10	0.00	0.00	0.00	0.00	137.80	0.00	0.00	0.00
3+240.00	0.00	0.00	20.00	37.55	37.55	0.00	0.00	0.00	0.00	38.30	0.00	0.00	0.00
3+260.00	3.46	0.00	20.00	17.30	17.30	0.00	0.00	0.00	0.00	17.65	0.00	0.00	0.00
3+280.00	0.00	4.11	20.00	17.30	17.30	0.00	0.00	20.55	13.57	0.00	0.00	0.00	0.00
3+290.00	0.00	8.88	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+300.00	0.00	9.05	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	89.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+320.00	0.70	4.31	20.00	3.50	3.50	0.00	0.00	133.60	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00
3+340.00	2.93	0.00	20.00	36.30	36.30	0.00	0.00	21.55	21.55	9.01	0.00	0.00	0.00
3+360.00	0.81	0.36	20.00	37.40	37.40	0.00	0.00	1.80	1.80	35.81	0.00	0.00	0.00
3+380.00	0.11	1.54	20.00	9.20	9.20	0.00	0.00	19.00	7.22	0.00	0.00	0.00	0.00
3+400.00	0.64	0.26	20.00	7.50	7.50	0.00	0.00	18.00	5.88	0.00	0.00	0.00	0.00
3+420.00	3.51	0.00	20.00	41.50	41.50	0.00	0.00	1.30	1.30	40.64	0.00	0.00	0.00
3+440.00	0.54	0.01	20.00	40.50	40.50	0.00	0.00	0.05	0.05	41.25	0.00	0.00	0.00
3+460.00	1.64	0.00	20.00	21.80	21.80	0.00	0.00	0.05	0.05	22.17	0.00	0.00	0.00
3+480.00	1.06	4.22	20.00	27.00	27.00	0.00	0.00	21.10	21.10	0.11	0.00	0.00	0.00
3+500.00	3.72	0.20	20.00	47.80	47.80	0.00	0.00	44.20	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00
3+520.00	4.19	0.37	20.00	79.10	79.10	0.00	0.00	5.70	5.70	73.27	0.00	0.00	0.00
3+530.00	3.14	0.03	10.00	36.65	36.65	0.00	0.00	2.00	2.00	34.78	0.00	0.00	0.00
3+540.00	3.47	0.00	10.00	33.05	33.05	0.00	0.00	0.08	0.08	33.61	0.00	0.00	0.00
3+560.00	4.54	0.00	20.00	80.10	80.10	0.00	0.00	0.00	0.00	81.70	0.00	0.00	0.00
3+580.00	5.10	0.00	20.00	96.40	96.40	0.00	0.00	0.00	0.00	98.33	11.31	0.00	0.00
3+600.00	6.83	0.00	20.00	119.30	119.30	0.00	0.00	0.00	0.00	121.69	0.00	0.00	0.00
3+620.00	3.48	0.11	20.00	103.10	103.10	0.00	0.00	0.55	0.55	104.45	0.00	0.00	0.00
3+640.00	0.00	2.21	20.00	17.40	17.40	0.00	0.00	23.20	13.65	0.00	0.00	0.00	0.00
3+660.00	0.20	0.35	20.00	1.00	1.00	0.00	0.00	25.60	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00
3+680.00	2.05	0.02	20.00	22.50	22.50	0.00	0.00	3.70	3.70	18.14	7.80	0.00	0.00
3+700.00	0.49	1.41	20.00	25.40	25.40	0.00	0.00	14.30	14.30	7.32	18.72	0.00	0.00
3+720.00	0.00	2.89	20.00	2.45	2.45	0.00	0.00	43.00	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00
3+740.00	0.00	1.80	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3+760.00	3.09	1.53	20.00	15.45	15.45	0.00	0.00	33.30	12.12	0.00	0.00	0.00	0.00
3+770.00	8.54	0.50	10.00	58.15	58.15	0.00	0.00	10.15	10.15	46.12	0.00	0.00	0.00
3+780.00	9.36	0.00	10.00	89.50	89.50	0.00	0.00	1.25	1.25	89.67	2.86	0.00	0.00
3+790.00	12.07	0.00	10.00	107.15	107.15	0.00	0.00	0.00	0.00	109.29	0.00	0.00	0.00
3+800.00	10.97	0.00	10.00	115.20	115.20	0.00	0.00	0.00	0.00	117.50	0.00	0.00	0.00
3+820.00	11.89	0.00	20.00	228.60	228.60	0.00	0.00	0.00	0.00	233.17	0.00	0.00	0.00
3+840.00	7.03	0.00	20.00	189.20	189.20	0.00	0.00	0.00	0.00	192.98	0.00	0.00	0.00
3+860.00	3.01	0.33	20.00	100.40	100.40	0.00	0.00	1.65	1.65	100.26	1.67	0.00	0.00
3+880.00	4.60	0.25	20.00	76.10	76.10	0.00	0.00	5.80	5.80	70.08	12.48	0.00	0.00
3+900.00	3.43	0.52	20.00	80.30	80.30	0.00	0.00	7.70	7.70	71.90	2.21	0.00	0.00
3+920.00	2.27	1.05	20.00	57.00	57.00	0.00	0.00	15.70	15.70	37.73	0.00	0.00	0.00
3+940.00	2.44	0.12	20.00	47.10	47.10	0.00	0.00	11.70	11.70	32.83	0.00	0.00	0.00
3+960.00	14.00	0.00	20.00	164.40	164.40	0.00	0.00	0.60	0.60	166.91	0.00	0.00	0.00
3+970.00	9.65	0.00	10.00	118.25	118.25	0.00	0.00	0.00	0.00	120.62	0.00	0.00	0.00
3+980.00	3.41	0.00	10.00	65.30	65.30	0.00	0.00	0.00	0.00	66.61	0.00	0.00	0.00
4+000.00	1.61	0.05	20.00	50.20	50.20	0.00	0.00	0.25	0.25	50.88	0.00	0.00	0.00
OTAL 3000-4000				**3,654.25**	**3,654.25**	**0.00**	**0.00**	**717.70**	**250.50**	**3,401.69**	**80.58**	**0.00**	**0.00**

METRADOS DE EXP

OCULTAR OCULTAR

Estaca	AREAS (m^2)		Distancia (m)	VOLUMEN CORTE (m^3)				EN RELLENO (m^3)					
	Corte	Relleno		Total Corte	Material Suelto	Roca Suelta	Roca Fija	Total Relleno	Relleno Propio	Saldo en Corte Corregido(Ms+RS)	DLP 120	Relleno Transportado	Relleno Transportado
4+000.00	1.61	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4+020.00	11.63	0.75	20.00	132.40	132.40	0.00	0.00	8.00	8.00	124.65	0.00	0.00	0.00
4+030.00	14.11	0.00	10.00	128.70	128.70	0.00	0.00	1.88	1.88	128.84	9.25	0.00	0.00
4+040.00	25.67	0.00	10.00	198.90	198.90	0.00	0.00	0.00	0.00	202.88	18.15	0.00	0.00
4+060.00	17.33	0.00	20.00	430.00	430.00	0.00	0.00	0.00	0.00	438.60	0.00	0.00	0.00
4+070.00	10.87	0.00	10.00	141.00	141.00	0.00	0.00	0.00	0.00	143.82	0.00	0.00	0.00
4+080.00	4.29	0.00	10.00	75.80	75.80	0.00	0.00	0.00	0.00	77.32	0.00	0.00	0.00
4+100.00	0.00	7.50	20.00	21.45	21.45	0.00	0.00	37.50	16.83	0.00	0.00	0.00	0.00
4+110.00	0.69	1.78	10.00	1.73	1.73	0.00	0.00	46.40	1.35	0.00	19.42	0.00	0.00
4+120.00	19.85	0.00	10.00	102.70	102.70	0.00	0.00	4.45	4.45	98.97	0.00	0.00	0.00
4+130.00	26.59	0.00	10.00	232.20	232.20	0.00	0.00	0.00	0.00	236.84	0.00	0.00	0.00
4+140.00	24.32	0.00	10.00	254.55	254.55	0.00	0.00	0.00	0.00	259.64	0.00	0.00	0.00
4+160.00	22.51	0.00	20.00	468.30	468.30	0.00	0.00	0.00	0.00	477.67	0.00	0.00	0.00
4+180.00	18.63	0.00	20.00	411.40	411.40	0.00	0.00	0.00	0.00	419.63	0.00	0.00	0.00
4+200.00	2.80	1.76	20.00	214.30	214.30	0.00	0.00	8.80	8.80	207.15	0.00	0.00	0.00
4+210.00	2.49	3.13	10.00	26.45	26.45	0.00	0.00	24.45	20.75	0.00	0.00	0.00	0.00
4+220.00	4.00	5.31	10.00	32.45	32.45	0.00	0.00	42.20	25.46	0.00	0.00	0.00	0.00
4+230.00	21.05	0.00	10.00	125.25	125.25	0.00	0.00	13.28	13.28	110.50	0.00	0.00	0.00
4+240.00	26.74	0.10	10.00	238.95	238.95	0.00	0.00	0.25	0.25	243.40	0.00	0.00	0.00
4+250.00	38.26	0.00	10.00	325.00	325.00	0.00	0.00	0.25	0.25	331.18	0.00	0.00	0.00
4+260.00	21.86	0.24	10.00	300.60	300.60	0.00	0.00	0.60	0.60	305.83	0.00	0.00	0.00
4+280.00	6.33	0.00	20.00	281.90	281.90	0.00	0.00	1.20	1.20	285.98	0.00	0.00	0.00
4+290.00	10.11	0.00	10.00	82.20	82.20	0.00	0.00	0.00	0.00	83.84	0.00	0.00	0.00
4+300.00	10.05	0.41	10.00	100.80	100.80	0.00	0.00	1.03	1.03	101.48	0.00	0.00	0.00
4+310.00	17.18	0.00	10.00	136.15	136.15	0.00	0.00	1.03	1.03	137.54	0.00	0.00	0.00
4+320.00	29.78	0.00	10.00	234.80	234.80	0.00	0.00	0.00	0.00	239.50	0.00	0.00	0.00
4+330.00	33.75	0.00	10.00	317.65	317.65	0.00	0.00	0.00	0.00	324.00	0.00	0.00	0.00
4+340.00	25.72	0.00	10.00	297.35	297.35	0.00	0.00	0.00	0.00	303.30	0.00	0.00	0.00
4+360.00	11.60	0.63	20.00	373.20	373.20	0.00	0.00	3.15	3.15	376.57	0.00	0.00	0.00
4+380.00	6.31	0.68	20.00	179.10	179.10	0.00	0.00	13.10	13.10	165.65	0.00	0.00	0.00
4+400.00	1.37	6.82	20.00	76.80	76.80	0.00	0.00	75.00	60.26	0.00	0.00	0.00	0.00
4+420.00	10.24	12.95	20.00	116.10	116.10	0.00	0.00	197.70	91.09	0.00	0.00	0.00	0.00
4+430.00	7.42	1.30	10.00	88.30	88.30	0.00	0.00	71.25	69.28	0.00	4.61	0.00	0.00
4+440.00	23.40	0.00	10.00	154.10	154.10	0.00	0.00	3.25	3.25	152.96	1.43	0.00	0.00
4+450.00	34.50	0.00	10.00	289.50	289.50	0.00	0.00	0.00	0.00	295.29	0.00	0.00	0.00
4+460.00	32.67	0.00	10.00	335.85	335.85	0.00	0.00	0.00	0.00	342.57	0.00	0.00	0.00
4+480.00	16.24	0.00	20.00	489.10	489.10	0.00	0.00	0.00	0.00	498.88	0.00	0.00	0.00
4+500.00	2.99	4.16	20.00	192.30	192.30	0.00	0.00	20.80	20.80	169.11	0.00	0.00	0.00
4+510.00	1.69	2.89	10.00	23.40	23.40	0.00	0.00	35.25	18.36	0.00	0.00	0.00	0.00
4+520.00	16.99	0.00	10.00	93.40	93.40	0.00	0.00	7.23	7.23	85.88	0.00	0.00	0.00
4+530.00	33.68	0.00	10.00	253.35	253.35	0.00	0.00	0.00	0.00	258.42	0.00	0.00	0.00
4+540.00	20.31	0.00	10.00	269.95	269.95	0.00	0.00	0.00	0.00	275.35	0.00	0.00	0.00
4+560.00	12.21	0.00	20.00	325.20	325.20	0.00	0.00	0.00	0.00	331.70	3.11	0.00	0.00
4+580.00	3.96	0.03	20.00	161.70	161.70	0.00	0.00	0.15	0.15	164.74	0.06	0.00	0.00
4+590.00	2.01	12.71	10.00	29.85	29.85	0.00	0.00	63.70	23.42	0.00	0.00	0.00	0.00
4+600.00	0.00	12.84	10.00	5.03	5.03	0.00	0.00	127.75	3.94	0.00	1.88	0.00	0.00
4+610.00	0.01	13.44	10.00	0.03	0.03	0.00	0.00	131.40	0.02	0.00	3.16	0.00	0.00
4+620.00	12.30	0.00	10.00	61.55	61.55	0.00	0.00	33.60	33.60	19.10	0.00	0.00	0.00
4+630.00	23.38	0.20	10.00	178.40	178.40	0.00	0.00	0.50	0.50	181.32	0.00	0.00	0.00
4+640.00	9.69	0.01	10.00	165.35	165.35	0.00	0.00	1.05	1.05	167.29	0.00	0.00	0.00
4+650.00	15.14	0.00	10.00	124.15	124.15	0.00	0.00	0.03	0.03	126.60	0.00	0.00	0.00
4+660.00	11.76	0.00	10.00	134.50	134.50	0.00	0.00	0.00	0.00	137.19	0.00	0.00	0.00
4+670.00	22.67	0.00	10.00	172.15	172.15	0.00	0.00	0.00	0.00	175.59	0.00	0.00	0.00
4+680.00	36.03	0.00	10.00	293.50	293.50	0.00	0.00	0.00	0.00	299.37	0.00	0.00	0.00
4+700.00	15.75	0.00	20.00	517.80	517.80	0.00	0.00	0.00	0.00	528.16	8.85	0.00	0.00
4+710.00	13.86	0.00	10.00	148.05	148.05	0.00	0.00	0.00	0.00	151.01	25.37	0.00	0.00
4+720.00	3.10	3.58	10.00	84.80	84.80	0.00	0.00	8.95	8.95	74.86	0.00	0.00	0.00
4+730.00	0.48	15.77	10.00	17.90	17.90	0.00	0.00	96.75	14.04	0.00	0.00	0.00	0.00
4+740.00	1.47	9.85	10.00	9.75	9.75	0.00	0.00	128.10	7.65	0.00	0.00	0.00	0.00
4+750.00	4.59	0.37	10.00	30.30	30.30	0.00	0.00	51.10	23.77	0.00	0.00	0.00	0.00
4+760.00	5.25	0.00	10.00	49.20	49.20	0.00	0.00	0.93	0.93	48.98	0.00	0.00	0.00
4+770.00	19.11	0.04	10.00	121.80	121.80	0.00	0.00	0.10	0.10	124.11	0.00	0.00	0.00
4+780.00	8.89	0.00	10.00	140.00	140.00	0.00	0.00	0.10	0.10	142.67	0.00	0.00	0.00
4+800.00	2.66	7.98	20.00	115.50	115.50	0.00	0.00	39.90	39.90	65.94	0.00	0.00	0.00
4+810.00	4.82	2.78	10.00	37.40	37.40	0.00	0.00	53.80	29.34	0.00	0.00	0.00	0.00
4+820.00	1.79	7.33	10.00	33.05	33.05	0.00	0.00	50.55	25.93	0.00	0.00	0.00	0.00
4+830.00	0.83	5.37	10.00	13.10	13.10	0.00	0.00	63.50	10.28	0.00	7.93	0.00	0.00
4+840.00	2.76	2.48	10.00	17.95	17.95	0.00	0.00	39.25	14.08	0.00	6.63	0.00	0.00
4+850.00	16.83	0.43	10.00	97.95	97.95	0.00	0.00	14.55	14.55	80.99	0.00	0.00	0.00
4+860.00	22.95	0.00	10.00	198.90	198.90	0.00	0.00	1.08	1.08	201.48	0.00	0.00	0.00
4+880.00	35.53	0.00	20.00	584.80	584.80	0.00	0.00	0.00	0.00	596.50	0.00	0.00	0.00
4+890.00	27.00	0.00	10.00	312.65	312.65	0.00	0.00	0.00	0.00	318.90	0.00	0.00	0.00
4+900.00	15.15	0.00	10.00	210.75	210.75	0.00	0.00	0.00	0.00	214.97	0.00	0.00	0.00
4+920.00	14.87	0.00	20.00	300.20	300.20	0.00	0.00	0.00	0.00	306.20	0.00	0.00	0.00
4+930.00	19.82	0.00	10.00	173.45	173.45	0.00	0.00	0.00	0.00	176.92	0.00	0.00	0.00
4+940.00	16.02	0.00	10.00	179.20	179.20	0.00	0.00	0.00	0.00	182.78	0.00	0.00	0.00
4+960.00	24.79	0.00	20.00	408.10	408.10	0.00	0.00	0.00	0.00	416.26	0.00	0.00	0.00
4+980.00	33.68	0.00	20.00	584.70	584.70	0.00	0.00	0.00	0.00	596.39	0.00	0.00	0.00
4+990.00	44.59	0.00	10.00	391.35	391.35	0.00	0.00	0.00	0.00	399.18	0.00	0.00	0.00
5+000.00	33.66	0.00	10.00	391.25	391.25	0.00	0.00	0.00	0.00	399.08	0.00	0.00	0.00
TOTAL 4000-5000				**15,068.73**	**15,068.73**	**0.00**	**0.00**	**1,524.85**	**645.08**	**14,531.49**	**109.85**	**0.00**	**0.00**

METRADOS DE EXP

OCULTAR OCULTAR

Estaca	AREAS (m^2)		Distancia (m)	VOLUMEN CORTE (m^3)				EN RELLENO (m^3)					
	Corte	Relleno		Total Corte	Material Suelto	Roca Suelta	Roca Fija	Total Relleno	Relleno Propio	Saldo en Corte Corregido(Ms+RS)	DLP 120	Relleno Transportado	Relleno Transportado
5+000.00	33.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+010.00	25.73	0.00	10.00	296.95	296.95	0.00	0.00	0.00	0.00	302.89	18.14	0.00	0.00
5+020.00	19.88	0.00	10.00	228.05	228.05	0.00	0.00	0.00	0.00	232.61	15.80	0.00	0.00
5+040.00	22.75	0.00	20.00	426.30	426.30	0.00	0.00	0.00	0.00	434.83	0.00	0.00	0.00
5+050.00	18.40	0.00	10.00	205.75	205.75	0.00	0.00	0.00	0.00	209.87	0.00	0.00	0.00
5+060.00	12.86	0.00	10.00	156.30	156.30	0.00	0.00	0.00	0.00	159.43	0.00	0.00	0.00
5+080.00	13.73	0.00	20.00	265.90	265.90	0.00	0.00	0.00	0.00	271.22	0.00	0.00	0.00
5+090.00	12.79	0.00	10.00	132.60	132.60	0.00	0.00	0.00	0.00	135.25	0.00	0.00	0.00
5+100.00	12.76	0.00	10.00	127.75	127.75	0.00	0.00	0.00	0.00	130.31	6.53	0.00	0.00
5+120.00	10.08	0.00	20.00	228.40	228.40	0.00	0.00	0.00	0.00	232.97	0.00	0.00	0.00
5+140.00	12.66	0.00	20.00	227.40	227.40	0.00	0.00	0.00	0.00	231.95	0.00	0.00	0.00
5+150.00	13.93	0.00	10.00	132.95	132.95	0.00	0.00	0.00	0.00	135.61	0.00	0.00	0.00
5+160.00	15.52	0.00	10.00	147.25	147.25	0.00	0.00	0.00	0.00	150.20	0.00	0.00	0.00
5+180.00	20.18	0.00	20.00	357.00	357.00	0.00	0.00	0.00	0.00	364.14	0.00	0.00	0.00
5+200.00	15.20	0.00	20.00	353.80	353.80	0.00	0.00	0.00	0.00	360.88	0.00	0.00	0.00
5+220.00	14.68	0.00	20.00	298.80	298.80	0.00	0.00	0.00	0.00	304.78	9.75	0.00	0.00
5+240.00	17.59	0.00	20.00	322.70	322.70	0.00	0.00	0.00	0.00	329.15	7.87	0.00	0.00
5+260.00	17.08	0.00	20.00	346.70	346.70	0.00	0.00	0.00	0.00	353.63	5.79	0.00	0.00
5+280.00	10.34	0.00	20.00	274.20	274.20	0.00	0.00	0.00	0.00	279.68	0.00	0.00	0.00
5+290.00	7.52	0.48	10.00	89.30	89.30	0.00	0.00	1.20	1.20	89.53	0.00	0.00	0.00
5+300.00	6.45	1.05	10.00	69.85	69.85	0.00	0.00	7.65	7.65	61.30	7.01	0.00	0.00
5+320.00	4.65	0.00	20.00	111.00	111.00	0.00	0.00	5.25	5.25	106.40	8.42	0.00	0.00
5+340.00	3.22	0.00	20.00	78.70	78.70	0.00	0.00	0.00	0.00	80.27	0.00	0.00	0.00
5+350.00	4.03	0.00	10.00	36.25	36.25	0.00	0.00	0.00	0.00	36.98	0.00	0.00	0.00
5+360.00	3.51	0.00	10.00	37.70	37.70	0.00	0.00	0.00	0.00	38.45	0.00	0.00	0.00
5+380.00	8.76	0.00	20.00	122.70	122.70	0.00	0.00	0.00	0.00	125.15	0.00	0.00	0.00
5+390.00	11.10	0.00	10.00	99.30	99.30	0.00	0.00	0.00	0.00	101.29	0.00	0.00	0.00
5+400.00	13.80	0.00	10.00	124.50	124.50	0.00	0.00	0.00	0.00	126.99	0.00	0.00	0.00
5+420.00	14.86	0.00	20.00	286.60	286.60	0.00	0.00	0.00	0.00	292.33	0.00	0.00	0.00
5+440.00	20.97	0.00	20.00	358.30	358.30	0.00	0.00	0.00	0.00	365.47	0.00	0.00	0.00
5+450.00	20.28	0.00	10.00	206.25	206.25	0.00	0.00	0.00	0.00	210.38	0.00	0.00	0.00
5+460.00	20.48	0.00	10.00	203.80	203.80	0.00	0.00	0.00	0.00	207.88	0.00	0.00	0.00
5+480.00	11.57	0.00	20.00	320.50	320.50	0.00	0.00	0.00	0.00	326.91	0.00	0.00	0.00
5+500.00	2.48	0.04	20.00	140.50	140.50	0.00	0.00	0.20	0.20	143.05	0.00	0.00	0.00
5+510.00	4.80	0.00	10.00	36.40	36.40	0.00	0.00	0.10	0.10	37.00	0.00	0.00	0.00
5+520.00	6.37	0.00	10.00	55.85	55.85	0.00	0.00	0.00	0.00	56.97	0.00	0.00	0.00
5+540.00	1.82	0.00	20.00	81.90	81.90	0.00	0.00	0.00	0.00	83.54	0.00	0.00	0.00
5+560.00	0.00	4.19	20.00	9.10	9.10	0.00	0.00	20.95	7.14	0.00	0.00	0.00	0.00
5+580.00	0.00	8.77	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	129.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+600.00	0.00	1.40	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	101.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5+620.00	3.89	0.00	20.00	19.45	19.45	0.00	0.00	7.00	7.00	10.74	0.00	0.00	0.00
5+640.00	6.18	0.00	20.00	100.70	100.70	0.00	0.00	0.00	0.00	102.71	0.00	0.00	0.00
5+660.00	4.51	0.00	20.00	106.90	106.90	0.00	0.00	0.00	0.00	109.04	0.00	0.00	0.00
5+680.00	1.35	0.04	20.00	58.60	58.60	0.00	0.00	0.20	0.20	59.51	24.42	0.00	0.00
5+700.00	0.81	0.30	20.00	21.60	21.60	0.00	0.00	3.40	3.40	17.61	4.12	0.00	0.00
TOTAL 5000-5700				**7,304.55**	**7,304.55**	**0.00**	**0.00**	**277.25**	**32.14**	**7,408.86**	**107.84**	**0.00**	**0.00**

)AD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

PLANACIONES

OCULTAR			OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR				
												Perfilado		
Eliminacion Exced. Corte	*Dmasa Parcial*	*Dmasa*	%ms	%rs	%rf	total	ms	rs	rf	total		*Long (m)*	*Distancia(m)*	*Area(m)*
0.00	0.00	0.00									0+0.00	4.00		
0.00	5.09	5.09	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+020.00	0.00	20.00	20.00
7.45	9.68	14.77	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+040.00	0.00	20.00	0.00
0.72	0.93	15.70	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+050.00	2.53	10.00	6.33
-9.01	-8.24	7.46	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+060.00	4.41	10.00	34.70
0.00	-33.33	-25.88	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+080.00	4.41	20.00	88.20
0.00	-7.14	-33.01	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+090.00	3.26	10.00	38.35
9.40	12.22	-20.79	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+100.00	3.45	10.00	33.55
51.58	67.05	46.26	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+120.00	4.00	20.00	74.50
28.72	64.20	110.45	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+140.00	0.00	20.00	20.00
18.24	23.72	134.17	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+160.00	1.25	20.00	6.25
5.31	6.91	141.08	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+180.00	0.00	20.00	6.25
0.00	-18.41	122.66	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+200.00	0.42	20.00	2.10
0.00	-18.83	103.84	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+220.00	4.84	20.00	52.60
14.85	19.30	123.14	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+240.00	0.00	20.00	24.20
86.14	111.98	235.12	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+260.00	2.04	20.00	10.20
125.70	163.40	398.52	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+280.00	4.37	20.00	64.10
63.59	82.67	481.19	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+290.00	4.00	10.00	41.85
60.45	78.59	559.78	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+300.00	3.80	10.00	39.00
72.66	94.45	654.23	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+320.00	3.42	20.00	72.20
19.98	32.97	687.21	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+340.00	4.00	20.00	74.20
5.23	10.44	697.64	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+360.00	0.00	20.00	20.00
23.53	30.59	728.23	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+380.00	0.00	20.00	0.00
64.97	84.46	812.69	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+400.00	2.03	20.00	10.15
106.71	138.72	951.41	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+420.00	2.98	20.00	50.10
112.28	145.96	1,097.37	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+440.00	4.59	20.00	75.70
74.38	96.70	1,194.07	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+460.00	1.88	20.00	64.70
27.97	36.36	1,230.42	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+480.00	2.61	20.00	44.90
12.01	15.61	1,246.03	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+500.00	5.04	20.00	76.50
3.33	13.03	1,259.06	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+520.00	1.71	20.00	67.50
17.92	23.29	1,282.36	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+540.00	0.00	20.00	8.55
27.96	36.35	1,318.71	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+560.00	0.00	20.00	0.00
16.53	21.48	1,340.19	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+580.00	4.40	20.00	22.00
17.78	23.12	1,363.31	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+600.00	4.28	20.00	86.80
36.74	49.88	1,413.18	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+620.00	0.22	20.00	45.00
44.33	57.63	1,470.81	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+640.00	1.89	20.00	21.10
22.47	29.21	1,500.02	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+660.00	4.00	20.00	58.90
0.00	-6.42	1,493.60	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+680.00	4.31	20.00	83.10
0.00	-7.55	1,486.05	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+690.00	4.35	10.00	43.30
0.00	-4.66	1,481.39	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+700.00	4.60	10.00	44.75
7.48	9.73	1,491.12	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+720.00	2.13	20.00	67.30
13.28	17.26	1,508.39	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+740.00	1.07	20.00	32.00
0.00	-11.43	1,496.95	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+760.00	1.00	20.00	20.70
0.00	-9.17	1,487.78	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+780.00	4.98	20.00	59.80
8.55	11.12	1,498.90	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+790.00	0.86	10.00	29.20
15.70	20.40	1,519.31	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+800.00	1.47	10.00	11.65
78.25	101.73	1,621.04	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+820.00	0.00	20.00	7.35
48.92	63.60	1,684.63	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+830.00	5.22	10.00	13.05
32.21	41.87	1,726.50	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+840.00	4.64	10.00	49.30
24.98	32.47	1,758.97	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+860.00	4.00	20.00	86.40
-1.84	-16.87	1,742.10	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+880.00	0.00	20.00	20.00
0.00	-31.33	1,710.77	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+900.00	0.22	20.00	1.10
0.00	-11.00	1,699.77	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+920.00	4.44	20.00	46.60
39.65	51.55	1,751.32	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+940.00	4.60	20.00	90.40
48.90	63.57	1,814.89	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+960.00	4.28	20.00	88.80
45.53	59.19	1,874.08	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	0+980.00	4.32	20.00	86.00
45.59	59.26	1,933.34	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+000.00	3.76	20.00	80.80
1,577.08	**1,933.34**											**150.08**	**1,000.00**	**2,322.08**

PLANACIONES

OCULTAR			OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR				
												Perfilado		
Eliminacion Exced. Corte	Dmasa Parcial	Dmasa	%ms	%rs	%rf	total	ms	rs	rf	total		Long (m)	Distancia(m)	Area(m)
42.56	0.00	1,933.34	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+000.00	3.99	0.00	0.00
34.08	44.31	1,977.64	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+020.00	0.00	20.00	19.95
23.24	32.29	2,009.93	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+040.00	4.16	20.00	20.80
14.99	19.49	2,029.42	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+060.00	3.68	20.00	78.40
7.88	14.08	2,043.50	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+080.00	2.09	20.00	57.70
8.62	13.26	2,056.75	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+100.00	1.01	20.00	31.00
-4.09	8.76	2,065.51	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+120.00	4.28	20.00	52.90
-19.17	17.58	2,083.09	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+140.00	3.85	20.00	81.30
24.01	31.21	2,114.30	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+160.00	0.00	20.00	19.25
21.81	28.36	2,142.66	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+180.00	0.00	20.00	0.00
14.28	18.56	2,161.22	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+200.00	0.00	20.00	0.00
9.71	12.62	2,173.84	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+220.00	0.00	20.00	0.00
7.30	9.49	2,183.34	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+240.00	0.00	20.00	0.00
5.05	21.30	2,204.63	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+260.00	5.22	20.00	26.10
-1.74	38.96	2,243.60	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+280.00	4.84	20.00	100.60
32.25	41.92	2,285.52	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+300.00	4.00	20.00	88.40
20.24	26.32	2,311.84	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+320.00	2.44	20.00	64.40
12.35	16.05	2,327.89	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+340.00	1.80	20.00	42.40
32.04	41.65	2,369.54	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+360.00	0.72	20.00	25.20
71.16	92.51	2,462.05	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+380.00	4.00	20.00	47.20
122.48	159.22	2,621.28	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+400.00	5.10	20.00	91.00
87.25	113.42	2,734.70	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+410.00	4.34	10.00	47.20
101.76	132.29	2,866.99	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+420.00	4.62	10.00	44.80
161.71	216.34	3,083.34	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+440.00	4.50	20.00	91.20
54.84	79.63	3,162.97	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+460.00	1.28	20.00	57.80
0.00	-1.52	3,161.45	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+480.00	0.00	20.00	6.40
0.80	1.04	3,162.49	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+500.00	0.00	20.00	0.00
11.94	15.53	3,178.02	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+520.00	4.24	20.00	21.20
6.30	8.19	3,186.20	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+530.00	4.97	10.00	46.05
4.18	5.43	3,191.64	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+540.00	4.00	10.00	44.85
15.28	19.86	3,211.50	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+560.00	4.70	20.00	87.00
10.29	28.09	3,239.58	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+580.00	0.68	20.00	53.80
0.00	36.15	3,275.73	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+600.00	5.10	20.00	57.80
0.00	45.39	3,321.12	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+620.00	4.00	20.00	91.00
0.00	21.68	3,342.79	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+630.00	2.09	10.00	30.45
10.02	13.02	3,355.82	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+640.00	1.24	10.00	16.65
0.00	-4.29	3,351.53	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+660.00	1.16	20.00	24.00
14.41	18.73	3,370.26	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+680.00	0.00	20.00	5.80
109.07	146.06	3,516.33	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+700.00	4.73	20.00	23.65
50.11	100.88	3,617.20	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+710.00	4.96	10.00	48.45
-17.01	42.75	3,659.95	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+720.00	4.00	10.00	44.80
-44.44	-13.12	3,646.83	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+730.00	4.58	10.00	42.90
-24.29	-8.50	3,638.33	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+740.00	5.10	10.00	48.40
11.17	47.18	3,685.51	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+760.00	4.85	20.00	99.50
11.55	59.08	3,744.59	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+770.00	4.00	10.00	44.25
58.35	86.11	3,830.70	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+780.00	0.00	10.00	10.00
100.31	130.41	3,961.11	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+790.00	0.00	10.00	0.00
131.38	170.80	4,131.90	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+800.00	0.00	10.00	0.00
240.80	313.04	4,444.94	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+820.00	0.00	20.00	0.00
95.84	124.59	4,569.54	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+830.00	0.00	10.00	0.00
67.91	88.28	4,657.82	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+840.00	0.32	10.00	0.80
62.77	81.60	4,739.42	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+860.00	1.10	20.00	14.20
56.26	73.13	4,812.55	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+880.00	0.00	20.00	3.86
96.12	124.95	4,937.50	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+900.00	0.89	20.00	2.81
63.28	82.26	5,019.76	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+910.00	4.00	10.00	24.45
38.25	69.67	5,089.43	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+920.00	5.20	10.00	46.00
64.65	118.41	5,207.84	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+940.00	4.28	20.00	94.80
92.73	176.04	5,383.88	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+960.00	4.19	20.00	84.70
93.75	140.28	5,524.16	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+980.00	4.51	20.00	87.00
2.16	13.89	5,538.06	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	1+990.00	3.36	10.00	39.35
-3.69	-8.31	5,529.74	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+000.00	4.01	10.00	36.85
2,314.86	**3,596.41**											**162.18**	**1,000.00**	**2,369.37**

PLANACIONES

OCULTAR			OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR				
												Perfilado		
Eliminacion Exced. Corte	Dmasa Parcial	Dmasa	%ms	%rs	%rf	total	ms	rs	rf	total		Long (m)	Distancia(m)	Area(m)
0.00	0.00	5,529.74	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+000.00	0.33	0.00	0.00
-3.99	-16.58	5,513.16	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+010.00	4.29	10.00	23.10
0.00	-0.09	5,513.07	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+020.00	4.05	10.00	41.70
76.18	99.03	5,612.10	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+030.00	4.61	10.00	43.30
136.37	198.80	5,810.90	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+040.00	3.87	10.00	42.40
295.52	387.19	6,198.09	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+060.00	4.02	20.00	78.90
103.14	139.13	6,337.22	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+070.00	3.31	10.00	36.65
67.10	87.23	6,424.45	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+080.00	0.00	10.00	8.28
83.98	109.18	6,533.62	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+100.00	0.00	20.00	0.00
63.00	81.91	6,615.53	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+120.00	5.22	20.00	26.10
15.77	20.50	6,636.03	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+130.00	1.82	10.00	35.20
0.00	-6.43	6,629.60	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+140.00	0.50	10.00	11.60
0.00	-29.47	6,600.13	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+160.00	4.06	20.00	45.60
5.32	6.92	6,607.05	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+180.00	4.00	20.00	80.60
23.44	30.48	6,637.52	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+200.00	4.40	20.00	84.00
46.65	65.26	6,702.78	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+220.00	4.11	20.00	85.10
75.87	98.63	6,801.42	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+240.00	4.74	20.00	88.50
79.80	103.73	6,905.15	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+260.00	4.80	20.00	95.40
37.14	48.28	6,953.43	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+280.00	4.00	20.00	88.00
0.00	-7.77	6,945.66	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+300.00	4.29	20.00	82.90
33.51	43.56	6,989.22	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+320.00	3.48	20.00	77.70
57.36	74.56	7,063.78	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+340.00	3.52	20.00	70.00
55.32	71.91	7,135.69	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+360.00	4.22	20.00	77.40
53.98	70.18	7,205.87	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+380.00	0.00	20.00	21.10
47.31	61.51	7,267.37	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+400.00	0.00	20.00	0.00
35.39	46.00	7,313.38	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+420.00	1.11	20.00	5.55
10.61	13.79	7,327.17	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+440.00	4.01	20.00	51.20
0.00	-47.32	7,279.84	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+460.00	4.75	20.00	87.60
0.00	-6.21	7,273.63	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+480.00	4.03	20.00	87.80
27.38	40.60	7,314.23	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+500.00	2.43	20.00	64.60
60.98	82.52	7,396.75	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+520.00	0.00	20.00	12.15
31.54	50.90	7,447.64	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+530.00	4.00	10.00	10.00
9.31	38.45	7,486.10	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+540.00	1.53	10.00	27.65
30.90	40.18	7,526.27	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+560.00	0.00	20.00	7.65
6.59	8.56	7,534.84	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+580.00	4.23	20.00	21.15
0.00	-55.69	7,479.15	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+600.00	4.11	20.00	83.40
0.00	-81.32	7,397.83	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+610.00	2.22	10.00	31.65
0.00	-84.24	7,313.59	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+620.00	0.96	10.00	15.90
0.00	-88.55	7,225.05	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+640.00	2.53	20.00	34.90
0.00	-0.02	7,225.03	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+650.00	0.00	10.00	6.33
18.24	23.72	7,248.75	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+660.00	2.42	10.00	6.05
42.43	55.15	7,303.90	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+680.00	4.25	20.00	66.70
21.94	35.06	7,338.96	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+700.00	4.40	20.00	86.50
10.68	13.88	7,352.84	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+720.00	4.20	20.00	86.00
0.00	-3.57	7,349.27	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+740.00	4.62	20.00	88.20
8.69	11.29	7,360.56	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+760.00	5.04	20.00	96.60
24.58	31.95	7,392.51	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+770.00	3.88	10.00	44.60
49.59	64.46	7,456.97	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+780.00	4.00	10.00	39.40
72.81	94.66	7,551.63	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+790.00	4.44	10.00	42.20
73.31	99.71	7,651.33	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+800.00	0.00	10.00	11.10
24.36	31.67	7,683.01	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+820.00	0.42	20.00	2.10
0.00	-7.09	7,675.92	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+840.00	0.00	20.00	2.10
18.22	32.74	7,708.66	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+860.00	4.09	20.00	20.45
28.25	36.72	7,745.38	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+880.00	4.51	20.00	86.00
26.27	34.15	7,779.53	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+900.00	4.51	20.00	90.20
24.69	32.10	7,811.63	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+920.00	0.00	20.00	22.55
34.67	45.07	7,856.70	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+940.00	3.81	20.00	19.05
51.39	67.66	7,924.36	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+960.00	2.54	20.00	63.50
37.55	48.81	7,973.17	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	2+980.00	0.53	20.00	30.70
38.57	50.14	8,023.31	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+000.00	4.65	20.00	51.80
2,171.67	**2,493.56**											**175.86**	**1,000.00**	**2,746.85**

PLANACIONES

OCULTAR			OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR				
												Perfilado		
Eliminacion Exced. Corte	Dmasa Parcial	Dmasa	%ms	%rs	%rf	total	ms	rs	rf	total		Long (m)	Distancia(m)	Area(m)
32.87	0.00	8,023.31	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+000.00	0.33	0.00	0.00
45.32	69.11	8,092.41	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+010.00	4.30	10.00	23.15
75.72	98.43	8,190.84	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+020.00	4.30	10.00	43.00
134.31	177.33	8,368.17	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+030.00	0.00	10.00	10.75
149.35	194.16	8,562.32	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+040.00	0.00	10.00	0.00
126.95	165.04	8,727.36	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+060.00	4.00	20.00	20.00
27.42	35.65	8,763.01	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+080.00	4.50	20.00	85.00
15.91	20.69	8,783.69	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+100.00	4.50	20.00	90.00
33.13	47.62	8,831.31	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+120.00	0.00	20.00	22.50
15.20	19.76	8,851.07	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+140.00	4.28	20.00	21.40
0.00	-0.86	8,850.21	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+150.00	2.96	10.00	36.20
9.25	12.02	8,862.23	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+160.00	0.00	10.00	7.40
36.17	47.02	8,909.25	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+180.00	1.62	20.00	8.10
18.70	38.05	8,947.30	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+190.00	5.80	10.00	37.10
39.81	54.26	9,001.56	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+200.00	2.27	10.00	40.35
106.00	137.80	9,139.37	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+220.00	2.94	20.00	52.10
29.46	38.30	9,177.67	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+240.00	3.18	20.00	61.20
13.57	17.65	9,195.31	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+260.00	4.19	20.00	73.70
0.00	-9.07	9,186.24	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+280.00	4.30	20.00	84.90
0.00	-84.44	9,101.81	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+290.00	3.75	10.00	40.25
0.00	-116.55	8,985.26	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+300.00	2.76	10.00	32.55
0.00	-170.11	8,815.15	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+320.00	2.82	20.00	55.80
6.93	9.01	8,824.17	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+340.00	4.09	20.00	69.10
27.54	35.81	8,859.97	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+360.00	5.22	20.00	93.10
0.00	-15.32	8,844.66	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+380.00	2.10	20.00	73.20
0.00	-15.75	8,828.91	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+400.00	0.29	20.00	23.90
31.26	40.64	8,869.55	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+420.00	5.29	20.00	55.80
31.73	41.25	8,910.79	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+440.00	5.52	20.00	108.10
17.05	22.17	8,932.96	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+460.00	2.31	20.00	78.30
0.08	0.11	8,933.07	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+480.00	5.52	20.00	78.30
0.00	-8.70	8,924.37	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+500.00	5.52	20.00	110.40
56.36	73.27	8,997.64	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+520.00	0.00	20.00	27.60
26.76	34.78	9,032.42	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+530.00	3.31	10.00	8.28
17.50	33.61	9,066.04	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+540.00	4.61	10.00	39.60
62.51	81.70	9,147.74	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+560.00	0.00	20.00	23.05
75.64	98.33	9,246.07	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+580.00	0.00	20.00	0.00
93.60	121.69	9,367.75	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+600.00	3.86	20.00	19.30
80.34	104.45	9,472.20	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+620.00	4.20	20.00	80.60
-10.88	-12.41	9,459.79	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+640.00	4.25	20.00	84.50
-9.52	-32.26	9,427.53	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+660.00	2.41	20.00	66.60
13.95	18.14	9,445.67	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+680.00	0.00	20.00	12.05
5.63	7.32	9,452.99	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+700.00	0.00	20.00	0.00
0.00	-53.40	9,399.59	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+720.00	4.00	20.00	20.00
0.00	-60.97	9,338.62	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+740.00	3.69	20.00	76.90
0.00	-27.53	9,311.08	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+760.00	4.46	20.00	81.50
35.11	46.12	9,357.20	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+770.00	0.00	10.00	11.15
68.97	89.67	9,446.87	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+780.00	0.00	10.00	0.00
82.23	109.29	9,556.16	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+790.00	1.70	10.00	4.25
90.39	117.50	9,673.66	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+800.00	4.23	10.00	29.65
179.36	233.17	9,906.84	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+820.00	4.09	20.00	83.20
137.37	192.98	10,099.82	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+840.00	4.05	20.00	81.40
77.13	100.26	10,200.08	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+860.00	0.00	20.00	20.25
53.91	70.08	10,270.17	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+880.00	0.00	20.00	0.00
55.30	71.90	10,342.06	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+900.00	4.64	20.00	23.20
27.52	37.73	10,379.79	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+920.00	4.19	20.00	88.30
25.26	32.83	10,412.62	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+940.00	4.00	20.00	81.90
128.39	166.91	10,579.53	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+960.00	0.00	20.00	20.00
92.78	120.62	10,700.15	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+970.00	0.00	10.00	0.00
51.24	66.61	10,766.75	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	3+980.00	4.30	10.00	10.75
39.14	50.88	10,817.63	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+000.00	0.00	20.00	21.50
2,579.73	**2,794.33**											**164.65**	**1,000.00**	**2,551.18**

PLANACIONES

OCULTAR			OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR				
												Perfilado		
Eliminacion Exced. Corte	Dmasa Parcial	Dmasa	%ms	%rs	%rf	total	ms	rs	rf	total		Long (m)	Distancia(m)	Area(m)
38.71	0.00	10,817.63	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+000.00	0.33	0.00	0.00
75.23	124.65	10,942.28	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+020.00	1.64	20.00	19.70
99.11	128.84	11,071.12	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+030.00	0.00	10.00	4.10
156.06	202.88	11,273.99	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+040.00	2.06	10.00	5.15
337.38	438.60	11,712.59	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+060.00	4.55	20.00	66.10
110.63	143.82	11,856.41	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+070.00	4.16	10.00	43.55
55.22	77.32	11,933.73	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+080.00	4.44	10.00	43.00
-7.88	-26.87	11,906.86	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+100.00	0.47	20.00	49.10
0.00	-58.56	11,848.30	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+110.00	0.00	10.00	1.18
73.32	98.97	11,947.27	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+120.00	2.98	10.00	7.45
182.19	236.84	12,184.11	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+130.00	2.98	10.00	29.80
199.72	259.64	12,443.75	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+140.00	0.00	10.00	7.45
367.44	477.67	12,921.42	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+160.00	0.00	20.00	0.00
322.79	419.63	13,341.05	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+180.00	3.18	20.00	15.90
159.34	207.15	13,548.19	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+200.00	3.10	20.00	62.80
0.00	-4.81	13,543.39	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+210.00	2.98	10.00	30.40
0.00	-21.76	13,521.63	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+220.00	1.05	10.00	20.15
85.00	110.50	13,632.12	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+230.00	0.79	10.00	9.20
187.23	243.40	13,875.53	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+240.00	4.35	10.00	25.70
254.75	331.18	14,206.70	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+250.00	3.15	10.00	37.50
235.26	305.83	14,512.53	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+260.00	0.72	10.00	19.35
219.98	285.98	14,798.51	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+280.00	2.98	20.00	37.00
64.50	83.84	14,882.36	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+290.00	0.00	10.00	7.45
78.06	101.48	14,983.84	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+300.00	3.55	10.00	8.88
105.80	137.54	15,121.38	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+310.00	2.98	10.00	32.65
184.23	239.50	15,360.88	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+320.00	3.42	10.00	32.00
249.23	324.00	15,684.88	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+330.00	0.85	10.00	21.35
233.31	303.30	15,988.18	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+340.00	4.00	10.00	24.25
289.67	376.57	16,364.75	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+360.00	4.67	20.00	86.70
127.42	165.65	16,530.40	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+380.00	4.84	20.00	95.10
0.00	-19.16	16,511.23	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+400.00	3.86	20.00	87.00
-4.65	-138.59	16,372.65	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+420.00	2.20	20.00	60.60
0.00	-2.56	16,370.09	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+430.00	0.00	10.00	5.50
117.66	152.96	16,523.04	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+440.00	4.00	10.00	10.00
227.15	295.29	16,818.33	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+450.00	4.91	10.00	44.55
263.51	342.57	17,160.90	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+460.00	2.16	10.00	35.35
383.76	498.88	17,659.78	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+480.00	4.00	20.00	61.60
130.08	169.11	17,828.89	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+500.00	4.75	20.00	87.50
0.00	-21.96	17,806.93	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+510.00	4.52	10.00	46.35
66.06	85.88	17,892.81	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+520.00	0.00	10.00	11.30
198.78	258.42	18,151.22	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+530.00	4.36	10.00	10.90
210.16	275.35	18,426.57	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+540.00	0.19	10.00	22.75
255.16	331.70	18,758.28	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+560.00	0.89	20.00	10.80
126.72	164.74	18,923.02	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+580.00	1.89	20.00	27.80
-4.67	-52.36	18,870.65	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+590.00	1.05	10.00	14.70
0.00	-160.95	18,709.70	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+600.00	0.63	10.00	8.40
0.00	-170.79	18,538.91	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+610.00	0.00	10.00	1.58
14.69	19.10	18,558.01	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+620.00	3.29	10.00	8.23
139.48	181.32	18,739.33	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+630.00	2.76	10.00	30.25
128.69	167.29	18,906.62	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+640.00	2.88	10.00	28.20
97.39	126.60	19,033.22	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+650.00	2.62	10.00	27.50
90.21	137.19	19,170.41	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+660.00	0.82	10.00	17.20
124.85	175.59	19,346.00	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+670.00	0.00	10.00	2.05
229.51	299.37	19,645.37	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+680.00	3.55	10.00	8.88
406.27	528.16	20,173.53	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+700.00	0.00	20.00	17.75
116.16	151.01	20,324.54	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+710.00	0.00	10.00	0.00
57.59	74.86	20,399.40	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+720.00	4.00	10.00	10.00
0.00	-107.52	20,291.88	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+730.00	2.75	10.00	33.75
0.00	-156.59	20,135.30	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+740.00	4.30	10.00	35.25
0.00	-35.52	20,099.78	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+750.00	3.03	10.00	36.65
37.68	48.98	20,148.76	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+760.00	1.18	10.00	21.05
95.47	124.11	20,272.86	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+770.00	3.29	10.00	22.35
109.75	142.67	20,415.53	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+780.00	1.62	10.00	24.55
50.72	65.94	20,481.47	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+800.00	4.20	20.00	58.20
-6.66	-31.79	20,449.68	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+810.00	4.00	10.00	41.00
-4.54	-32.00	20,417.68	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+820.00	0.00	10.00	10.00
0.00	-69.19	20,348.49	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+830.00	0.00	10.00	0.00
0.00	-32.72	20,315.77	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+840.00	0.00	10.00	0.00
62.30	80.99	20,396.77	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+850.00	4.14	10.00	10.35
154.99	201.48	20,598.25	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+860.00	4.17	10.00	41.55
458.84	596.50	21,194.74	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+880.00	4.59	20.00	87.60
245.31	318.90	21,513.65	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+890.00	5.59	10.00	50.90
165.36	214.97	21,728.61	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+900.00	6.59	10.00	60.90
235.54	306.20	22,034.82	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+920.00	7.59	20.00	141.80
136.09	176.92	22,211.73	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+930.00	8.59	10.00	80.90
140.60	182.78	22,394.52	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+940.00	9.59	10.00	90.90
320.20	416.26	21,611.01	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+960.00	4.20	80.00	351.60
458.76	596.39	22,207.40	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+980.00	4.51	20.00	87.10
307.06	399.18	22,606.58	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	4+990.00	3.71	10.00	41.10
306.98	399.08	23,005.65	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+000.00	4.00	10.00	38.55
11,132.72	**13,387.79**											**221.19**	**1,060.00**	**2,905.73**

PLANACIONES

OCULTAR			OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR	OCULTAR				
												Perfilado		
Eliminacion Exced. Corte	Dmasa Parcial	Dmasa	%ms	%rs	%rf	total	ms	rs	rf	total		Long (m)	Distancia(m)	Area(m)
306.98	0.00	23,005.65	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+000.00	0.00	0.00	0.00
232.99	302.89	23,308.54	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+010.00	0.00	10.00	0.00
178.93	232.61	23,541.15	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+020.00	0.00	10.00	0.00
333.52	434.83	23,975.98	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+040.00	4.00	20.00	20.00
138.76	209.87	24,185.84	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+050.00	4.08	10.00	40.40
115.47	159.43	24,345.27	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+060.00	2.35	10.00	32.15
207.96	271.22	24,616.49	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+080.00	4.00	20.00	63.50
99.69	135.25	24,751.74	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+090.00	0.00	10.00	10.00
100.23	130.31	24,882.04	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+100.00	1.50	10.00	3.75
179.21	232.97	25,115.01	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+120.00	4.12	20.00	56.20
178.42	231.95	25,346.96	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+140.00	4.71	20.00	88.30
104.31	135.61	25,482.57	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+150.00	4.71	10.00	47.10
109.43	150.20	25,632.76	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+160.00	4.44	10.00	45.75
258.10	364.14	25,996.90	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+180.00	4.00	20.00	84.40
275.84	360.88	26,357.78	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+200.00	0.00	20.00	20.00
234.44	304.78	26,662.56	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+220.00	0.00	20.00	0.00
253.20	329.15	26,991.71	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+240.00	0.00	20.00	0.00
272.03	353.63	27,345.34	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+260.00	1.29	20.00	6.45
215.14	279.68	27,625.03	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+280.00	4.41	20.00	57.00
68.87	89.53	27,714.55	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+290.00	3.82	10.00	41.15
47.16	61.30	27,775.86	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+300.00		10.00	9.55
81.84	106.40	27,882.25	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+320.00	0.00	20.00	0.00
61.75	80.27	27,962.52	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+340.00	5.22	20.00	26.10
28.44	36.98	27,999.50	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+350.00	5.22	10.00	52.20
29.58	38.45	28,037.95	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+360.00	5.22	10.00	52.20
96.27	125.15	28,163.11	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+380.00	5.22	20.00	104.40
77.91	101.29	28,264.39	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+390.00	5.22	10.00	52.20
97.68	126.99	28,391.38	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+400.00	2.18	10.00	37.00
224.87	292.33	28,683.72	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+420.00	4.51	20.00	66.90
281.13	365.47	29,049.18	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+440.00	5.21	20.00	97.20
161.83	210.38	29,259.56	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+450.00	1.86	10.00	35.35
159.90	207.88	29,467.43	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+460.00	4.55	10.00	32.05
251.47	326.91	29,794.34	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+480.00	4.71	20.00	92.60
110.04	143.05	29,937.39	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+500.00	4.28	20.00	89.90
28.46	37.00	29,974.39	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+510.00	0.00	10.00	10.70
43.82	56.97	30,031.36	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+520.00	4.00	10.00	10.00
64.26	83.54	30,114.90	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+540.00	4.98	20.00	89.80
0.00	-17.95	30,096.94	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+560.00	3.48	20.00	84.60
0.00	-168.48	29,928.46	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+580.00	4.00	20.00	74.80
0.00	-132.21	29,796.25	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+600.00	1.08	20.00	50.80
8.26	10.74	29,806.99	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+620.00	4.24	20.00	53.20
65.76	102.71	29,909.71	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+640.00	0.54	20.00	47.80
75.17	109.04	30,018.74	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+660.00	0.38	20.00	9.20
45.78	59.51	30,078.26	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+680.00	0.00	20.00	1.90
13.55	17.61	30,095.87	100	0	0	100	1.00	0.00	0.00	1.00	5+700.00	4.09	20.00	20.45
5,918.45	**7,090.22**											**127.62**	**700.00**	**1,817.05**

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM 24771.60 M3-KM

05.04.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM 279461.56 M3-KM

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE		
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km	
			B-1	9.85	0.05	9.90	0.12	9.78	1.00	8.78			
	0+020.00		B-1	9.85	0.05	9.88	0.12	9.76	1.00	8.76			
	0+040.00	7.45	B-1	9.85	0.05	9.86	0.12	9.74	1.00	8.74	7.45	65.08	7.45
	0+050.00	0.72	B-1	9.85	0.05	9.85	0.12	9.73	1.00	8.73	0.72	6.24	0.72
EXPLANACIONES	0+060.00	-9.01	B-1	9.85	0.05	9.84	0.12	9.72	1.00	8.72	-9.01	-78.55	-9.01
	0+080.00		B-1	9.85	0.05	9.82	0.12	9.70	1.00	8.70			
	0+090.00		B-1	9.85	0.05	9.81	0.12	9.69	1.00	8.69			
	0+100.00	9.40	B-1	9.85	0.05	9.80	0.12	9.68	1.00	8.68	9.40	81.60	9.40
	0+120.00	51.58	B-1	9.85	0.05	9.78	0.12	9.66	1.00	8.66	51.58	446.66	51.58
	0+140.00	28.72	B-1	9.85	0.05	9.76	0.12	9.64	1.00	8.64	28.72	248.13	28.72
	0+160.00	18.24	B-1	9.85	0.05	9.74	0.12	9.62	1.00	8.62	18.24	157.26	18.24
	0+180.00	5.31	B-1	9.85	0.05	9.72	0.12	9.60	1.00	8.60	5.31	45.69	5.31
	0+200.00		B-1	9.85	0.05	9.70	0.12	9.58	1.00	8.58			
	0+220.00		B-1	9.85	0.05	9.68	0.12	9.56	1.00	8.56			
	0+240.00	14.85	B-1	9.85	0.05	9.66	0.12	9.54	1.00	8.54	14.85	126.80	14.85
EXPLANACIONES	0+260.00	86.14	B-1	9.85	0.05	9.64	0.12	9.52	1.00	8.52	86.14	733.88	86.14
	0+280.00	125.70	B-1	9.85	0.05	9.62	0.12	9.50	1.00	8.50	125.70	1068.41	125.70
	0+290.00	63.59	B-1	9.85	0.05	9.61	0.12	9.49	1.00	8.49	63.59	539.91	63.59
	0+300.00	60.45	B-1	9.85	0.05	9.60	0.12	9.48	1.00	8.48	60.45	512.66	60.45
	0+320.00	72.66	B-1	9.85	0.05	9.58	0.12	9.46	1.00	8.46	72.66	614.66	72.66
	0+340.00	19.98	B-1	9.85	0.05	9.56	0.12	9.44	1.00	8.44	19.98	168.62	19.98
	0+360.00	5.23	B-1	9.85	0.05	9.54	0.12	9.42	1.00	8.42	5.23	44.02	5.23
	0+380.00	23.53	B-1	9.85	0.05	9.52	0.12	9.40	1.00	8.40	23.53	197.66	23.53
	0+400.00	64.97	B-1	9.85	0.05	9.50	0.12	9.38	1.00	8.38	64.97	544.42	64.97
	0+420.00	106.71	B-1	9.85	0.05	9.48	0.12	9.36	1.00	8.36	106.71	892.08	106.71
	0+440.00	112.28	B-1	9.85	0.05	9.46	0.12	9.34	1.00	8.34	112.28	936.40	112.28
A	0+460.00	74.38	B-1	9.85	0.05	9.44	0.12	9.32	1.00	8.32	74.38	618.85	74.38
	0+480.00	27.97	B-1	9.85	0.05	9.42	0.12	9.30	1.00	8.30	27.97	232.12	27.97
	0+500.00	12.01	B-1	9.85	0.05	9.40	0.12	9.28	1.00	8.28	12.01	99.41	12.01
	0+520.00	3.33	B-1	9.85	0.05	9.38	0.12	9.26	1.00	8.26	3.33	27.47	3.33
	0+540.00	17.92	B-1	9.85	0.05	9.36	0.12	9.24	1.00	8.24	17.92	147.64	17.92
	0+560.00	27.96	B-1	9.85	0.05	9.34	0.12	9.22	1.00	8.22	27.96	229.84	27.96
	0+580.00	16.53	B-1	9.85	0.05	9.32	0.12	9.20	1.00	8.20	16.53	135.51	16.53
	0+600.00	17.78	B-1	9.85	0.05	9.30	0.12	9.18	1.00	8.18	17.78	145.45	17.78
	0+620.00	36.74	B-1	9.85	0.05	9.28	0.12	9.16	1.00	8.16	36.74	299.77	36.74

		13.49	18.6225
Código	**B-1**	**B-2**	**B-3**
C.G.	9.85	17.12	20.125
Acceso	0.05	0.05	0.05
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8
% Uso	44%	26%	27%
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97
Factor	1.00	1.00	1.00
Exc. a eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**
total	**24,771.60**		

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM — **24771.60 M3-KM**

05.04.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM — **279461.56 M3-KM**

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE		
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km	
	0+640.00	44.33	B-1	9.85	0.05	9.26	0.12	9.14	1.00	8.14	44.33	360.85	44.33
	0+660.00	22.47	B-1	9.85	0.05	9.24	0.12	9.12	1.00	8.12	22.47	182.44	22.47
	0+680.00		B-1	9.85	0.05	9.22	0.12	9.10	1.00	8.10			
	0+690.00		B-1	9.85	0.05	9.21	0.12	9.09	1.00	8.09			
	0+700.00		B-1	9.85	0.05	9.20	0.12	9.08	1.00	8.08			
	0+720.00	7.48	B-1	9.85	0.05	9.18	0.12	9.06	1.00	8.06	7.48	60.33	7.48
	0+740.00	13.28	B-1	9.85	0.05	9.16	0.12	9.04	1.00	8.04	13.28	106.77	13.28
	0+760.00		B-1	9.85	0.05	9.14	0.12	9.02	1.00	8.02			
	0+780.00		B-1	9.85	0.05	9.12	0.12	9.00	1.00	8.00			
	0+790.00	8.55	B-1	9.85	0.05	9.11	0.12	8.99	1.00	7.99	8.55	68.33	8.55
	0+800.00	15.70	B-1	9.85	0.05	9.10	0.12	8.98	1.00	7.98	15.70	125.25	15.70
EXPLANACIONES	0+820.00	78.25	B-1	9.85	0.05	9.08	0.12	8.96	1.00	7.96	78.25	622.90	78.25
	0+830.00	48.92	B-1	9.85	0.05	9.07	0.12	8.95	1.00	7.95	48.92	388.92	48.92
	0+840.00	32.21	B-1	9.85	0.05	9.06	0.12	8.94	1.00	7.94	32.21	255.74	32.21
	0+860.00	24.98	B-1	9.85	0.05	9.04	0.12	8.92	1.00	7.92	24.98	197.82	24.98
	0+880.00	-1.84	B-1	9.85	0.05	9.02	0.12	8.90	1.00	7.90	-1.84	-14.52	-1.84
	0+900.00		B-1	9.85	0.05	9.00	0.12	8.88	1.00	7.88			
	0+920.00		B-1	9.85	0.05	8.98	0.12	8.86	1.00	7.86			
	0+940.00	39.65	B-1	9.85	0.05	8.96	0.12	8.84	1.00	7.84	39.65	310.87	39.65
	0+960.00	48.90	B-1	9.85	0.05	8.94	0.12	8.82	1.00	7.82	48.90	382.41	48.90
	0+980.00	45.53	B-1	9.85	0.05	8.92	0.12	8.80	1.00	7.80	45.53	355.12	45.53
	1+000.00	45.59	B-1	9.85	0.05	8.90	0.12	8.78	1.00	7.78	45.59	354.66	45.59
EXPLANACIONES	1+000.00	42.56	B-1	9.85	0.05	8.90	0.12	8.78	1.00	7.78	42.56	331.14	42.56
	1+020.00	34.08	B-1	9.85	0.05	8.88	0.12	8.76	1.00	7.76	34.08	264.47	34.08
	1+040.00	23.24	B-1	9.85	0.05	8.86	0.12	8.74	1.00	7.74	23.24	179.84	23.24
	1+060.00	14.99	B-1	9.85	0.05	8.84	0.12	8.72	1.00	7.72	14.99	115.72	14.99
	1+080.00	7.88	B-1	9.85	0.05	8.82	0.12	8.70	1.00	7.70	7.88	60.65	7.88
	1+100.00	8.62	B-1	9.85	0.05	8.80	0.12	8.68	1.00	7.68	8.62	66.20	8.62
	1+120.00	-4.09	B-1	9.85	0.05	8.78	0.12	8.66	1.00	7.66	-4.09	-31.35	-4.09
	1+140.00	-19.17	B-1	9.85	0.05	8.76	0.12	8.64	1.00	7.64	-19.17	-146.45	-19.17
	1+160.00	24.01	B-1	9.85	0.05	8.74	0.12	8.62	1.00	7.62	24.01	182.95	24.01
	1+180.00	21.81	B-1	9.85	0.05	8.72	0.12	8.60	1.00	7.60	21.81	165.77	21.81
EXPLANAC	1+200.00	14.28	B-1	9.85	0.05	8.70	0.12	8.58	1.00	7.58	14.28	108.24	14.28
	1+220.00	9.71	B-1	9.85	0.05	8.68	0.12	8.56	1.00	7.56	9.71	73.38	9.71
	1+240.00	7.30	B-1	9.85	0.05	8.66	0.12	8.54	1.00	7.54	7.30	55.05	7.30
	1+260.00	5.05	B-1	9.85	0.05	8.64	0.12	8.52	1.00	7.52	5.05	38.00	5.05
	1+280.00	-1.74	B-1	9.85	0.05	8.62	0.12	8.50	1.00	7.50	-1.74	-13.07	-1.74
	1+300.00	32.25	B-1	9.85	0.05	8.60	0.12	8.48	1.00	7.48	32.25	241.21	32.25
	1+320.00	20.24	B-1	9.85	0.05	8.58	0.12	8.46	1.00	7.46	20.24	151.01	20.24

		13.49	18.6225
Código	B-1	B-2	B-3
C.G.	9.85	17.12	20.125
Acceso	0.05	0.05	0.05
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8
% Uso	44%	26%	27%
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97
Factor	1.00	1.00	1.00
Exc. a eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**
total	**24,771.60**		

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 **TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM** **24771.60 M3-KM**

05.04.00 **TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM** **279461.56 M3-KM**

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE		
			Código	C.G.	Acceso	Dist. Total	Libre	Dist. Valorizada	D<1 km	D>1 km	D<1km	D>1Km	
				(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	m3-km	m3-km	
I O N E S	1+340.00	12.35	B-1	9.85	0.05	8.56	0.12	8.44	1.00	7.44	12.35	91.86	12.35
	1+360.00	32.04	B-1	9.85	0.05	8.54	0.12	8.42	1.00	7.42	32.04	237.74	32.04
	1+380.00	71.16	B-1	9.85	0.05	8.52	0.12	8.40	1.00	7.40	71.16	526.62	71.16
	1+400.00	122.48	B-1	9.85	0.05	8.50	0.12	8.38	1.00	7.38	122.48	903.89	122.48
	1+410.00	87.25	B-1	9.85	0.05	8.49	0.12	8.37	1.00	7.37	87.25	643.03	87.25

		13.49	18.6225
Código	**B-1**	**B-2**	**B-3**
C.G.	9.85	17.12	20.125
Acceso	0.05	0.05	0.05
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8
% Uso	44%	26%	27%
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97
Factor	1.00	1.00	1.00
Exc. a eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**
total	**24,771.60**		

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM 24771.60 M3-KM

05.04.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM 279461.56 M3-KM

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE		
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km	
EXPLANACIONES	1+420.00	101.76	B-1	9.85	0.05	8.48	0.12	8.36	1.00	7.36	101.76	748.99	101.76
	1+440.00	161.71	B-1	9.85	0.05	8.46	0.12	8.34	1.00	7.34	161.71	1186.95	161.71
	1+460.00	54.84	B-1	9.85	0.05	8.44	0.12	8.32	1.00	7.32	54.84	401.43	54.84
	1+480.00		B-1	9.85	0.05	8.42	0.12	8.30	1.00	7.30			
	1+500.00	0.80	B-1	9.85	0.05	8.40	0.12	8.28	1.00	7.28	0.80	5.81	0.80
	1+520.00	11.94	B-1	9.85	0.05	8.38	0.12	8.26	1.00	7.26	11.94	86.71	11.94
	1+530.00	6.30	B-1	9.85	0.05	8.37	0.12	8.25	1.00	7.25	6.30	45.66	6.30
	1+540.00	4.18	B-1	9.85	0.05	8.36	0.12	8.24	1.00	7.24	4.18	30.25	4.18
	1+560.00	15.28	B-1	9.85	0.05	8.34	0.12	8.22	1.00	7.22	15.28	110.31	15.28
	1+580.00	10.29	B-1	9.85	0.05	8.32	0.12	8.20	1.00	7.20	10.29	74.09	10.29
	1+600.00		B-1	9.85	0.05	8.30	0.12	8.18	1.00	7.18			
	1+620.00		B-1	9.85	0.05	8.28	0.12	8.16	1.00	7.16			
EXPLANACIONES	1+630.00		B-1	9.85	0.05	8.27	0.12	8.15	1.00	7.15			
	1+640.00	10.02	B-1	9.85	0.05	8.26	0.12	8.14	1.00	7.14	10.02	71.53	10.02
	1+660.00		B-1	9.85	0.05	8.24	0.12	8.12	1.00	7.12			
	1+680.00	14.41	B-1	9.85	0.05	8.22	0.12	8.10	1.00	7.10	14.41	102.30	14.41
	1+700.00	109.07	B-1	9.85	0.05	8.20	0.12	8.08	1.00	7.08	109.07	772.23	109.07
	1+710.00	50.11	B-1	9.85	0.05	8.19	0.12	8.07	1.00	7.07	50.11	354.30	50.11
	1+720.00	-17.01	B-1	9.85	0.05	8.18	0.12	8.06	1.00	7.06	-17.01	-120.09	-17.01
	1+730.00	-44.44	B-1	9.85	0.05	8.17	0.12	8.05	1.00	7.05	-44.44	-313.29	-44.44
	1+740.00	-24.29	B-1	9.85	0.05	8.16	0.12	8.04	1.00	7.04	-24.29	-171.02	-24.29
	1+760.00	11.17	B-1	9.85	0.05	8.14	0.12	8.02	1.00	7.02	11.17	78.44	11.17
	1+770.00	11.55	B-1	9.85	0.05	8.13	0.12	8.01	1.00	7.01	11.55	81.00	11.55
	1+780.00	58.35	B-1	9.85	0.05	8.12	0.12	8.00	1.00	7.00	58.35	408.43	58.35
EXPLANACIONES	1+790.00	100.31	B-1	9.85	0.05	8.11	0.12	7.99	1.00	6.99	100.31	701.19	100.31
	1+800.00	131.38	B-1	9.85	0.05	8.10	0.12	7.98	1.00	6.98	131.38	917.06	131.38
	1+820.00	240.80	B-1	9.85	0.05	8.08	0.12	7.96	1.00	6.96	240.80	1675.96	240.80
	1+830.00	95.84	B-1	9.85	0.05	8.07	0.12	7.95	1.00	6.95	95.84	666.09	95.84
	1+840.00	67.91	B-1	9.85	0.05	8.06	0.12	7.94	1.00	6.94	67.91	471.28	67.91
	1+860.00	62.77	B-1	9.85	0.05	8.04	0.12	7.92	1.00	6.92	62.77	434.36	62.77
	1+880.00	56.26	B-1	9.85	0.05	8.02	0.12	7.90	1.00	6.90	56.26	388.17	56.26
	1+900.00	96.12	B-1	9.85	0.05	8.00	0.12	7.88	1.00	6.88	96.12	661.27	96.12
	1+910.00	63.28	B-1	9.85	0.05	7.99	0.12	7.87	1.00	6.87	63.28	434.73	63.28
	1+920.00	38.25	B-1	9.85	0.05	7.98	0.12	7.86	1.00	6.86	38.25	262.40	38.25
	1+940.00	64.65	B-1	9.85	0.05	7.96	0.12	7.84	1.00	6.84	64.65	442.18	64.65
	1+960.00	92.73	B-1	9.85	0.05	7.94	0.12	7.82	1.00	6.82	92.73	632.42	92.73
EX	1+980.00	93.75	B-1	9.85	0.05	7.92	0.12	7.80	1.00	6.80	93.75	637.49	93.75
	1+990.00	2.16	B-1	9.85	0.05	7.91	0.12	7.79	1.00	6.79	2.16	14.69	2.16
	2+000.00	-3.69	B-2	17.12	0.05	15.17	0.12	15.05	1.00	14.05	-3.69	-51.88	-3.69

		13.49	18.6225
Código	B-1	B-2	B-3
C.G.	9.85	17.12	20.125
Acceso	0.05	0.05	0.05
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8
% Uso	44%	26%	27%
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97
Factor	1.00	1.00	1.00
Exc. a eliminar	3,895.63	18,868.20	2,007.77
total	24,771.60		

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM — **24771.60 M3-KM**

05.04.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM — **279461.56 M3-KM**

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE	
			Código	C.G.	Acceso	Dist. Total	Libre	Dist. Valorizada	D<1 km	D>1 km	D<1km	D>1Km
				(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	m3-km	m3-km
PLANACIONES	2+000.00		B-2	17.12	0.05	15.17	0.12	15.05	1.00	14.05		
	2+010.00	-3.99	B-2	17.12	0.05	15.16	0.12	15.04	1.00	14.04	-3.99	-56.05
	2+020.00		B-2	17.12	0.05	15.15	0.12	15.03	1.00	14.03		
	2+030.00	76.18	B-2	17.12	0.05	15.14	0.12	15.02	1.00	14.02	76.18	1068.03
	2+040.00	136.37	B-2	17.12	0.05	15.13	0.12	15.01	1.00	14.01	136.37	1910.51
	2+060.00	295.52	B-2	17.12	0.05	15.11	0.12	14.99	1.00	13.99	295.52	4134.39
	2+070.00	103.14	B-2	17.12	0.05	15.10	0.12	14.98	1.00	13.98	103.14	1441.85
	2+080.00	67.10	B-2	17.12	0.05	15.09	0.12	14.97	1.00	13.97	67.10	937.37
	2+100.00	83.98	B-2	17.12	0.05	15.07	0.12	14.95	1.00	13.95	83.98	1171.55
	2+120.00	63.00	B-2	17.12	0.05	15.05	0.12	14.93	1.00	13.93	63.00	877.65
	2+130.00	15.77	B-2	17.12	0.05	15.04	0.12	14.92	1.00	13.92	15.77	219.52
	2+140.00		B-2	17.12	0.05	15.03	0.12	14.91	1.00	13.91		
	2+160.00		B-2	17.12	0.05	15.01	0.12	14.89	1.00	13.89		
	2+180.00	5.32	B-2	17.12	0.05	14.99	0.12	14.87	1.00	13.87	5.32	73.79

		13.49	18.6225
Código	**B-1**	**B-2**	**B-3**
C.G.	9.85	17.12	20.125
Acceso	0.05	0.05	0.05
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8
% Uso	44%	26%	27%
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97
Factor	1.00	1.00	1.00
Exc. a eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**
total	**24,771.60**		

-3.99
76.18
136.37
295.52
103.14
67.10
83.98
63.00
15.77
5.32

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM — **24771.60 M3-KM**

05.04.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM — **279461.56 M3-KM**

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE				
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km			
EXPLANACIONES	2+200.00	23.44	B-2	17.12	0.05	14.97	0.12	14.85	1.00	13.85	23.44	324.71			23.44
	2+220.00	46.65	B-2	17.12	0.05	14.95	0.12	14.83	1.00	13.83	46.65	645.12			46.65
	2+240.00	75.87	B-2	17.12	0.05	14.93	0.12	14.81	1.00	13.81	75.87	1047.80			75.87
	2+260.00	79.80	B-2	17.12	0.05	14.91	0.12	14.79	1.00	13.79	79.80	1100.38			79.80
	2+280.00	37.14	B-2	17.12	0.05	14.89	0.12	14.77	1.00	13.77	37.14	511.39			37.14
	2+300.00		B-2	17.12	0.05	14.87	0.12	14.75	1.00	13.75					
	2+320.00	33.51	B-2	17.12	0.05	14.85	0.12	14.73	1.00	13.73	33.51	460.08			33.51
	2+340.00	57.36	B-2	17.12	0.05	14.83	0.12	14.71	1.00	13.71	57.36	786.34			57.36
	2+360.00	55.32	B-2	17.12	0.05	14.81	0.12	14.69	1.00	13.69	55.32	757.27			55.32
	2+380.00	53.98	B-2	17.12	0.05	14.79	0.12	14.67	1.00	13.67	53.98	737.93			53.98
	2+400.00	47.31	B-2	17.12	0.05	14.77	0.12	14.65	1.00	13.65	47.31	645.81			47.31
	2+420.00	35.39	B-2	17.12	0.05	14.75	0.12	14.63	1.00	13.63	35.39	482.31			35.39
EXPLANACIONES	2+440.00	10.61	B-2	17.12	0.05	14.73	0.12	14.61	1.00	13.61	10.61	144.36			10.61
	2+460.00		B-2	17.12	0.05	14.71	0.12	14.59	1.00	13.59					
	2+480.00		B-2	17.12	0.05	14.69	0.12	14.57	1.00	13.57					
	2+500.00	27.38	B-2	17.12	0.05	14.67	0.12	14.55	1.00	13.55	27.38	371.02			27.38
	2+520.00	60.98	B-2	17.12	0.05	14.65	0.12	14.53	1.00	13.53	60.98	825.00			60.98
	2+530.00	31.54	B-2	17.12	0.05	14.64	0.12	14.52	1.00	13.52	31.54	426.48			31.54
	2+540.00	9.31	B-2	17.12	0.05	14.63	0.12	14.51	1.00	13.51	9.31	125.79			9.31
	2+560.00	30.90	B-2	17.12	0.05	14.61	0.12	14.49	1.00	13.49	30.90	416.90			30.90
	2+580.00	6.59	B-2	17.12	0.05	14.59	0.12	14.47	1.00	13.47	6.59	88.72			6.59
	2+600.00		B-2	17.12	0.05	14.57	0.12	14.45	1.00	13.45					
	2+610.00		B-2	17.12	0.05	14.56	0.12	14.44	1.00	13.44					
	2+620.00		B-2	17.12	0.05	14.55	0.12	14.43	1.00	13.43					
EXPLANACIONES	2+640.00		B-2	17.12	0.05	14.53	0.12	14.41	1.00	13.41					
	2+650.00		B-2	17.12	0.05	14.52	0.12	14.40	1.00	13.40					
	2+660.00	18.24	B-2	17.12	0.05	14.51	0.12	14.39	1.00	13.39	18.24	244.26			18.24
	2+680.00	42.43	B-2	17.12	0.05	14.49	0.12	14.37	1.00	13.37	42.43	567.24			42.43
	2+700.00	21.94	B-2	17.12	0.05	14.47	0.12	14.35	1.00	13.35	21.94	292.88			21.94
	2+720.00	10.68	B-2	17.12	0.05	14.45	0.12	14.33	1.00	13.33	10.68	142.32			10.68
	2+740.00		B-2	17.12	0.05	14.43	0.12	14.31	1.00	13.31					
	2+760.00	8.69	B-2	17.12	0.05	14.41	0.12	14.29	1.00	13.29	8.69	115.44			8.69
	2+770.00	24.58	B-2	17.12	0.05	14.40	0.12	14.28	1.00	13.28	24.58	326.37			24.58
	2+780.00	49.59	B-2	17.12	0.05	14.39	0.12	14.27	1.00	13.27	49.59	658.03			49.59
	2+790.00	72.81	B-2	17.12	0.05	14.38	0.12	14.26	1.00	13.26	72.81	965.49			72.81
	2+800.00	73.31	B-2	17.12	0.05	14.37	0.12	14.25	1.00	13.25	73.31	971.38			73.31

		13.49	18.6225
Código	**B-1**	**B-2**	**B-3**
C.G.	9.85	17.12	20.125
Acceso	0.05	0.05	0.05
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8
% Uso	44%	26%	27%
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97
Factor	1.00	1.00	1.00
Exc. a eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**
total	**24,771.60**		

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM 24771.60 M3-KM

05.04.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM 279461.56 M3-KM

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE				
			Código	C.G.	Acceso	Dist. Total	Libre	Dist. Valorizada	D<1 km	D>1 km	D<1km	D>1Km			
				(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	m3-km	m3-km			
EXPLANACIONES	2+820.00	24.36	B-2	17.12	0.05	14.35	0.12	14.23	1.00	13.23	24.36	322.31			24.36
	2+840.00		B-2	17.12	0.05	14.33	0.12	14.21	1.00	13.21					
	2+860.00	18.22	B-2	17.12	0.05	14.31	0.12	14.19	1.00	13.19	18.22	240.28			18.22
	2+880.00	28.25	B-2	17.12	0.05	14.29	0.12	14.17	1.00	13.17	28.25	372.00			28.25
	2+900.00	26.27	B-2	17.12	0.05	14.27	0.12	14.15	1.00	13.15	26.27	345.42			26.27
	2+920.00	24.69	B-2	17.12	0.05	14.25	0.12	14.13	1.00	13.13	24.69	324.23			24.69
	2+940.00	34.67	B-2	17.12	0.05	14.23	0.12	14.11	1.00	13.11	34.67	454.51			34.67
	2+960.00	51.39	B-2	17.12	0.05	14.21	0.12	14.09	1.00	13.09	51.39	672.64			51.39
	2+980.00	37.55	B-2	17.12	0.05	14.19	0.12	14.07	1.00	13.07	37.55	490.73			37.55
	3+000.00	38.57	B-2	17.12	0.05	14.17	0.12	14.05	1.00	13.05	38.57	503.29			38.57
	3+000.00	32.87	B-2	17.12	0.05	14.17	0.12	14.05	1.00	13.05	32.87	429.00			32.87
	3+010.00	45.32	B-2	17.12	0.05	14.16	0.12	14.04	1.00	13.04	45.32	590.91			45.32
	3+020.00	75.72	B-2	17.12	0.05	14.15	0.12	14.03	1.00	13.03	75.72	986.57			75.72
	3+030.00	134.31	B-2	17.12	0.05	14.14	0.12	14.02	1.00	13.02	134.31	1748.65			134.31
	3+040.00	149.35	B-2	17.12	0.05	14.13	0.12	14.01	1.00	13.01	149.35	1943.06			149.35
	3+060.00	126.95	B-2	17.12	0.05	14.11	0.12	13.99	1.00	12.99	126.95	1649.09			126.95
	3+080.00	27.42	B-2	17.12	0.05	14.09	0.12	13.97	1.00	12.97	27.42	355.63			27.42
	3+100.00	15.91	B-2	17.12	0.05	14.07	0.12	13.95	1.00	12.95	15.91	206.06			15.91

		13.49	18.6225
Código	**B-1**	**B-2**	**B-3**
C.G.	9.85	17.12	20.125
Acceso	0.05	0.05	0.05
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8
% Uso	44%	26%	27%
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97
Factor	1.00	1.00	1.00
Exc. a eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**
total	**24,771.60**		

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM 24771.60 M3-KM

05.04.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM 279461.56 M3-KM

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE		
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km	
EXPLANACIONES	3+120.00	33.13	B-2	17.12	0.05	14.05	0.12	13.93	1.00	12.93	33.13	428.38	33.13
	3+140.00	15.20	B-2	17.12	0.05	14.03	0.12	13.91	1.00	12.91	15.20	196.25	15.20
	3+150.00		B-2	17.12	0.05	14.02	0.12	13.90	1.00	12.90			
	3+160.00	9.25	B-2	17.12	0.05	14.01	0.12	13.89	1.00	12.89	9.25	119.18	9.25
	3+180.00	36.17	B-2	17.12	0.05	13.99	0.12	13.87	1.00	12.87	36.17	465.52	36.17
	3+190.00	18.70	B-2	17.12	0.05	13.98	0.12	13.86	1.00	12.86	18.70	240.44	18.70
	3+200.00	39.81	B-2	17.12	0.05	13.97	0.12	13.85	1.00	12.85	39.81	511.57	39.81
	3+220.00	106.00	B-2	17.12	0.05	13.95	0.12	13.83	1.00	12.83	106.00	1360.00	106.00
	3+240.00	29.46	B-2	17.12	0.05	13.93	0.12	13.81	1.00	12.81	29.46	377.41	29.46
	3+260.00	13.57	B-2	17.12	0.05	13.91	0.12	13.79	1.00	12.79	13.57	173.61	13.57
	3+280.00		B-2	17.12	0.05	13.89	0.12	13.77	1.00	12.77			
	3+290.00		B-2	17.12	0.05	13.88	0.12	13.76	1.00	12.76			
EXPLANACIONES	3+300.00		B-2	17.12	0.05	13.87	0.12	13.75	1.00	12.75			
	3+320.00		B-2	17.12	0.05	13.85	0.12	13.73	1.00	12.73			
	3+340.00	6.93	B-2	17.12	0.05	13.83	0.12	13.71	1.00	12.71	6.93	88.10	6.93
	3+360.00	27.54	B-2	17.12	0.05	13.81	0.12	13.69	1.00	12.69	27.54	349.54	27.54
	3+380.00		B-2	17.12	0.05	13.79	0.12	13.67	1.00	12.67			
	3+400.00		B-2	17.12	0.05	13.77	0.12	13.65	1.00	12.65			
	3+420.00	31.26	B-2	17.12	0.05	13.75	0.12	13.63	1.00	12.63	31.26	394.83	31.26
	3+440.00	31.73	B-2	17.12	0.05	13.73	0.12	13.61	1.00	12.61	31.73	400.08	31.73
	3+460.00	17.05	B-2	17.12	0.05	13.71	0.12	13.59	1.00	12.59	17.05	214.72	17.05
	3+480.00	0.08	B-2	17.12	0.05	13.69	0.12	13.57	1.00	12.57	0.08	1.06	0.08
	3+500.00		B-2	17.12	0.05	13.67	0.12	13.55	1.00	12.55			
	3+520.00	56.36	B-2	17.12	0.05	13.65	0.12	13.53	1.00	12.53	56.36	706.23	56.36
EXPLANACIONES	3+530.00	26.76	B-2	17.12	0.05	13.64	0.12	13.52	1.00	12.52	26.76	334.99	26.76
	3+540.00	17.50	B-2	17.12	0.05	13.63	0.12	13.51	1.00	12.51	17.50	218.86	17.50
	3+560.00	62.51	B-2	17.12	0.05	13.61	0.12	13.49	1.00	12.49	62.51	780.74	62.51
	3+580.00	75.64	B-2	17.12	0.05	13.59	0.12	13.47	1.00	12.47	75.64	943.19	75.64
	3+600.00	93.60	B-2	17.12	0.05	13.57	0.12	13.45	1.00	12.45	93.60	1165.38	93.60
	3+620.00	80.34	B-2	17.12	0.05	13.55	0.12	13.43	1.00	12.43	80.34	998.67	80.34
	3+640.00	-10.88	B-2	17.12	0.05	13.53	0.12	13.41	1.00	12.41	-10.88	-134.98	-10.88
	3+660.00	-9.52	B-2	17.12	0.05	13.51	0.12	13.39	1.00	12.39	-9.52	-117.99	-9.52
	3+680.00	13.95	B-2	17.12	0.05	13.49	0.12	13.37	1.00	12.37	13.95	172.61	13.95
	3+700.00	5.63	B-2	17.12	0.05	13.47	0.12	13.35	1.00	12.35	5.63	69.52	5.63
	3+720.00		B-2	17.12	0.05	13.45	0.12	13.33	1.00	12.33			
	3+740.00		B-2	17.12	0.05	13.43	0.12	13.31	1.00	12.31			

			13.49	18.6225
Código	**B-1**	**B-2**	**B-3**	
C.G.	9.85	17.12	20.125	
Acceso	0.05	0.05	0.05	
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74	
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8	
% Uso	44%	26%	27%	
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97	
Factor	1.00	1.00	1.00	
Exc. a eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**	
total	**24,771.60**			

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM 24771.60 M3-KM

05.04.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM 279461.56 M3-KM

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE	
			Código	C.G.	Acceso	Dist. Total	Libre	Dist. Valorizada	D<1 km	D>1 km	D<1km	D>1Km
				(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	(Km)	m3-km	m3-km
EXPLANACIONES	3+760.00		B-2	17.12	0.05	13.41	0.12	13.29	1.00	12.29		
	3+770.00	35.11	B-2	17.12	0.05	13.40	0.12	13.28	1.00	12.28	35.11	431.20
	3+780.00	68.97	B-2	17.12	0.05	13.39	0.12	13.27	1.00	12.27	68.97	846.30
	3+790.00	82.23	B-2	17.12	0.05	13.38	0.12	13.26	1.00	12.26	82.23	1008.18
	3+800.00	90.39	B-2	17.12	0.05	13.37	0.12	13.25	1.00	12.25	90.39	1107.25
	3+820.00	179.36	B-2	17.12	0.05	13.35	0.12	13.23	1.00	12.23	179.36	2193.61
	3+840.00	137.37	B-2	17.12	0.05	13.33	0.12	13.21	1.00	12.21	137.37	1677.32
	3+860.00	77.13	B-2	17.12	0.05	13.31	0.12	13.19	1.00	12.19	77.13	940.16
	3+880.00	53.91	B-2	17.12	0.05	13.29	0.12	13.17	1.00	12.17	53.91	656.08
	3+900.00	55.30	B-2	17.12	0.05	13.27	0.12	13.15	1.00	12.15	55.30	671.95
	3+920.00	27.52	B-2	17.12	0.05	13.25	0.12	13.13	1.00	12.13	27.52	333.76
	3+940.00	25.26	B-2	17.12	0.05	13.23	0.12	13.11	1.00	12.11	25.26	305.84
EXPLANACIO	3+960.00	128.39	B-2	17.12	0.05	13.21	0.12	13.09	1.00	12.09	128.39	1552.24
	3+970.00	92.78	B-2	17.12	0.05	13.20	0.12	13.08	1.00	12.08	92.78	1120.79
	3+980.00	51.24	B-2	17.12	0.05	13.19	0.12	13.07	1.00	12.07	51.24	618.41
	4+000.00	39.14	B-2	17.12	0.05	13.17	0.12	13.05	1.00	12.05	39.14	471.61
	4+000.00	38.71	B-2	17.12	0.05	13.17	0.12	13.05	1.00	12.05	38.71	466.45
	4+020.00	75.23	B-2	17.12	0.05	13.15	0.12	13.03	1.00	12.03	75.23	905.06
	4+030.00	99.11	B-2	17.12	0.05	13.14	0.12	13.02	1.00	12.02	99.11	1191.24
	4+040.00	156.06	B-2	17.12	0.05	13.13	0.12	13.01	1.00	12.01	156.06	1874.28
	4+060.00	337.38	B-2	17.12	0.05	13.11	0.12	12.99	1.00	11.99	337.38	4045.24
	4+070.00	110.63	B-2	17.12	0.05	13.10	0.12	12.98	1.00	11.98	110.63	1325.36
	4+080.00	55.22	B-2	17.12	0.05	13.09	0.12	12.97	1.00	11.97	55.22	660.98
EXPLANACIONES	4+100.00	-7.88	B-2	17.12	0.05	13.07	0.12	12.95	1.00	11.95	-7.88	-94.13
	4+110.00		B-2	17.12	0.05	13.06	0.12	12.94	1.00	11.94		
	4+120.00	73.32	B-2	17.12	0.05	13.05	0.12	12.93	1.00	11.93	73.32	874.74
	4+130.00	182.19	B-2	17.12	0.05	13.04	0.12	12.92	1.00	11.92	182.19	2171.68
	4+140.00	199.72	B-2	17.12	0.05	13.03	0.12	12.91	1.00	11.91	199.72	2378.71
	4+160.00	367.44	B-2	17.12	0.05	13.01	0.12	12.89	1.00	11.89	367.44	4368.81
	4+180.00	322.79	B-2	17.12	0.05	12.99	0.12	12.87	1.00	11.87	322.79	3831.53
	4+200.00	159.34	B-2	17.12	0.05	12.97	0.12	12.85	1.00	11.85	159.34	1888.22
	4+210.00		B-2	17.12	0.05	12.96	0.12	12.84	1.00	11.84		
	4+220.00		B-2	17.12	0.05	12.95	0.12	12.83	1.00	11.83		
	4+230.00	85.00	B-2	17.12	0.05	12.94	0.12	12.82	1.00	11.82	85.00	1004.68
	4+240.00	187.23	B-2	17.12	0.05	12.93	0.12	12.81	1.00	11.81	187.23	2211.23
	4+250.00	254.75	B-2	17.12	0.05	12.92	0.12	12.80	1.00	11.80	254.75	3006.05
	4+260.00	235.26	B-2	17.12	0.05	12.91	0.12	12.79	1.00	11.79	235.26	2773.66
	4+280.00	219.98	B-2	17.12	0.05	12.89	0.12	12.77	1.00	11.77	219.98	2589.20
	4+290.00	64.50	B-2	17.12	0.05	12.88	0.12	12.76	1.00	11.76	64.50	758.47

		13.49	18.6225
Código	**B-1**	**B-2**	**B-3**
C.G.	9.85	17.12	20.125
Acceso	0.05	0.05	0.05
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8
% Uso	44%	26%	27%
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97
Factor	1.00	1.00	1.00
Exc. a eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**
total	**24,771.60**		

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM 24771.60 M3-KM

05.04.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM 279461.56 M3-KM

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE	
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km
EXPLANACIONES	4+300.00	78.06	B-2	17.12	0.05	12.87	0.12	12.75	1.00	11.75	78.06	917.25
	4+310.00	105.80	B-2	17.12	0.05	12.86	0.12	12.74	1.00	11.74	105.80	1242.10
	4+320.00	184.23	B-2	17.12	0.05	12.85	0.12	12.73	1.00	11.73	184.23	2160.99
	4+330.00	249.23	B-2	17.12	0.05	12.84	0.12	12.72	1.00	11.72	249.23	2921.01
	4+340.00	233.31	B-2	17.12	0.05	12.83	0.12	12.71	1.00	11.71	233.31	2732.01
	4+360.00	289.67	B-2	17.12	0.05	12.81	0.12	12.69	1.00	11.69	289.67	3386.22
	4+380.00	127.42	B-2	17.12	0.05	12.79	0.12	12.67	1.00	11.67	127.42	1487.05
	4+400.00		B-2	17.12	0.05	12.77	0.12	12.65	1.00	11.65		
	4+420.00	-4.65	B-2	17.12	0.05	12.75	0.12	12.63	1.00	11.63	-4.65	-54.03
	4+430.00		B-2	17.12	0.05	12.74	0.12	12.62	1.00	11.62		
	4+440.00	117.66	B-2	17.12	0.05	12.73	0.12	12.61	1.00	11.61	117.66	1366.02
	4+450.00	227.15	B-2	17.12	0.05	12.72	0.12	12.60	1.00	11.60	227.15	2634.90
	4+460.00	263.51	B-2	17.12	0.05	12.71	0.12	12.59	1.00	11.59	263.51	3054.12
	4+480.00	383.76	B-2	17.12	0.05	12.69	0.12	12.57	1.00	11.57	383.76	4440.05
	4+500.00	130.08	B-2	17.12	0.05	12.67	0.12	12.55	1.00	11.55	130.08	1502.44
	4+510.00		B-2	17.12	0.05	12.66	0.12	12.54	1.00	11.54		
	4+520.00	66.06	B-2	17.12	0.05	12.65	0.12	12.53	1.00	11.53	66.06	761.65
	4+530.00	198.78	B-2	17.12	0.05	12.64	0.12	12.52	1.00	11.52	198.78	2289.97
	4+540.00	210.16	B-2	17.12	0.05	12.63	0.12	12.51	1.00	11.51	210.16	2418.95
	4+560.00	255.16	B-2	17.12	0.05	12.61	0.12	12.49	1.00	11.49	255.16	2931.75
	4+580.00	126.72	B-2	17.12	0.05	12.59	0.12	12.47	1.00	11.47	126.72	1453.50
	4+590.00	-4.67	B-2	17.12	0.05	12.58	0.12	12.46	1.00	11.46	-4.67	-53.51
	4+600.00		B-2	17.12	0.05	12.57	0.12	12.45	1.00	11.45		
	4+610.00		B-2	17.12	0.05	12.56	0.12	12.44	1.00	11.44		
	4+620.00	14.69	B-2	17.12	0.05	12.55	0.12	12.43	1.00	11.43	14.69	167.94
	4+630.00	139.48	B-2	17.12	0.05	12.54	0.12	12.42	1.00	11.42	139.48	1592.81
	4+640.00	128.69	B-2	17.12	0.05	12.53	0.12	12.41	1.00	11.41	128.69	1468.31
	4+650.00	97.39	B-2	17.12	0.05	12.52	0.12	12.40	1.00	11.40	97.39	1110.19
	4+660.00	90.21	B-2	17.12	0.05	12.51	0.12	12.39	1.00	11.39	90.21	1027.50
	4+670.00	124.85	B-2	17.12	0.05	12.50	0.12	12.38	1.00	11.38	124.85	1420.78
	4+680.00	229.51	B-2	17.12	0.05	12.49	0.12	12.37	1.00	11.37	229.51	2609.55
	4+700.00	406.27	B-2	17.12	0.05	12.47	0.12	12.35	1.00	11.35	406.27	4611.21
	4+710.00	116.16	B-2	17.12	0.05	12.46	0.12	12.34	1.00	11.34	116.16	1317.28
	4+720.00	57.59	B-2	17.12	0.05	12.45	0.12	12.33	1.00	11.33	57.59	652.44
	4+730.00		B-2	17.12	0.05	12.44	0.12	12.32	1.00	11.32		
	4+740.00		B-2	17.12	0.05	12.43	0.12	12.31	1.00	11.31		
	4+750.00		B-2	17.12	0.05	12.42	0.12	12.30	1.00	11.30		
	4+760.00	37.68	B-2	17.12	0.05	12.41	0.12	12.29	1.00	11.29	37.68	425.39
	4+770.00	95.47	B-2	17.12	0.05	12.40	0.12	12.28	1.00	11.28	95.47	1076.86

		13.49	18.6225
Código	B-1	B-2	B-3
C.G.	9.85	17.12	20.125
Acceso	0.05	0.05	0.05
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8
% Uso	44%	26%	27%
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97
Factor	1.00	1.00	1.00
Exc. a eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**
total	**24,771.60**		

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM — **24771.60 M3-KM**

05.04.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM — **279461.56 M3-KM**

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE				
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km			
	4+780.00	109.75	B-2	17.12	0.05	12.39	0.12	12.27	1.00	11.27	109.75	1236.84		109.75	
	4+800.00	50.72	B-2	17.12	0.05	12.37	0.12	12.25	1.00	11.25	50.72	570.63		50.72	
	4+810.00	-6.66	B-2	17.12	0.05	12.36	0.12	12.24	1.00	11.24	-6.66	-74.89		-6.66	
	4+820.00	-4.54	B-2	17.12	0.05	12.35	0.12	12.23	1.00	11.23	-4.54	-50.96		-4.54	
	4+830.00		B-2	17.12	0.05	12.34	0.12	12.22	1.00	11.22					
	4+840.00		B-2	17.12	0.05	12.33	0.12	12.21	1.00	11.21					
	4+850.00	62.30	B-2	17.12	0.05	12.32	0.12	12.20	1.00	11.20	62.30	697.79		62.30	
	4+860.00	154.99	B-2	17.12	0.05	12.31	0.12	12.19	1.00	11.19	154.99	1734.28		154.99	
	4+880.00	458.84	B-2	17.12	0.05	12.29	0.12	12.17	1.00	11.17	458.84	5125.28		458.84	
	4+960.00	320.20	B-2	17.12	0.05	12.21	0.12	12.09	1.00	11.09	320.20	3551.04		320.20	
	4+980.00	458.76	B-2	17.12	0.05	12.19	0.12	12.07	1.00	11.07	458.76	5078.52		458.76	
	4+990.00	307.06	B-2	17.12	0.05	12.18	0.12	12.06	1.00	11.06	307.06	3396.08		307.06	
	5+000.00	306.98	B-2	17.12	0.05	12.17	0.12	12.05	1.00	11.05	306.98	3392.14		306.98	
	5+000.00	306.98	B-2	17.12	0.05	12.17	0.12	12.05	1.00	11.05	306.98	3392.14		306.98	
	5+010.00	232.99	B-2	17.12	0.05	12.16	0.12	12.04	1.00	11.04	232.99	2572.23		232.99	
	5+020.00	178.93	B-2	17.12	0.05	12.15	0.12	12.03	1.00	11.03	178.93	1973.61		178.93	
	5+040.00	333.52	B-2	17.12	0.05	12.13	0.12	12.01	1.00	11.01	333.52	3672.06		333.52	
	5+050.00	138.76	B-2	17.12	0.05	12.12	0.12	12.00	1.00	11.00	138.76	1526.35		138.76	
	5+060.00	115.47	B-2	17.12	0.05	12.11	0.12	11.99	1.00	10.99	115.47	1269.04		115.47	
	5+080.00	207.96	B-2	17.12	0.05	12.09	0.12	11.97	1.00	10.97	207.96	2281.32		207.96	
	5+090.00	99.69	B-2	17.12	0.05	12.08	0.12	11.96	1.00	10.96	99.69	1092.56		99.69	
	5+100.00	100.23	B-2	17.12	0.05	12.07	0.12	11.95	1.00	10.95	100.23	1097.57		100.23	
	5+120.00	179.21	B-2	17.12	0.05	12.05	0.12	11.93	1.00	10.93	179.21	1958.72		179.21	
	5+140.00	178.42	B-2	17.12	0.05	12.03	0.12	11.91	1.00	10.91	178.42	1946.58		178.42	
	5+150.00	104.31	B-2	17.12	0.05	12.02	0.12	11.90	1.00	10.90	104.31	1137.03		104.31	
	5+160.00	109.43	B-2	17.12	0.05	12.01	0.12	11.89	1.00	10.89	109.43	1191.66		109.43	
	5+180.00	258.10	B-2	17.12	0.05	11.99	0.12	11.87	1.00	10.87	258.10	2805.54		258.10	
	5+200.00	275.84	B-2	17.12	0.05	11.97	0.12	11.85	1.00	10.85	275.84	2992.91		275.84	
	5+220.00	234.44	B-2	17.12	0.05	11.95	0.12	11.83	1.00	10.83	234.44	2539.02		234.44	
	5+240.00	253.20	B-2	17.12	0.05	11.93	0.12	11.81	1.00	10.81	253.20	2737.04		253.20	
	5+260.00	272.03	B-2	17.12	0.05	11.91	0.12	11.79	1.00	10.79	272.03	2935.16		272.03	
	5+280.00	215.14	B-2	17.12	0.05	11.89	0.12	11.77	1.00	10.77	215.14	2317.07		215.14	
	5+290.00	68.87	B-2	17.12	0.05	11.88	0.12	11.76	1.00	10.76	68.87	741.00		68.87	
	5+300.00	47.16	B-2	17.12	0.05	11.87	0.12	11.75	1.00	10.75	47.16	506.92		47.16	
	5+320.00	81.84	B-3	20.13	0.05	14.86	0.12	14.74	1.00	13.74	81.84	1124.10			81.84
	5+340.00	61.75	B-3	20.13	0.05	14.84	0.12	14.72	1.00	13.72	61.75	846.89			61.75
	5+350.00	28.44	B-3	20.13	0.05	14.83	0.12	14.71	1.00	13.71	28.44	389.80			28.44
	5+360.00	29.58	B-3	20.13	0.05	14.82	0.12	14.70	1.00	13.70	29.58	405.10			29.58
	5+380.00	96.27	B-3	20.13	0.05	14.80	0.12	14.68	1.00	13.68	96.27	1316.52			96.27

		13.49	18.6225
Código	**B-1**	**B-2**	**B-3**
C.G.	9.85	17.12	20.125
Acceso	0.05	0.05	0.05
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8
% Uso	44%	26%	27%
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97
Factor	1.00	1.00	1.00
Exc. a eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**
total	**24,771.60**		

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE A ELIMINAR

05.03.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM 24771.60 M3-KM

05.04.00 TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM 279461.56 M3-KM

TIPO	Estaca	Excedente	BOTADERO			DISTANCIA DE TRANSPORTE					TRANSPORTE				
			Código	C.G. (Km)	Acceso (Km)	Dist. Total (Km)	Libre (Km)	Dist. Valorizada (Km)	D<1 km (Km)	D>1 km (Km)	D<1km m3-km	D>1Km m3-km			
	5+390.00	77.91	B-3	20.13	0.05	14.79	0.12	14.67	1.00	13.67	77.91	1064.67			77.91
	5+400.00	97.68	B-3	20.13	0.05	14.78	0.12	14.66	1.00	13.66	97.68	1333.88			97.68
	5+420.00	224.87	B-3	20.13	0.05	14.76	0.12	14.64	1.00	13.64	224.87	3066.11			224.87
	5+440.00	281.13	B-3	20.13	0.05	14.74	0.12	14.62	1.00	13.62	281.13	3827.55			281.13
	5+450.00	161.83	B-3	20.13	0.05	14.73	0.12	14.61	1.00	13.61	161.83	2201.66			161.83
	5+460.00	159.90	B-3	20.13	0.05	14.72	0.12	14.60	1.00	13.60	159.90	2173.90			159.90
	5+480.00	251.47	B-3	20.13	0.05	14.70	0.12	14.58	1.00	13.58	251.47	3413.69			251.47
	5+500.00	110.04	B-3	20.13	0.05	14.68	0.12	14.56	1.00	13.56	110.04	1491.57			110.04
	5+510.00	28.46	B-3	20.13	0.05	14.67	0.12	14.55	1.00	13.55	28.46	385.49			28.46
	5+520.00	43.82	B-3	20.13	0.05	14.66	0.12	14.54	1.00	13.54	43.82	593.11			43.82
	5+540.00	64.26	B-3	20.13	0.05	14.64	0.12	14.52	1.00	13.52	64.26	868.47			64.26
	5+560.00		B-3	20.13	0.05	14.62	0.12	14.50	1.00	13.50					
	5+580.00		B-3	20.13	0.05	14.60	0.12	14.48	1.00	13.48					
	5+600.00		B-3	20.13	0.05	14.58	0.12	14.46	1.00	13.46					
	5+620.00	8.26	B-3	20.13	0.05	14.56	0.12	14.44	1.00	13.44	8.26	110.98			8.26
	5+640.00	65.76	B-3	20.13	0.05	14.54	0.12	14.42	1.00	13.42	65.76	882.16			65.76
	5+660.00	75.17	B-3	20.13	0.05	14.52	0.12	14.40	1.00	13.40	75.17	1006.84			75.17
	5+680.00	45.78	B-3	20.13	0.05	14.50	0.12	14.38	1.00	13.38	45.78	612.29			45.78
	5+700.00	13.55	B-3	20.13	0.05	14.48	0.12	14.36	1.00	13.36	13.55	180.93			13.55
		24771.60									**24771.60**	**279461.56**			

			13.49	18.6225	
Código	**B-1**	**B-2**	**B-3**		
C.G.	9.85	17.12	20.125		
Acceso	0.05	0.05	0.05		
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74		
Utilizado	3895.6	18868.2	2007.8		
% Uso	44%	26%	27%		
Saldo	5008.41	53026.64	5300.97		
Factor	1.00	1.00	1.00		
Exc. a eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**		
total	**24,771.60**				

Volumen de material a eliminar a botaderos	**24,771.60**	**m3**
Transporte menor de 1 Km	**24,771.60**	**m3-km**
Transporte mayor de 1 Km	**279,461.56**	**m3-km**
Distancia media	**12.28**	**Km.**

2	3	4	5	6	7
CALCULO DEL EXCEDENTE					
	85%			DESPUES DE RELLENO PROPIO	
	(3)=(2) fact.	(4) Fact.	(5) Fact	Factorado	Factorado
Estaca	***Volumen Total Corre(MS+RS)***	***Relleno Corregido***	***Relleno Propio***	***Saldo en Corte(MS+RS)***	***Saldo en Relleno***
	36,241.01	**4,394.33**	**1,661.84**	**34,579.17**	**2,732.49**

DISENO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

RELACION Y CODIFICACION DE DEPOSITOS DE MATERIAL EXCEDENTES (BOTADEROS)

Código	B-1	B-2	B-3
C.G.	9.85	17.12	20.125
Acceso	0.05	0.05	0.05
Capacidad	8904.04	71894.84	7308.74
Utilizado	3,895.63	18,868.20	2,007.77
% Uso	44%	26%	27%
Saldo	5,008.41	53,026.64	5,300.97
Excd. eliminar	**3,895.63**	**18,868.20**	**2,007.77**
Total	**24,771.60**		

RESUMEN DE METRADOS
06.00 SEÑALIZACION

07.01	SEÑALES PREVENTIVAS	38.00	und
07.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS	4.00	und
07.03	SEÑALES INFORMATIVAS	2.00	und
07.04	POSTES KILOMETRICOS	6.00	und

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

SUSTENTO DE METRADOS
SEÑALES INFORMATIVAS

Placas Informativas

LONGITUD	ANCHO	UNID	AREA TOTAL
1.12	0.575	1	0.64
0.64	0.35	1	0.22
		TOTAL m^2	**0.87**

Ubicación de Placas Informativas

Izquierda	Derecha	Nombre	Código	Cantidad
	0+000	Sinai	**PI**-01	**1**
	5+700	Cruce Hualango	**PI**-02	**1**
			TOTAL (Und.)	**2**

SUSTENTO DE METRADOS

06.03 TUBO D=3"

Tubo 3"						
CODIGO	LONGITUD	Nº VECES	PARCIAL	SUB-TOTAL	CANTIDAD DE SEÑALES	LONGITUD TOTAL
PI-02	3.00	2.00	6.00			
	0.58	2.00	1.15			
	1.12	2.00	2.24	9.39	1	9.39
PI-01	3.00	2.00	6.00			
	0.35	2.00	0.70			
	0.64	2.00	1.28	7.98	1	7.98
					TOTAL (ml):	**17.37**

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

SUSTENTO DE : " SEÑALES INFORMATIVAS"

SINAI

PI - 01

LETRAS	ANCHO DE LAS LETRAS (cm)	COMBINACION DE CLAVE PARA MARGENES IZQ-DER		ESPACIAMIENTO ENTRE LETRAS (cm)	
h= 15	Serie "E"				
S	6.3	II	II		
				1.5	
I	1.9	I	I		
				2.3	
N	6.3	I	I		
				2.3	
A	6.8	III	III		
				2.3	
I	1.9	I	I		
SUBTOTAL	23.2			8.4	**31.6** cm.

Nº REGLON	BORDE (cm)	MARCO (cm)	LIBRE Horizontal (cm)	LIBRE Vertical (cm)	LONG. Horizontal (cm)	LONG. Vertical (cm)	AREA (M^2)
1.00	1.00	1.50	7.75	7.50	52.10	35.00	0.18

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

SUSTENTO DE : " SEÑALES INFORMATIVAS"

CRUCE HUALANGO

PI - 02

LETRAS	ANCHO DE LAS LETRAS (cm)	COMBINACION DE CLAVE PARA MARGENES IZQ-DER		ESPACIAMIENTO ENTRE LETRAS (cm)	
h= 15	Serie "E"				
C	6.3	II	III		
				2.3	
R	6.3	II	II		
				2.8	
U	5.6	III	III		
				2.3	
C	6.3	I	III		
				2.3	
E	5.6	I	III		
				9.4	
H	8.0	I	II		
				2.3	
U	5.6	I	III		
				2.3	
A	8.0	III	III		
				2.3	
L	5.6	I	I		
				2.8	
A	8.0	I	III		
				2.3	
N	6.3	III	III		
				2.3	
G	8.0	III	III		
				2.3	
O	6.8	III	III		
SUBTOTAL	86.4			35.7	**122.1**

Nº REGLON.	BORDE (cm)	MARCO (cm)	LIBRE Horizontal (cm)	LIBRE Vertical (cm)	LONG. Horizontal (cm)	LONG. Vertical (cm)	AREA (M^2)
1.00	1.00	1.50	9.60	7.50	146.30	35.00	0.51

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

RESUMEN DE METRADOS
06.04 SEÑALES PREVENTIVAS

No.	UBICACIÓN		LONGITUD VIA (Km)	SEÑALES PREVENTIVAS (U nd)	OBSERVACIONES
	INICIO (Km)	FIN (Km)			
1	0+000	5+700.00	5+700.00	38	
METRADO TOTAL				**38** **Und.**	

SUSTENTO DE METRADOS
06.04 SEÑALES PREVENTIVAS

UBICACIÓN		PREVENTIVAS										
		P-1A	P-1B	P-2A	P-2B	P-3A	P-3B	P-4A	P-4B	P-5-1	P-5-2A	P-5-2B
Derecha	Izquierda	Curva Pronunciada Derecha	Curva Pronunciada Izquierda	Curva Derecha	Curva Izquierda	Curva y contra curva pronunciada Derecha	Curva y contra curva pronunciada Izquierda	Curva y contra curva Derecha	Curva y contra curva Izquierda	Curva Sinuosa	Curva Vuelta Derecha	Curva Vuelta Izquierda
0+060.00											1	
	0+120.00											1
0+760.00											1	
	0+860.00											1
1+360.00				1								
	1+480.00				1							
1+580.00				1								
	1+700.00				1							
1+760.00											1	
	1+840.00											1
1+940.00											1	
	2+070.00			1								
2+100.00												1
	2+180.00				1							
2+460.00			1									
	2+600.00	1										1
2+580.00											1	
	2+700.00											1
2+710.00											1	
	2+860.00											1
2+940.00											1	
	3+100.00											1
3+200.00					1							
	3+360.00			1								
3+440.00												1
	3+620.00										1	
3+680.00											1	
	3+860.00											1
3+940.00										1		
	4+360.00									1		
4+380.00										1		
	4+900.00									1		
4+920.00										1		
5+220.00											1	
	5+380.00										1	
5+420.00												1
	5+580.00										1	
TOTAL (Und.)		1	1	4	4	-	-	-	-	5	12	11

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

RESUMEN DE METRADOS
06.05 SEÑALES REGLAMENTARIAS

No.	UBICACIÓN		LONGITUD VIA (Km)	SEÑALES REGLAMENTARIAS (U nd)	OBSERVACIONES
	INICIO (Km)	FIN (Km)			
1	0+000	5+700.00	5+700.00	2	R-30 (Velocidad máx.)
1	0+000	0+000.00	0+000.00	2	R-1 (PARE)
METRADO TOTAL = 4 Und.					

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

SUSTENTO DE METRADOS
06.05 SEÑALES REGLAMENTARIAS

UBICACIÓN		Reglamentaria	
		R-30	R-1
Derecha	Izquierda	(Velocidad Máxima)	(PARE)
0+010		1	
	0+0150	1	
5+700			1
	0+000		1
	TOTAL Und.	2	2

SUSTENTO DE METRADOS
06.06 POSTES KILOMETRICOS

No.	UBICACIÓN		LONGITUD VIA (Km)	POSTES KILOMETRICOS (Und)	OBSERVACIONES
	INICIO (Km)	FIN (Km)			
1	0+000	5+700.00	5+700.00	6	
METRADO TOTAL (und)				**6**	

PROYECTO
TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015"

DURACION DE LA OBRA: 4.00 Meses

ANALITICO DE OBRA

COMPONENTES DE LOS GASTOS GENERALES		MONEDA NACIONAL	
		S/.	%
A.- COSTO DIRECTO		**100.00%**	**3,014,195.96**
B.- GASTOS GENERALES			
2.1 **GASTOS FIJOS** No directamente relacionados con el tiempo		**0.68% CD**	20,500.00
2.2 **GASTOS VARIABLES** Directamente relacionados con el tiempo		**9.75% CD**	293,797.29
TOTAL DE GASTOS GENERALES		**10.43% CD**	**314,297.29**
C.- UTILIDAD	**10% CD**	**10.00% CD**	301,419.60
SUB TOTAL A+B+C			**3,629,912.85**
Impuesto General a las Ventas (IGV)	**18.00%**	**18.00%**	653,384.31
VALOR REFERENCIAL			**4,283,297.16**

PROYECTO

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015"

ANÁLISIS DE GASTOS GENERALES - FIJOS

DURACION DE LA OBRA: **4.00** Meses
COSTO DIRECTO: **3,014,195.96** Nuevos Soles

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD		COSTO UNIT. S/.	PARCIAL S/.
			MES	INCID.		
1.00	**GASTOS ADMINISTRATIVOS**					
1.01	Gastos de Licitación y Elaboración de Propuesta	est		1.00	1,000.00	1,000.00
1.02	Gastos Legales y Representacion	est		1.00	500.00	500.00
					TOTAL DE GASTOS ADMINISTRATIVOS	**S/. 1,500.00**
2.00	**LIQUIDACION DE OBRA**					
2.01	Ingeniero Residente	mes	1.00	1.00	9,000.00	9,000.00
2.02	Contador	mes	1.00	1.00	4,000.00	4,000.00
2.03	Secretaria	mes	1.00	1.00	1,500.00	1,500.00
2.04	Fotocopias Planos	est	1.00	1.00	1,500.00	1,500.00
2.05	Fotocopias Documentos	est	1.00	1.00	800.00	800.00
2.06	Empastado, encuadernillado, anillados	est	1.00	1.00	500.00	500.00
2.07	Comunicaciones	est	1.00	1.00	500.00	500.00
2.08	Movilizacion coordinaciones	est	1.00	1.00	1,000.00	1,000.00
2.09	Utiles de Oficina	est	1.00	1.00	200.00	200.00
					TOTAL COSTO DE LIQUIDACION DE OBRA	**S/. 19,000.00**

TOTAL GASTOS GENERALES FIJOS = **S/.** **20,500.00**

PROYECTO

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015"

ANÁLISIS DE GASTOS GENERALES - VARIABLES

DURACION DE LA OBRA **4.00** Meses
COSTO DIRECTO **S/.** **3,014,195.96** Soles

ITEM	DESCRIPCION	Unidad	CANTIDAD		COSTO UNIT. S/.	PARCIAL S/.
			INCID.	MESES		
1.00	**PERSONAL DE OBRA**					
	INGENIERIA					
1.01	Ingeniero Residente de Obra	mes	1.00	4.00	9,000.00	36,000.00
1.02	Ingeniero Asisitente	mes	1.00	4.00	7,500.00	30,000.00
1.03	Prevencionista: Ingeniero Especialista en Seguridad	mes	1.00	4.00	6,500.00	26,000.00
1.04	Maestro Capataz General	mes	1.00	4.00	5,500.00	22,000.00
1.05	Cadista	mes	1.00	4.00	3,000.00	12,000.00
1.06	Topógrafo	mes	1.00	4.00	5,500.00	22,000.00
1.07	Tecnico de suelos y Laboratorio	mes	1.00	4.00	4,000.00	16,000.00
	Beneficios Sociales	%	1.00	12.0%	164,000.00	19,680.00
					SUBTOTAL	183,680.00
	ADMINISTRACION					
1.08	Gerente de Obra	mes	1.00	4.00	7,500.00	30,000.00
1.09	Secretaria	mes	1.00	4.00	1,500.00	6,000.00
1.10	Encargado de Almacén	mes	1.00	4.00	1,500.00	6,000.00
1.11	Guardian - Seguridad	mes	2.00	4.00	1,200.00	9,600.00
	Beneficios Sociales	%	1.00	12.0%	51,600.00	6,192.00
					SUBTOTAL	**S/. 57,792.00**
					TOTAL DE GASTOS DE PERSONAL DE OBRA	**S/. 241,472.00**
3.00	**VEHICULOS**					
3.01	Camionetas Pick Up Doble Cabina 4x4 c/radio transmisor (*)	mes	1.00	4.00	6,000.00	24,000.00
3.02	Combustible camioneta	mes	1.00	4.00	3,000.00	12,000.00
					TOTAL DE GASTOS EN VEHICULOS	**S/. 36,000.00**
5.00	**SERVICIOS VARIOS**					
5.01	Permisos y licencias	Est.	1.00	1.00	2,000.00	2,000.00
5.02	Comunicaciones (Telefonía & Internet)	mes	1.00	4.00	500.00	2,000.00
5.03	Fotocopias Planos	mes	1.00	4.00	500.00	2,000.00
5.04	Fotocopias Documentos	mes	1.00	4.00	100.00	400.00
5.05	Mensajería - Encomiendas	glb	1.00	1.00	100.00	100.00
					TOTAL DE GASTOS DE SERVICIOS VARIOS	**S/. 6,500.00**
6.00	**MATERIALES Y GASTOS VARIOS**					
6.01	Utiles de Oficina	mes	1.00	4.00	200.00	800.00
6.02	Materiales Fungibles Topografía y laboratorio	mes	1.00	4.00	200.00	800.00
6.03	Otros varios	mes	1.00	4.00	50.00	200.00
					TOTAL DE GASTOS DE MATERIALES Y GASTOS VARIOS	**S/. 1,800.00**
8.00	**GASTOS FINANCIEROS (ver anexo)**					
8.01	Carta fianza de fiel Cumplimiento del Contrato	mes	1.00		1,883.87	1,883.87
8.02	Carta fianza de Adelanto en Efectivo	mes	1.00		2,072.26	2,072.26
8.03	Carta fianza de Adelanto para materiales	mes	1.00		4,069.16	4,069.16
					TOTAL DE GASTOS FINANCIEROS	**S/. 8,025.29**

(*) Los costos incluyen operador

TOTAL GASTOS GENERALES VARIABLES = **S/.** **293,797.29**

PROYECTO

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015"

ANÁLISIS DE GASTOS GENERALES VARIABLES - ANEXO (GASTOS FINANCIEROS)

DURACION DE LA OBRA		**4.00**	Meses
COSTO DIRECTO	**S/.**	**3,014,195.96**	

GASTOS FINANCIEROS

B.- GARANTIA DE FIEL CUMPLIMIENTO DEL CONTRATO

Tasa:	10.00%	Comisión del Banco :	1.50%	
		Período :	5.00	Meses
		Monto Aplicable: S/.	**3,014,195.96**	
		Monto de la Carta Fianza	301,419.60	
		COSTO FINANCIERO (S/.)		**1,883.87**

C.- GARANTIA DEL ADELANTO DIRECTO

Tasa:	10.00%	Comisión del Banco :	1.50%	
		Período Neto :	4.00	Meses
		Monto Aplicable: S/.	**3,014,195.96**	
		Monto de la Carta Fianza	301,419.60	
		Carta Fianza renovable cada :	3	Meses
		COSTO FINANCIERO (S/.)		**2,072.26**

D.- GARANTIA DEL ADELANTO PARA MATERIALES

Tasa:	20.00%	Comisión del Banco :	1.50%	
		Período Neto :	4.00	Meses
		Monto Aplicable: S/.	**3,014,195.96**	
		Monto de la Carta Fianza	602,839.19	
		COSTO FINANCIERO (S/.)		**4,069.16**

SUBTOTAL DE GASTOS FINANCIEROS =	**S/.**	**8,025.29**

Presupuesto

Presupuesto **0201006** **DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**

Subpresupuesto **001** **DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**

Cliente **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO** Costo al **30/03/2017**

Lugar **AMAZONAS - UTCUBAMBA - CUMBA**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	**TRABAJOS PRELIMINARES**				**226,426.42**
01.01	MOVILIZACION MAQUINARIA DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	30,000.00	30,000.00
01.02	MOVILIZACION PERMANENTE DE PERSONAL OBRA	glb	1.00	32,000.00	32,000.00
01.03	**TOPOGRAFIA Y GEOREFERENIACION**				**19,391.29**
01.03.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	km	5.70	1,336.01	7,615.26
01.03.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	km	5.70	2,065.97	11,776.03
01.04	**MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL**				**86,944.00**
01.04.01	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.	glb	1.00	6,500.00	6,500.00
01.04.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	und	1.00	20,504.00	20,504.00
01.04.03	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	glb	1.00	56,940.00	56,940.00
01.04.04	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD	glb	1.00	3,000.00	3,000.00
01.05	**CAMPAMENTOS**				**55,405.29**
01.05.01	OFICINAS	m2	71.50	178.54	12,765.61
01.05.02	ALMACÉN PROVISIONAL DE OBRA	m2	200.00	154.30	30,860.00
01.05.03	COMEDOR	m2	40.00	154.30	6,172.00
01.05.04	VESTUARIOS	m2	24.00	154.30	3,703.20
01.05.05	SERVICIOS HIGIENICOS	m2	7.50	253.93	1,904.48
01.06	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA	und	2.00	1,342.92	2,685.84
02	**MOVIMIENTO DE TIERRAS**				**410,989.20**
02.01	**EXCAVACION PARA EXPLANACIONES**				**215,089.18**
02.01.01	CORTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	m3	34,973.85	6.15	215,089.18
02.02	**TERRAPLENES**				**56,931.34**
02.02.01	PREPARACION DE TERRENO EN ZONAS DE RELLENO, INVOLUCRANDO SUELO EXISTENTE	m2	14,712.25	2.05	30,160.11
02.02.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	3,367.45	7.95	26,771.23
02.03	CONFORMACION Y ACOMODO DE DME	m3	24,771.60	5.61	138,968.68
03	**AFIRMADOS**				**377,767.24**
03.01	**EXPLOTACION DE MATERIALES Y ELABORACION DE AGREGADOS**				**201,266.17**
03.01.01	EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE CANTERA	m3	5,181.93	6.34	32,853.44
03.01.02	EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE RIO	m3	5,181.93	6.34	32,853.44
03.01.03	PREPARACION DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO	m3	10,363.86	13.08	135,559.29
03.02	**PREPARACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE**				**56,120.85**
03.02.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUBRASANTE	m2	41,571.00	1.35	56,120.85
03.03	CONFORMACION Y COMPACTACION DE CAPA DE AFIRMADO	m2	39,861.00	3.02	120,380.22
04	**TRANSPORTES**				**315,224.92**
04.01	**TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR**				**127,425.23**
04.01.01	TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE PREPARACION HASTA 1 KM	m3k	5,181.93	5.80	30,055.19
04.01.02	TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE PREPARACION > 1 KM	m3k	40,833.61	1.25	51,042.01
04.01.03	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR P/AFIRMADO HASTA 1 KM	m3k	1,816.66	5.80	10,536.63
04.01.04	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR P/AFIRMADO > 1 KM	m3k	28,633.12	1.25	35,791.40
04.02	**TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE**				**187,799.69**
04.02.01	TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A BOTADERO DISTANCIA HASTA 1 KM	m3k	24,771.60	5.80	143,675.28
04.02.02	TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A BOTADERO DISTANCIA HASTA >1 KM	m3k	35,299.53	1.25	44,124.41
05	**DRENAJE**				**1,376,560.48**
05.01	ACONDICIONAMIENTO DE CUNETA EN TIERRA	m	11,400.00	6.48	73,872.00
05.02	ENCOFRADO DE CUNETAS	m	6,429.60	13.79	88,664.18
05.03	REVESTIMIENTO CUNETA TRIANGULAR f'c=175 kg/cm2 1.00x0.50 m	m	11,400.00	102.41	1,167,474.00

05.04	JUNTAS ASFALTICA E=1"	m	6,429.60	7.24	46,550.30
06	**OBRAS COMPLEMENTARIAS**				**206,097.09**
06.01	**MUROS DE CONTENCION**				**206,097.09**
06.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m2	102.00	1.77	180.54
06.01.02	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS	m3	445.84	8.82	3,932.31
06.01.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	407.35	81.47	33,186.80
06.01.04	COMPACTACION DE FONDOS DE CIMIENTOS	m2	153.40	4.25	651.95
06.01.05	SOLADO E=4"	m2	153.40	39.50	6,059.30
06.01.06	CONCRETO f'c=210Kg/cm2	m3	141.19	535.49	75,605.83
06.01.07	ACERO fy=4,200 kg/cm2	kg	13,609.16	5.11	69,542.81
06.01.08	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	337.58	49.73	16,787.85
06.01.09	TUBERIA DE PVC SAL 3" PARA LLORADORES	m	23.80	6.29	149.70
07	**SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL**				**31,014.80**
07.01	SEÑAL PREVENTIVA DE 0.60M X 0.60M	und	38.00	572.85	21,768.30
07.02	SEÑAL REGLAMENTARIA 0.60Mx0.90M CON POSTE	und	4.00	657.12	2,628.48
07.03	SEÑAL INFORMATIVA 0.50M X 1.80M	und	2.00	2,257.12	4,514.24
07.04	POSTES KILOMETRICOS	und	6.00	350.63	2,103.78
08	**PROTECCION AMBIENTAL**				**28,898.19**
08.01	RESTAURACION DE CANTERAS	m2	7,000.00	0.63	4,410.00
08.02	REVEGETALIZACION	ha	2.95	2,314.64	6,828.19
08.03	RESTAURACION DE LAS AREA AFECTADA POR CAMPAMENTOS	m2	1,000.00	3.38	3,380.00
08.04	RESTAURACION DE AREA AFECTADA POR PATIO DE MAQUINAS	m2	2,000.00	7.14	14,280.00
09	**CONTROL DE CALIDAD**				**8,350.00**
09.01	ROTURA DE PROBETAS	und	66.00	30.00	1,980.00
09.02	DENSIDAD DE CAMPO	und	42.00	35.00	1,470.00
09.03	ENSAYOS DE LABORATORIO	glb	1.00	4,900.00	4,900.00
10	**VARIOS**				**32,867.62**
10.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	32,867.62	32,867.62
	Costo Directo				**3,014,195.96**
	GASTOS GENERALES (10.43% CD)				**314,380.64**
	UTILIDAD (10% CD)				**301,419.60**

	SUB TOTAL				**3,629,996.20**
	IGV (18%)				**653,399.32**
					==========
	PRESUPUESTO TOTAL				**4,283,395.52**

SON : CUATRO MILLONES DOSCIENTOS OCHENTITRES MIL TRESCIENTOS NOVENTICINCO Y 52/100 SOLES

Fecha : 10/04/2017 06:08:19 p.m.

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

Partida **01.01 MOVILIZACION MAQUINARIA DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

Rendimiento **glb/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **30,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Subcontratos					
04240100010019	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA PESADA.	glb		1.0000	25,000.00	25,000.00
04240100010020	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE CAMIONES (VOLQUETES, CISTERNAS, ETC).	glb		1.0000	5,000.00	5,000.00
						30,000.00

Partida **01.02 MOVILIZACION PERMANENTE DE PERSONAL OBRA**

Rendimiento **glb/DIA** MO. EQ. Costo unitario directo por : glb **32,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0102020014	CHOFER DE CUSTER	mes		4.0000	3,500.00	14,000.00
						14,000.00
	Materiales					
02010300010005	COMBUSTIBLE P/CUSTER	mes		4.0000	1,500.00	6,000.00
						6,000.00
	Equipos					
0301230002	ALQUILER DE CUSTER P/TRANSP. DE PERSONAL	mes		4.0000	3,000.00	12,000.00
						12,000.00

Partida **01.03.01 TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR**

Rendimiento **km/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : km **1,336.01**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	19.87	158.96
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	16.31	130.48
0101010005	PEON	hh	4.0000	32.0000	14.66	469.12
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	8.0000	22.39	179.12
						937.68
	Materiales					
02041200010004	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2"	kg				0.0630
4.70		0.30				
0213030003	YESO	bol		0.0500	10.00	0.50
0231040002	ESTACAS	pza		0.0500	5.00	0.25
						1.05
	Equipos					
03010000020002	NIVEL TOPOGRAFICO	hm		1.0000	8.0000	10.00
80.00						
0301000020	TEODOLITO	he	1.0000	8.0000	15.00	120.00
0301000021	WINCHA, MIRA Y JALON	he	1.8800	15.0400	10.00	150.40
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	937.68	46.88
						397.28

Partida **01.03.02 TRAZO Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO**

Rendimiento **km/DIA** MO. **0.5000** EQ. **0.5000** Costo unitario directo por : km **2,065.97**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	5.0000	80.0000	14.66	1,172.80

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

0101030000	TOPOGRAFO	hh	0.5000	8.0000	22.39	179.12
0101030010	NIVELADOR OFICIAL	hh	1.0000	16.0000	16.31	260.96
						1,612.88
	Materiales					
02041200010012	CLAVOS C/C PARA CALAMINA	kg		1.0000	4.70	4.70
0213030001	YESO	kg		100.0000	0.50	50.00
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.2000	30.00	6.00
						60.70
	Equipos					
03010000020002	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	1.0000	16.0000	10.00	160.00
0301000009	ESTACION TOTAL	hm	0.5000	8.0000	15.00	120.00
0301000014	MIRAS	hm	2.0000	32.0000	2.00	64.00
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1,612.88	48.39
						392.39

Partida **01.04.01 ELABORACIÓN, IMPLEMENTACION Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.**

Rendimiento **glb/DIA** MO. EQ. Costo unitario directo por : glb **6,500.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0203010007	VIATICOS PREVENCIONISTA (INCL. MOVILIZACION,EQUIPOS,ETC)	mes		12.0000	500.00	6,000.00
02901700010018	IMPRESIONES, COPIAS PSST	glb		1.0000	500.00	500.00
						6,500.00

Partida **01.04.02 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL**

Rendimiento **und/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : und **20,504.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
02670100010006	CASCO PARA INGENIEROS Y TECNICOS	und		8.0000	40.00	320.00
0267020001	LENTES DE POLICARBONA LUNA CLARA	und		210.0000	2.50	525.00
0267030009	TAPONES DE OIDOS	und		610.0000	1.50	915.00
0267040001	MASCARILLA DE 2 VIAS	und		39.0000	90.00	3,510.00
02670400070003	RESPIRADOR DESCARTABLE CONTRA POLVO	und		398.0000	2.00	796.00
0267040009	CASCO ECONOMICO (DEF. COLORES SEGUN PSST)	und		103.0000	11.00	1,133.00
0267050001	GUANTES DE CUERO	par		102.0000	10.00	1,020.00
0267050005	GUANTES DE HILO	par		206.0000	3.50	721.00
0267050006	GUANTES DE JEBE	par		10.0000	3.00	30.00
02670600060004	PANTALON DRILL NARANJA	und		188.0000	35.00	6,580.00
0267060022	CHALECOS BASICO CON BOLSILLOS	und		30.0000	25.00	750.00
0267070001	BOTINES DE CUERO CON PUNTA DE ACERO	par		74.0000	50.00	3,700.00
0267070007	BOTAS DE JEBE	par		28.0000	18.00	504.00
						20,504.00

Partida **01.04.03 SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD**

Rendimiento **glb/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **56,940.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010008	PEON VIGIA	día	720.0000	720.0000	70.00	50,400.00
						50,400.00
	Materiales					
0267110003	TRANQUERA DE MADERA DE 0.75 X 1.20 m	und		8.0000	60.00	480.00
0267110013	CONOS REFLECTANTES	und		20.0000	30.00	600.00
0267110015	PALETAS DE SEGURIDAD PARE Y SIGA	und		8.0000	20.00	160.00

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

0267110028	CINTA DE SEÑALIZACION DE PELIGRO	glb		1.0000	800.00	800.00
						2,040.00
	Equipos					
03012200070003		CAMION BARANDA 3 TON	día	22.5000	22.5000	
200.00	4,500.00					
						4,500.00

Partida **01.04.04 CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD**

Rendimiento **glb/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **3,000.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
02901700010019	IMPRESIONES, COPIAS DE CHARLAS, ATS, ETC	glb		1.0000	1,500.00	1,500.00
02901700010020	AFICHES SST (TRIPTICOS, DIPTICOS, ETC)	glb		1.0000	1,500.00	1,500.00
						3,000.00

Partida **01.05.01 OFICINAS**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : m2 **178.54**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	19.87	15.90
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	16.31	26.10
0101010005	PEON	hh	2.0000	1.6000	14.66	23.46
						65.46
	Materiales					
02041200010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		0.4000	4.70	1.88
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.2000	4.70	0.94
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA DE 4"	kg		0.2000	4.70	0.94
02041200010012	CLAVOS C/C PARA CALAMINA	kg		0.4000	4.70	1.88
0219030002	CONCRETO SIMPLE F'C= 140 kg/cm2 PARA PISO E=0.10 Mm2			1.0000	40.93	40.93
0231010005	MADERA NACIONAL	p2		5.6100	3.50	19.64
02310500010009	TRIPLAY DE 1.20X2.40 m X 12 mm	und		0.4500	60.00	27.00
0296010002	CALAMINA GALVANIZADA 1.80x0.80 m	und		0.8400	15.00	12.60
						105.81
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	65.46	3.27
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	0.2500	0.2000	20.00	4.00
						7.27

Partida **01.05.02 ALMACÉN PROVISIONAL DE OBRA**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **15.0000** EQ. **15.0000** Costo unitario directo por : m2 **154.30**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	19.87	10.60
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.0667	16.31	17.40
0101010005	PEON	hh	2.0000	1.0667	14.66	15.64
						43.64
	Materiales					
02041200010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		0.4000	4.70	1.88
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.2000	4.70	0.94
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA DE 4"	kg		0.2000	4.70	0.94
02041200010012	CLAVOS C/C PARA CALAMINA	kg		0.4000	4.70	1.88
0219030002	CONCRETO SIMPLE F'C= 140 kg/cm2 PARA PISO E=0.10 Mm2			1.0000	40.93	40.93
0231010005	MADERA NACIONAL	p2		5.6100	3.50	19.64

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

02310500010009	TRIPLAY DE 1.20X2.40 m X 12 mm	und		0.4500	60.00	27.00
0296010002	CALAMINA GALVANIZADA 1.80x0.80 m	und		0.8400	15.00	12.60
						105.81
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	43.64	2.18
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	0.2500	0.1333	20.00	2.67
						4.85

Partida **01.05.03 COMEDOR**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **15.0000** EQ. **15.0000** Costo unitario directo por : m2 **154.30**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	19.87	10.60
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.0667	16.31	17.40
0101010005	PEON	hh	2.0000	1.0667	14.66	15.64
						43.64
	Materiales					
02041200010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		0.4000	4.70	1.88
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.2000	4.70	0.94
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA DE 4"	kg		0.2000	4.70	0.94
02041200010012	CLAVOS C/C PARA CALAMINA	kg		0.4000	4.70	1.88
0219030002	CONCRETO SIMPLE F'C= 140 kg/cm2 PARA PISO E=0.10	Mm2		1.0000	40.93	40.93
0231010005	MADERA NACIONAL	p2		5.6100	3.50	19.64
02310500010009	TRIPLAY DE 1.20X2.40 m X 12 mm	und		0.4500	60.00	27.00
0296010002	CALAMINA GALVANIZADA 1.80x0.80 m	und		0.8400	15.00	12.60
						105.81
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	43.64	2.18
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	0.2500	0.1333	20.00	2.67
						4.85

Partida **01.05.04 VESTUARIOS**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **15.0000** EQ. **15.0000** Costo unitario directo por : m2 **154.30**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	19.87	10.60
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.0667	16.31	17.40
0101010005	PEON	hh	2.0000	1.0667	14.66	15.64
						43.64
	Materiales					
02041200010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		0.4000	4.70	1.88
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.2000	4.70	0.94
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA DE 4"	kg		0.2000	4.70	0.94
02041200010012	CLAVOS C/C PARA CALAMINA	kg		0.4000	4.70	1.88
0219030002	CONCRETO SIMPLE F'C= 140 kg/cm2 PARA PISO E=0.10	Mm2		1.0000	40.93	40.93
0231010005	MADERA NACIONAL	p2		5.6100	3.50	19.64
02310500010009	TRIPLAY DE 1.20X2.40 m X 12 mm	und		0.4500	60.00	27.00
0296010002	CALAMINA GALVANIZADA 1.80x0.80 m	und		0.8400	15.00	12.60
						105.81
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	43.64	2.18
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	0.2500	0.1333	20.00	2.67
						4.85

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

Partida **01.05.05 SERVICIOS HIGIENICOS**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **15.0000** EQ. **15.0000** Costo unitario directo por : m2 **253.93**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	19.87	10.60
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.0667	16.31	17.40
0101010005	PEON	hh	2.0000	1.0667	14.66	15.64
						43.64
	Materiales					
02041200010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg		0.4000	4.70	1.88
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.2000	4.70	0.94
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA DE 4"	kg		0.2000	4.70	0.94
02041200010012	CLAVOS C/C PARA CALAMINA	kg		0.4000	4.70	1.88
0219030002	CONCRETO SIMPLE F'C= 140 kg/cm2 PARA PISO E=0.10 Mm2			1.0000	40.93	40.93
0231010005	MADERA NACIONAL	p2		5.6100	3.50	19.64
02310500010009	TRIPLAY DE 1.20X2.40 m X 12 mm	und		0.4500	60.00	27.00
0247010002	LAVATORIO	und		0.2700	60.00	16.20
0247020001	INODORO	und		0.2700	200.00	54.00
0247110001	URINARIO	und		0.2700	109.00	29.43
0296010002	CALAMINA GALVANIZADA 1.80x0.80 m	und		0.8400	15.00	12.60
						205.44
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	43.64	2.18
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	0.2500	0.1333	20.00	2.67
						4.85

Partida **01.06 CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA**

Rendimiento **und/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : und **1,342.92**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	19.87	158.96
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	16.31	130.48
0101010005	PEON	hh	2.0000	16.0000	14.66	234.56
						524.00
	Materiales					
02041200010006	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3 1/2"	kg		2.0000	4.70	9.40
0231010005	MADERA NACIONAL	p2		106.8000	3.50	373.80
0290150030	GIGANTOGRAFÍA PARA CARTEL DE OBRA	und		1.0000	420.00	420.00
						803.20
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	524.00	15.72
						15.72

Partida **02.01.01 CORTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **400.0000** EQ. **400.0000** Costo unitario directo por : m3 **6.15**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0200	16.31	0.33
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0400	14.66	0.59
						0.92

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.92	0.03
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0200	260.00	5.20
						5.23

Partida **02.02.01 PREPARACION DE TERRENO EN ZONAS DE RELLENO, INVOLUCRANDO SUELO EXISTENTE**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **2,000.0000** EQ. **2,000.0000** Costo unitario directo por : m2 **2.05**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0040	18.50	0.07
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0240	14.66	0.35
						0.42
	Materiales					
0207070002	AGUA	m3		0.0200	5.00	0.10
						0.10
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.42	0.01
0301100008	RODILLO VIBRATORIO 10 - 12 TN	hm	1.0000	0.0040	160.00	0.64
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0040	220.00	0.88
						1.53

Partida **02.02.02 RELLENO CON MATERIAL PROPIO**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **900.0000** EQ. **900.0000** Costo unitario directo por : m3 **7.95**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0089	18.50	0.16
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0533	14.66	0.78
						0.94
	Materiales					
0207070002	AGUA	m3		0.1500	5.00	0.75
						0.75
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.94	0.03
0301100008	RODILLO VIBRATORIO 10 - 12 TN	hm	1.0000	0.0089	160.00	1.42
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0089	320.00	2.85
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0089	220.00	1.96
						6.26

Partida **02.03 CONFORMACION Y ACOMODO DE DME**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **500.0000** EQ. **500.0000** Costo unitario directo por : m3 **5.61**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0160	16.31	0.26
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0160	14.66	0.23
						0.49
	Equipos					
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0160	320.00	5.12
						5.12

Partida **03.01.01 EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE CANTERA**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **450.0000** EQ. **450.0000** Costo unitario directo por : m3 **6.34**

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0089	14.66	0.13
01010300080001	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	15.50	0.28
						0.41
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.41	0.02
03011600010006	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	0.2500	0.0044	250.00	1.10
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0178	260.00	4.63
0301400005	ZARANDA	he	1.0000	0.0178	10.00	0.18
						5.93

Partida **03.01.02 EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE RIO**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **450.0000** EQ. **450.0000** Costo unitario directo por : m3 **6.34**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0089	14.66	0.13
01010300080001	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	15.50	0.28
						0.41
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.41	0.02
03011600010006	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	0.2500	0.0044	250.00	1.10
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	1.0000	0.0178	260.00	4.63
0301400005	ZARANDA	he	1.0000	0.0178	10.00	0.18
						5.93

Partida **03.01.03 PREPARACION DE MATERIAL GRANULAR PARA AFIRMADO**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **300.0000** EQ. **300.0000** Costo unitario directo por : m3 **13.08**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.0133	14.66	0.19
01010300080001	CONTROLADOR OFICIAL	hh	0.5000	0.0133	15.50	0.21
						0.40
	Materiales					
0207010018	MATERIAL SELECCIONADO DE CANTERA	m3		0.8000	5.00	4.00
02070300010001	HORMIGON DE RIO	m3		0.2000	10.00	2.00
						6.00
	Equipos					
03011600010006	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	1.0000	0.0267	250.00	6.68
						6.68

Partida **03.02.01 PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUBRASANTE**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **3,250.0000** EQ. **3,250.0000** Costo unitario directo por : m2 **1.35**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0049	14.66	0.07
						0.07
	Materiales					
0207070002	AGUA	m3		0.0060	5.00	0.03
						0.03
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.07	

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

0301100008	RODILLO VIBRATORIO 10 - 12 TN	hm	1.0000	0.0025	160.00	0.40
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0025	220.00	0.55
0301220011	CAMION CISTERNA 4x2 (AGUA) 2,000 GAL	hm	1.0000	0.0025	120.00	0.30
						1.25

Partida **03.03 CONFORMACION Y COMPACTACION DE CAPA DE AFIRMADO**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,500.0000** EQ. **1,500.0000** Costo unitario directo por : m2 **3.02**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0213	14.66	0.31
						0.31
	Materiales					
0207070002	AGUA	m3		0.0080	5.00	0.04
						0.04
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.31	0.01
0301100008	RODILLO VIBRATORIO 10 - 12 TN	hm	1.0000	0.0053	160.00	0.85
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0053	220.00	1.17
0301220011	CAMION CISTERNA 4x2 (AGUA) 2,000 GAL	hm	1.0000	0.0053	120.00	0.64
						2.67

Partida **04.01.01 TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE PREPARACION HASTA 1 KM**

Rendimiento **m3k/DIA** MO. **330.0000** EQ. **330.0000** Costo unitario directo por : m3k **5.80**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
01010300080001	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0242	15.50	0.38
						0.38
	Equipos					
03011600010006	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	0.3340	0.0081	250.00	2.03
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0242	140.00	3.39
						5.42

Partida **04.01.02 TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE PREPARACION > 1 KM**

Rendimiento **m3k/DIA** MO. **900.0000** EQ. **900.0000** Costo unitario directo por : m3k **1.25**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Equipos					
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0089	140.00	1.25
						1.25

Partida **04.01.03 TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR P/AFIRMADO HASTA 1 KM**

Rendimiento **m3k/DIA** MO. **330.0000** EQ. **330.0000** Costo unitario directo por : m3k **5.80**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
01010300080001	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0242	15.50	0.38
						0.38
	Equipos					
03011600010006	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	0.3340	0.0081	250.00	2.03
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0242	140.00	3.39
						5.42

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

Partida **04.01.04 TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR P/AFIRMADO > 1 KM**

Rendimiento **m3k/DIA** MO. **900.0000** EQ. **900.0000** Costo unitario directo por : m3k **1.25**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Equipos					
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0089	140.00	1.25
						1.25

Partida **04.02.01 TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A BOTADERO DISTANCIA HASTA 1 KM**

Rendimiento **m3k/DIA** MO. **330.0000** EQ. **330.0000** Costo unitario directo por : m3k **5.80**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
01010300080001	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0242	15.50	0.38
						0.38
	Equipos					
03011600010006	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	0.3340	0.0081	250.00	2.03
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0242	140.00	3.39
						5.42

Partida **04.02.02 TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A BOTADERO DISTANCIA HASTA >1 KM**

Rendimiento **m3k/DIA** MO. **900.0000** EQ. **900.0000** Costo unitario directo por : m3k **1.25**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Equipos					
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1.0000	0.0089	140.00	1.25
						1.25

Partida **05.01 ACONDICIONAMIENTO DE CUNETA EN TIERRA**

Rendimiento **m/DIA** MO. **20.0000** EQ. **20.0000** Costo unitario directo por : m **6.48**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	14.66	5.86
						5.86
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	5.86	0.18
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	0.0050	0.0020	220.00	0.44
						0.62

Partida **05.02 ENCOFRADO DE CUNETAS**

Rendimiento **m/DIA** MO. **30.0000** EQ. **30.0000** Costo unitario directo por : m **13.79**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	19.87	5.30
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2667	16.31	4.35
						9.65
	Materiales					
0231010004	MADERA NACIONAL P/ ENCOFRADO - CARP	p2		1.1000	3.50	3.85
						3.85
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	9.65	0.29

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

0.29

Partida **05.03 REVESTIMIENTO CUNETA TRIANGULAR f'c=175 kg/cm2 1.00x0.50 m**

Rendimiento **m/DIA** MO. **45.0000** EQ. **45.0000** Costo unitario directo por : m **102.41**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.3556	19.87	7.07
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.3556	16.31	5.80
0101010005	PEON	hh	8.0000	1.4222	14.66	20.85
						33.72
	Materiales					
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.1350	120.00	16.20
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0990	120.00	11.88
0207070002	AGUA	m3		0.0160	5.00	0.08
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		1.4400	24.50	35.28
						63.44
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	33.72	1.69
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 9 P3 (8 HP)	hm	1.0000	0.1778	20.00	3.56
						5.25

Partida **05.04 JUNTAS ASFALTICA E=1"**

Rendimiento **m/DIA** MO. **100.0000** EQ. **100.0000** Costo unitario directo por : m **7.24**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	16.31	1.30
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.2400	14.66	3.52
						4.82
	Materiales					
02010500010001	ASFALTO RC-250	gal		0.1330	15.00	2.00
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0023	120.00	0.28
						2.28
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	4.82	0.14
						0.14

Partida **06.01.01 TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **500.0000** EQ. **500.0000** Costo unitario directo por : m2 **1.77**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0480	14.66	0.70	
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0160	22.39	0.36	
						1.06	
	Materiales						
02130200020004		CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg	bol		0.0500	10.00	0.50
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.0200	5.00	0.10	
						0.60	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.06	0.03	
03014700010019	WINCHA 50 M	he	1.0000	0.0160	5.00	0.08	
						0.11	

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

Partida **06.01.02 EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **150.0000** EQ. **150.0000** Costo unitario directo por : m3 **8.82**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0533	14.66	0.78
						0.78
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.78	0.04
03011700020009	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 90 HP	hm	1.0000	0.0533	150.00	8.00
						8.04

Partida **06.01.03 RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **18.0000** EQ. **18.0000** Costo unitario directo por : m3 **81.47**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.4444	16.31	7.25
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.8889	14.66	13.03
						20.28
	Materiales					
02070400010009	MATERIAL DE RELLENO CLASIFICADO DE CANTERA	m3		1.3000	40.00	52.00
0207070002	AGUA	m3		0.0600	5.00	0.30
						52.30
	Equipos					
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	1.0000	0.4444	20.00	8.89
						8.89

Partida **06.01.04 COMPACTACION DE FONDOS DE CIMIENTOS**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **100.0000** EQ. **100.0000** Costo unitario directo por : m2 **4.25**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	16.31	1.30
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.1600	14.66	2.35
						3.65
	Materiales					
0207070002	AGUA	m3		0.0700	5.00	0.35
						0.35
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.65	0.11
0301100009	PLANCHA COMPACTADORA	hm	0.1200	0.0096	15.00	0.14
						0.25

Partida **06.01.05 SOLADO E=4"**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **120.0000** EQ. **120.0000** Costo unitario directo por : m2 **39.50**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.1333	19.87	2.65
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0667	16.31	1.09
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.5333	14.66	7.82
						11.56

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

	Materiales					
0207030001	HORMIGON	m3		0.1250	120.00	15.00
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.4500	24.50	11.03
						26.03
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	11.56	0.58
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 9 P3 (8 HP)	hm	1.0000	0.0667	20.00	1.33
						1.91

Partida **06.01.06 CONCRETO f'c=210Kg/cm2**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **15.0000** EQ. **15.0000** Costo unitario directo por : m3 **535.49**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.0667	19.87	21.20
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.5333	16.31	8.70
0101010005	PEON	hh	10.0000	5.3333	14.66	78.19
						108.09
	Materiales					
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.7500	150.00	112.50
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.5000	120.00	60.00
0207070002	AGUA	m3		0.1500	5.00	0.75
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		9.5000	24.50	232.75
						406.00
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	108.09	5.40
03012900010007	VIBRADOR DE CONCRETO 6 HP 1 1/2"	hm	1.0000	0.5333	10.00	5.33
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 9 P3 (8 HP)	hm	1.0000	0.5333	20.00	10.67
						21.40

Partida **06.01.07 ACERO fy=4,200 kg/cm2**

Rendimiento **kg/DIA** MO. **300.0000** EQ. **300.0000** Costo unitario directo por : kg **5.11**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	19.87	0.53
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	16.31	0.44
						0.97
	Materiales					
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0750	4.50	0.34
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0700	3.50	3.75
						4.09
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.97	0.05
						0.05

Partida **06.01.08 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **12.0000** EQ. **12.0000** Costo unitario directo por : m2 **49.73**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.6667	19.87	13.25
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	16.31	10.87
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.3333	14.66	4.89
						29.01

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

	Materiales				
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	0.2000	4.70	0.94
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	0.3000	4.70	1.41
0231010004	MADERA NACIONAL P/ ENCOFRADO - CARP	p2	5.0000	3.50	17.50
					19.85
	Equipos				
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	3.0000	29.01	0.87
					0.87

Partida **06.01.09 TUBERIA DE PVC SAL 3" PARA LLORADORES**

Rendimiento **m/DIA** MO. **40.0000** EQ. **40.0000** Costo unitario directo por : m **6.29**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.2000	16.31	3.26
						3.26
	Materiales					
02191300010017	TUBERIA DE 3 PULG.SAL	m		1.0000	3.00	3.00
						3.00
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		1.0000	3.26	0.03
						0.03

Partida **07.01 SEÑAL PREVENTIVA DE 0.60M X 0.60M**

Rendimiento **und/DIA** MO. **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : und **572.85**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	19.87	15.90
0101010005	PEON	hh	0.5000	0.4000	14.66	5.86
						21.76
	Materiales					
02631200010005	POSTE DE CONCRETO P/SEÑAL INFORMATIVA	und		1.0000	200.00	200.00
0263120002	CIMENTACIÓN PARA POSTE F´C= 140 KG/CM2(0.40MX0.40MX0.40M)	und		1.0000	100.00	100.00
0267110030	LAMINA REFLECTIVA (FIBRA DE VIDRIO INC. PLATINA) 0.60x0.60M	und		1.0000	250.00	250.00
						550.00
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	21.76	1.09
						1.09

Partida **07.02 SEÑAL REGLAMENTARIA 0.60Mx0.90M CON POSTE**

Rendimiento **und/DIA** MO. **4.0000** EQ. **4.0000** Costo unitario directo por : und **657.12**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	19.87	39.74
0101010005	PEON	hh	0.5000	1.0000	14.66	14.66
						54.40
	Materiales					

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

02631200010004	POSTE DE CONCRETO P/SEÑAL REGLAMENTARIA	und		1.0000	200.00	200.00
0263120002	CIMENTACIÓN PARA POSTE F´C= 140 KG/CM2(0.40MX0.40MX0.40M)	und		1.0000	100.00	100.00
0267110029	LAMINA REFLECTIVA (FIBRA DE VIDRIO INC. PLATINA) 0.60x0.90M	und		1.0000	300.00	300.00
						600.00
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	54.40	2.72
						2.72

Partida **07.03 SEÑAL INFORMATIVA 0.50M X 1.80M**

Rendimiento **und/DIA** MO. **4.0000** EQ. **4.0000** Costo unitario directo por : und **2,257.12**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	2.0000	19.87	39.74
0101010005	PEON	hh	0.5000	1.0000	14.66	14.66
						54.40
	Materiales					
0210010003	FIBRA DE VIDRIO 4MM, LAMINA REFLECTIVA GRADO ING. LETRA ALTA INTENSIDAD	und		1.0000	700.00	700.00
0265060002	PORTICO METÁLICO Y DADOS DE CONCRETO PARA SEÑAL INFORMATIVA	und		1.0000	1,500.00	1,500.00
						2,200.00
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	54.40	2.72
						2.72

Partida **07.04 POSTES KILOMETRICOS**

Rendimiento **und/DIA** MO. **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : und **350.63**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	2.0000	1.6000	14.66	23.46
						23.46
	Materiales					
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal		0.2000	30.00	6.00
02631200010003	POSTE DE KILOMETRICO CONCRETO ARMADO	und		1.0000	300.00	300.00
						306.00
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	23.46	1.17
03012200070002	CAMION BARANDA 3 TON	hm	0.2500	0.2000	100.00	20.00
						21.17

Partida **08.01 RESTAURACION DE CANTERAS**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **5,000.0000** EQ. **5,000.0000** Costo unitario directo por : m2 **0.63**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0016	19.87	0.03
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0064	14.66	0.09
						0.12
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.12	
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0016	320.00	0.51
						0.51

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

Partida **08.02 REVEGETALIZACION**

Rendimiento **ha/DIA** MO. **0.8000** EQ. **0.8000** Costo unitario directo por : ha **2,314.64**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	10.0000	19.87	198.70
0101010005	PEON	hh	10.0000	100.0000	14.66	1,466.00
						1,664.70
	Materiales					
0291010006	PLANTAS NATIVAS	und		200.0000	3.00	600.00
						600.00
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1,664.70	49.94
						49.94

Partida **08.03 RESTAURACION DE LAS AREA AFECTADA POR CAMPAMENTOS**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **2,100.0000** EQ. **2,100.0000** Costo unitario directo por : m2 **3.38**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0038	18.50	0.07
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0152	14.66	0.22
						0.29
	Materiales					
0207070002	AGUA	m3		0.0300	5.00	0.15
						0.15
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.29	0.01
0301100008	RODILLO VIBRATORIO 10 - 12 TN	hm	1.0000	0.0038	160.00	0.61
03011600010006	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	1.0000	0.0038	250.00	0.95
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0038	220.00	0.84
03012200040002	CAMION VOLQUETE DE 10 m3	hm	1.0000	0.0038	140.00	0.53
						2.94

Partida **08.04 RESTAURACION DE AREA AFECTADA POR PATIO DE MAQUINAS**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,000.0000** EQ. **1,000.0000** Costo unitario directo por : m2 **7.14**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0320	14.66	0.47
						0.47
	Materiales					
0207070002	AGUA	m3		0.1000	5.00	0.50
						0.50
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.47	0.01
0301100008	RODILLO VIBRATORIO 10 - 12 TN	hm	1.0000	0.0080	160.00	1.28
03011600010006	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	1.0000	0.0080	250.00	2.00
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0080	220.00	1.76
03012200040002	CAMION VOLQUETE DE 10 m3	hm	1.0000	0.0080	140.00	1.12
						6.17

Partida **09.01 ROTURA DE PROBETAS**

Rendimiento **und/DIA** MO. EQ. Costo unitario directo por : und **30.00**

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto **001 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE** Fecha presupuesto **30/03/2017**
ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Subcontratos					
04240100010012	SERVICIO DE ROTURA DE PROBETAS	und		1.0000	30.00	30.00
						30.00

Partida **09.02 DENSIDAD DE CAMPO**

Rendimiento **und/DIA** MO. **4.0000** EQ. **4.0000** Costo unitario directo por : und **35.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Subcontratos					
04240100010013	SERVICIO DE DENSIDAD DE CAMPO	und		1.0000	35.00	35.00
						35.00

Partida **09.03 ENSAYOS DE LABORATORIO**

Rendimiento **glb/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **4,900.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0262100004	ENSAYO DE GRANULOMETRIA	und		14.0000	50.00	700.00
0262100005	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA	und		14.0000	50.00	700.00
0262100006	ENSAYO DE ABRASION	und		6.0000	200.00	1,200.00
0262100009	ENSAYO DE CBR	und		6.0000	150.00	900.00
0262100011	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO	und		14.0000	100.00	1,400.00
						4,900.00

Partida **10.01 FLETE TERRESTRE**

Rendimiento **glb/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : glb **32,867.62**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0203020007	FLETE DE JAEN - OBRA CEMENTO	bol		11,679.0000	2.00	23,358.00
0203020008	FLETE DE JAEN - OBRA MATERIALES	glb		1.0000	9,509.62	9,509.62
						32,867.62

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra **0201006** **DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**

Subpresupuesto **001** **DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TR**

Fecha **01/03/2017**

Lugar **010703** **AMAZONAS - UTCUBAMBA - CUMBA**

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA				
0101010002	CAPATAZ	hh	92.6193	18.50	1,713.46
0101010003	OPERARIO	hh	6,874.7901	19.87	136,602.08
0101010004	OFICIAL	hh	8,716.4309	16.31	142,164.99
0101010005	PEON	hh	28,813.7159	14.66	422,409.08
0101010008	PEON VIGIA	día	720.0000	70.00	50,400.00
0101030000	TOPOGRAFO	hh	92.8316	22.39	2,078.50
01010300080001	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1,091.1554	15.50	16,912.91
0101030010	NIVELADOR OFICIAL	hh	91.2000	16.31	1,487.47
0102020014	CHOFER DE CUSTER	mes	4.0000	3,500.00	14,000.00
					787,768.49
	MATERIALES				
02010300010005	COMBUSTIBLE P/CUSTER	mes	4.0000	1,500.00	6,000.00
02010500010001	ASFALTO RC-250	gal	855.1368	15.00	12,827.05
0203010007	VIATICOS PREVENCIONISTA (INCL. MOVILIZACION,EQUIPOS,ETC)	mes	12.0000	500.00	6,000.00
0203020007	FLETE DE JAEN - OBRA CEMENTO	bol	11,679.0000	2.00	23,358.00
0203020008	FLETE DE JAEN - OBRA MATERIALES	glb	1.0000	9,509.62	9,509.62
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	67.5160	4.70	317.33
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	1,020.6870	4.50	4,593.09
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	14,561.8012	3.50	50,966.30
02041200010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg	137.2000	4.70	644.84
02041200010004	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2"	kg	0.3591	4.70	1.69
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	169.8740	4.70	798.41
02041200010006	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3 1/2"	kg	4.0000	4.70	18.80
02041200010007	CLAVOS PARA MADERA DE 4"	kg	68.6000	4.70	322.42
02041200010012	CLAVOS C/C PARA CALAMINA	kg	142.9000	4.70	671.63
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	1,539.0000	120.00	184,680.00
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3	105.8925	150.00	15,883.88
0207010018	MATERIAL SELECCIONADO DE CANTERA	m3	8,291.0880	5.00	41,455.44
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	1,213.9831	120.00	145,677.97
0207030001	HORMIGON	m3	19.1750	120.00	2,301.00
02070300010001	HORMIGON DE RIO	m3	2,072.7720	10.00	20,727.72
02070400010009	MATERIAL DE RELLENO CLASIFICADO DE CANTERA	m3	529.5550	40.00	21,182.20
0207070002	AGUA	m3	1,836.4355	5.00	9,182.18
0210010003	FIBRA DE VIDRIO 4MM, LAMINA REFLECTIVA GRADO ING. Y LETRA ALTA INTENSIDAD	und	2.0000	700.00	1,400.00
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	17,826.3350	24.50	436,745.21
02130200020004	CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg	bol	5.1000	10.00	51.00
0213030001	YESO	kg	570.0000	0.50	285.00
0213030003	YESO	bol	0.2850	10.00	2.85
0219030002	CONCRETO SIMPLE F'C= 140 kg/cm2 PARA PISO E=0.10 M	m2	343.0002	40.93	14,039.00
02191300010017	TUBERIA DE 3 PULG.SAL	m	23.8000	3.00	71.40
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	2.0400	5.00	10.20
0231010004	MADERA NACIONAL P/ ENCOFRADO - CARP	p2	8,760.4600	3.50	30,661.61
0231010005	MADERA NACIONAL	p2	2,137.8286	3.50	7,482.40
0231040002	ESTACAS	pza	0.2850	5.00	1.43
02310500010009	TRIPLAY DE 1.20X2.40 m X 12 mm	und	154.3500	60.00	9,261.00
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal	2.3400	30.00	70.20
0247010002	LAVATORIO	und	2.0250	60.00	121.50
0247020001	INODORO	und	2.0250	200.00	405.00
0247110001	URINARIO	und	2.0250	109.00	220.73
0262100004	ENSAYO DE GRANULOMETRIA	und	14.0000	50.00	700.00
0262100005	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA	und	14.0000	50.00	700.00
0262100006	ENSAYO DE ABRASION	und	6.0000	200.00	1,200.00
0262100009	ENSAYO DE CBR	und	6.0000	150.00	900.00
0262100011	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO	und	14.0000	100.00	1,400.00
02631200010003	POSTE DE KILOMETRICO CONCRETO ARMADO	und	6.0000	300.00	1,800.00
02631200010004	POSTE DE CONCRETO P/SEÑAL REGLAMENTARIA	und	4.0000	200.00	800.00
02631200010005	POSTE DE CONCRETO P/SEÑAL INFORMATIVA	und	38.0000	200.00	7,600.00

Subpresupuesto **001** **DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TR**

Fecha **01/03/2017**

Lugar **010703** **AMAZONAS - UTCUBAMBA - CUMBA**

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0263120002	CIMENTACIÓN PARA POSTE F´C= 140 KG/CM2(0.40MX0.40MX0.40M)	und	42.0000	100.00	4,200.00
0265060002	PORTICO METÁLICO Y DADOS DE CONCRETO PARA SEÑAL INFORMATIVA	und	2.0000	1,500.00	3,000.00
02670100010006	CASCO PARA INGENIEROS Y TECNICOS	und	8.0000	40.00	320.00
0267020001	LENTES DE POLICARBONA LUNA CLARA	und	210.0000	2.50	525.00
0267030009	TAPONES DE OIDOS	und	610.0000	1.50	915.00
0267040001	MASCARILLA DE 2 VIAS	und	39.0000	90.00	3,510.00
02670400070003	RESPIRADOR DESCARTABLE CONTRA POLVO	und	398.0000	2.00	796.00
0267040009	CASCO ECONOMICO (DEF. COLORES SEGUN PSST)	und	103.0000	11.00	1,133.00
0267050001	GUANTES DE CUERO	par	102.0000	10.00	1,020.00
0267050005	GUANTES DE HILO	par	206.0000	3.50	721.00
0267050006	GUANTES DE JEBE	par	10.0000	3.00	30.00
02670600060004	PANTALON DRILL NARANJA	und	188.0000	35.00	6,580.00
0267060022	CHALECOS BASICO CON BOLSILLOS	und	30.0000	25.00	750.00
0267070001	BOTINES DE CUERO CON PUNTA DE ACERO	par	74.0000	50.00	3,700.00
0267070007	BOTAS DE JEBE	par	28.0000	18.00	504.00
0267110003	TRANQUERA DE MADERA DE 0.75 X 1.20 m	und	8.0000	60.00	480.00
0267110013	CONOS REFLECTANTES	und	20.0000	30.00	600.00
0267110015	PALETAS DE SEGURIDAD PARE Y SIGA	und	8.0000	20.00	160.00
0267110028	CINTA DE SEÑALIZACION DE PELIGRO	glb	1.0000	800.00	800.00
0267110029	LAMINA REFLECTIVA (FIBRA DE VIDRIO INC. PLATINA) 0.60x0.90M	und	4.0000	300.00	1,200.00
0267110030	LAMINA REFLECTIVA (FIBRA DE VIDRIO INC. PLATINA) 0.60x0.60M	und	38.0000	250.00	9,500.00
0290150030	GIGANTOGRAFÍA PARA CARTEL DE OBRA	und	2.0000	420.00	840.00
02901700010018	IMPRESIONES, COPIAS PSST	glb	1.0000	500.00	500.00
02901700010019	IMPRESIONES, COPIAS DE CHARLAS, ATS, ETC	glb	1.0000	1,500.00	1,500.00
02901700010020	AFICHES SST (TRIPTICOS, DIPTICOS, ETC)	glb	1.0000	1,500.00	1,500.00
0291010006	PLANTAS NATIVAS	und	590.0000	3.00	1,770.00
0296010002	CALAMINA GALVANIZADA 1.80x0.80 m	und	288.1200	15.00	4,321.80
					1,123,923.90
	EQUIPOS				
03010000020002	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	136.8000	10.00	1,368.00
0301000009	ESTACION TOTAL	hm	45.6000	15.00	684.00
0301000014	MIRAS	hm	182.4000	2.00	364.80
0301000020	TEODOLITO	he	45.6000	15.00	684.00
0301000021	WINCHA, MIRA Y JALON	he	85.7280	10.00	857.28
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	231.5173	20.00	4,630.35
0301100008	RODILLO VIBRATORIO 10 - 12 TN	hm	423.8101	160.00	67,809.62
0301100009	PLANCHA COMPACTADORA	hm	1.4726	15.00	22.09
03011600010006	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	599.4547	250.00	149,863.68
03011700010001	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	883.9538	260.00	229,827.99
03011700020009	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 90 HP	hm	23.7633	150.00	3,564.50
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	437.5159	320.00	140,005.09
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	446.6101	220.00	98,254.22
03012200040001	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1,701.2583	140.00	238,176.16
03012200040002	CAMION VOLQUETE DE 10 m3	hm	19.8000	140.00	2,772.00
03012200070002	CAMION BARANDA 3 TON	hm	1.2000	100.00	120.00
03012200070003	CAMION BARANDA 3 TON	día	22.5000	200.00	4,500.00
0301220011	CAMION CISTERNA 4x2 (AGUA) 2,000 GAL	hm	315.1908	120.00	37,822.90
0301230002	ALQUILER DE CUSTER P/TRANSP. DE PERSONAL	mes	4.0000	3,000.00	12,000.00
03012900010007	VIBRADOR DE CONCRETO 6 HP 1 1/2"	hm	75.2966	10.00	752.97
03012900030002	MEZCLADORA DE TROMPO 9 P3 (8 HP)	hm	2,112.4484	20.00	42,248.97
0301400005	ZARANDA	he	184.4760	10.00	1,844.76
03014700010019	WINCHA 50 M	he	1.6320	5.00	8.16
					1,038,181.54
	SUBCONTRATOS				
04240100010012	SERVICIO DE ROTURA DE PROBETAS	und	66.0000	30.00	1,980.00
04240100010013	SERVICIO DE DENSIDAD DE CAMPO	und	42.0000	35.00	1,470.00
04240100010019	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA PESADA.	glb	1.0000	25,000.00	25,000.00
04240100010020	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE CAMIONES (VOLQUETES, CISTERNAS, ETC).	glb	1.0000	5,000.00	5,000.00
					33,450.00
				Total S/.	**2,983,323.93**

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FORMULA POLINOMICA- CALCULO DE INCIDENCIA POR INSUMO

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

DE ACUERDO CON EL DICCIONARIO DE ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN VÁLIDO PARA LAS FÓRMULAS POLINÓMICAS QUE SE ELABOREN A PARTIR DEL 01 DE FEBRERO DE 1990 Y CONCORDADO CON LAS MODIFICACIONES A JULIO 2004

CODIGO	RECURSO	UNIDAD	MONTO S/.	INDICE	% INC.
	MANO DE OBRA		**859,436.48**	**47**	**12.37%**
0101010002	CAPATAZ	hh	940.74		
0101010003	OPERARIO	hh	113,752.57		
0101010004	OFICIAL	hh	103,773.26		
0101010005	PEON	hh	482,706.08		
0101010008	PEON VIGIA	día	50,400.00		
0101030000	TOPOGRAFO	hh	14,863.96		
010103000800	CONTROLADOR OFICIAL	hh	47,005.10		
0101030010	NIVELADOR OFICIAL	hh	9,994.77		
0102020014	CHOFER DE CUSTER	mes	36,000.00		
	MATERIALES		**1,567,819.47**		
020103000100	COMBUSTIBLE P/CUSTER	mes	18,000.00	34	0.26%
0203010007	VIATICOS PREVENCIONISTA (INCL. MOVILIZACION,EQUIPOS,ETC)	mes	6,000.00	32	0.09%
0203020005	FLETE DE LUYA - OBRA CEMENTO	bol	23,358.00	32	0.34%
0203020006	FLETE DE LUYA - OBRA MATERIALES	glb	9,509.62	32	0.14%
020401000100	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg	3,644.43	02	0.05%
020401000100	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg	10,919.59	02	0.16%
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	121,167.00	03	1.74%
020412000100	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2"	kg	644.84	02	0.01%
020412000100	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 2 1/2"	kg	11.34	02	0.00%
020412000100	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	5,833.15	02	0.08%
020412000100	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3 1/2"	kg	18.80	02	0.00%
020412000100	CLAVOS PARA MADERA DE 4"	kg	322.42	02	0.00%
020412000100	CLAVOS C/C PARA CALAMINA	kg	824.85	02	0.01%
020429000100	ALCANTARILLA METALICA CIRCULAR TMC Ø=36"	m	147,753.38	09	2.13%
020429000100	ALCANTARILLA METALICA CIRCULAR TMC Ø=48"	m	13,119.75	09	0.19%
020429000100	ALCANTARILLA METALICA CIRCULAR TMC Ø=72"	m	5,773.15	09	0.08%
020701000100	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3	123,275.87	05	1.77%
020701000500	PIEDRA MEDIANA DE 4"	m3	2,299.41	05	0.03%
0207010018	MATERIAL SELECCIONADO DE CANTERA	m3	239,986.96	38	3.45%
020702000100	ARENA FINA	m3	246.16	04	0.00%
020702000100	ARENA GRUESA	m3	67,450.38	04	0.97%
0207030001	HORMIGON	m3	5,464.94	38	0.08%
020703000100	HORMIGON DE RIO	m3	59,996.74	38	0.86%
020703000100	HORMIGON DE RIO PARA SOLADO DE ALCANTARILLAS	m3	6,852.06	38	0.10%
020704000100	MATERIAL DE RELLENO CLASIFICADO DE CANTERA	m3	142,163.84	38	2.05%
0207070002	AGUA	m3	21,468.11	39	0.31%
0210010003	FIBRA DE VIDRIO 4MM, LAMINA REFLECTIVA GRADO ING. Y LETRA	und	8,400.00	30	0.12%
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	286,134.93	21	4.12%
0213010007	CEMENTO MARIMO LIQUIDO	gal	1,114.75	30	0.02%
021302000200	CAL HIDRATADA BOLSA 30 kg	bol	1,595.81	30	0.02%
0213030001	YESO	kg	1,915.00	30	0.03%
0213030003	YESO	bol	19.15	30	0.00%
0219030002	CONCRETO SIMPLE F'C= 140 kg/cm2 PARA PISO E=0.10 M	m2	14,039.00	80	0.20%
021913000100	TUBERIA DE 3 PULG.SAL	m	25.50	72	0.00%
0222030006	ANTISOL NORMALIZADO	gal	1,631.57	30	0.02%
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	319.16	43	0.00%
0231010004	MADERA NACIONAL P/ ENCOFRADO - CARP	p2	67,848.55	43	0.98%
0231010005	MADERA NACIONAL	p2	7,482.40	43	0.11%
0231040002	ESTACAS	pza	9.58	43	0.00%
023105000100	TRIPLAY DE 1.20X2.40 m X 12 mm	und	9,261.00	44	0.13%
0240020001	PINTURA ESMALTE	gal	471.31	54	0.01%
0240080012	THINNER	gal	7.56	54	0.00%
0243150021	MASILLA BITUMINOSA TERMOPLASTICA	kg	5,016.38	13	0.07%
0247010002	LAVATORIO	und	121.50	10	0.00%
0247020001	INODORO	und	405.00	10	0.01%
0247110001	URINARIO	und	220.73	10	0.00%
0262100004	ENSAYO DE GRANULOMETRIA	und	2,000.00	39	0.03%
0262100005	ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA	und	2,000.00	39	0.03%
0262100006	ENSAYO DE ABRASION	und	6,000.00	39	0.09%
0262100009	ENSAYO DE CBR	und	4,500.00	39	0.06%
0262100011	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO	und	8,000.00	39	0.12%
026312000100	POSTE DE KILOMETRICO CONCRETO ARMADO	und	12,000.00	62	0.17%
026312000100	POSTE DE CONCRETO P/SEÑAL REGLAMENTARIA	und	2,400.00	62	0.03%
026312000100	POSTE DE CONCRETO P/SEÑAL INFORMATIVA	und	12,000.00	62	0.17%
0263120002	CIMENTACIÓN PARA POSTE F´C= 140 KG/CM2(0.40MX0.40MX0.40M)	und	7,200.00	80	0.10%

CODIGO	RECURSO	UNIDAD	MONTO S/.	INDICE	% INC.
0265060002	PORTICO METÁLICO Y DADOS DE CONCRETO PARA SEÑAL	und	18,000.00	65	0.26%
026701000100	CASCO PARA INGENIEROS Y TECNICOS	und	320.00	30	0.00%
0267020001	LENTES DE POLICARBONA LUNA CLARA	und	525.00	30	0.01%
0267030009	TAPONES DE OIDOS	und	915.00	30	0.01%
0267040001	MASCARILLA DE 2 VIAS	und	3,510.00	30	0.05%
026704000700	RESPIRADOR DESCARTABLE CONTRA POLVO	und	796.00	30	0.01%
0267040009	CASCO ECONOMICO (DEF. COLORES SEGUN PSST)	und	1,133.00	30	0.02%
0267050001	GUANTES DE CUERO	par	1,020.00	30	0.01%
0267050005	GUANTES DE HILO	par	721.00	30	0.01%
0267050006	GUANTES DE JEBE	par	30.00	30	0.00%
026706000600	PANTALON DRILL NARANJA	und	6,580.00	30	0.09%
0267060022	CHALECOS BASICO CON BOLSILLOS	und	750.00	30	0.01%
0267070001	BOTINES DE CUERO CON PUNTA DE ACERO	par	3,700.00	30	0.05%
0267070007	BOTAS DE JEBE	par	504.00	30	0.01%
0267110003	TRANQUERA DE MADERA DE 0.75 X 1.20 m	und	480.00	30	0.01%
0267110013	CONOS REFLECTANTES	und	600.00	30	0.01%
0267110015	PALETAS DE SEGURIDAD PARE Y SIGA	und	160.00	30	0.00%
0267110028	CINTA DE SEÑALIZACION DE PELIGRO	glb	800.00	30	0.01%
0267110029	LAMINA REFLECTIVA (FIBRA DE VIDRIO INC. PLATINA) 0.60x0.90M	und	3,600.00	30	0.05%
0267110030	LAMINA REFLECTIVA (FIBRA DE VIDRIO INC. PLATINA) 0.60x0.60M	und	15,000.00	30	0.22%
0290150030	GIGANTOGRAFÍA PARA CARTEL DE OBRA	und	840.00	30	0.01%
029017000100	IMPRESIONES, COPIAS PSST	glb	500.00	30	0.01%
029017000100	IMPRESIONES, COPIAS DE CHARLAS, ATS, ETC	glb	1,500.00	30	0.02%
029017000100	AFICHES SST (TRIPTICOS, DIPTICOS, ETC)	glb	1,500.00	30	0.02%
0291010006	PLANTAS NATIVAS	und	1,770.00	39	0.03%
0296010002	CALAMINA GALVANIZADA 1.80x0.80 m	und	4,321.80	56	0.06%
	EQUIPOS		**3,267,841.50**		
301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo	31,136.38	37	0.45%
030100000200	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	9,192.00	30	0.13%
0301000009	ESTACION TOTAL	hm	4,596.00	30	0.07%
0301000014	MIRAS	hm	2,451.20	37	0.04%
0301000020	TEODOLITO	he	4,596.00	30	0.07%
0301000021	WINCHA, MIRA Y JALON	he	5,760.32	37	0.08%
030106000200	REGLA DE MADERA	p2	527.49	37	0.01%
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	25,308.89	37	0.36%
0301100008	RODILLO VIBRATORIO 10 - 12 TN	hm	302,996.13	49	4.36%
0301100009	PLANCHA COMPACTADORA	hm	52.46	37	0.00%
030114000200	MARTILLO NEUMATICO DE 24 kg	hm	240.00	49	0.00%
030114000600	COMPRESORA NEUMATICA 125-175 PCM, 76 HP	hm	1,600.00	49	0.02%
030116000100	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	572,517.98	49	8.24%
030117000100	EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 115-165 HP	hm	256,066.67	49	3.68%
030117000200	RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS 90 HP	hm	29,211.33	49	0.42%
030118000200	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	31,276.80	49	0.45%
030120000100	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	424,173.82	49	6.10%
030122000400	CAMION VOLQUETE DE 15 m3	hm	1,274,952.55	48	18.35%
030122000400	CAMION VOLQUETE DE 10 m3	hm	2,772.00	48	0.04%
030122000700	CAMION BARANDA 3 TON	hm	800.00	48	0.01%
030122000700	CAMION BARANDA 3 TON	día	4,500.00	48	0.06%
0301220011	CAMION CISTERNA 4x2 (AGUA) 2,000 GAL	hm	218,860.78	48	3.15%
0301230002	ALQUILER DE CUSTER P/TRANSP. DE PERSONAL	mes	36,000.00	32	0.52%
030129000100	VIBRADOR DE CONCRETO 6 HP 1 1/2"	hm	5,541.05	48	0.08%
030129000300	MEZCLADORA DE TROMPO 9 P3 (8 HP)	hm	12,930.72	48	0.19%
030136000100	MOCHILA PULVERIZADORA CLIMAX M00P20	und	646.10	37	0.01%
0301400005	ZARANDA	he	8,879.51	48	0.13%
030147000100	WINCHA 50 M	he	255.32	37	0.00%
	SUBCONTRATOS		**96,153.30**		
040007000100	PERSONAL ESPECIALIZADO EN ASFALTO	m2	573.30	47	0.01%
042401000100	SERVICIO DE ROTURA DE PROBETAS	und	14,580.00	39	0.21%
042401000100	SERVICIO DE DENSIDAD DE CAMPO	und	6,000.00	39	0.09%
042401000100	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA PESADA.	glb	50,000.00	32	0.72%
042401000100	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE CAMIONES (VOLQUETES,	glb	15,000.00	32	0.22%
0426010003	SERVICIO DE VOLADURA (INC. MATERIALES)	m3	10,000.00	47	0.14%

COSTO DIRECTO	**5,791,250.75**		
GASTOS GENERALES + UTILIDAD (20% CD)	**1,158,250.15**	**39**	**16.67%**
SUB TOTAL	**6,949,500.90**		**100.00%**

Las formulas polinomicas se calculan sobre el sub total del presupuesto (presupuesto sin IGV).
importante: se debe verificar que los elementos correspondan al indice adecuado, evitando errores en los sofware de calculos de presupuestos

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FORMULA POLINOMICA- AGRUPAMIENTO PRELIMINAR

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

INDICE	DESCRIPCION	% INICIO	INDICES AGRUPADOS	% SALDO DE AGRUPAMIENTO
02	Acero de construcción liso	0.003		
03	Acero de construcción corrugado	0.017	02	0.021
04	Agregado fino	0.010		
05	Agregado grueso	0.018	04	0.028
09	Alcantarilla metálica	0.024	56+65	0.027
10	Aparato sanitario con grifería	0.000		
13	Asfalto	0.001		
21	Cemento Portland Tipo I	0.041	62+80	0.048
30	Dólar más Inflación mercado USA (f)	0.011		
32	Flete Terrestre	0.020	34	0.035
34	Gasolina	0.003		
37	Herramienta Manual	0.010		
38	Hormigón	0.065		0.065
39	Índice General de Precios al Consumidor (INEI)	0.176		0.176
43	Madera nacional para encofrado y carpintería	0.011	44	0.012
44	Madera terciada para encofrado y carpintería	0.001		
47	Mano de obra (incluido leyes sociales)	0.125		0.125
48	Maquinaria y equipo nacional	0.220	37	0.230
49	Maquinaria y equipo importado	0.233		0.233
54	Pintura látex	0.000		
56	Plancha de Acero LAC	0.001		
62	Poste de concreto	0.004		
65	Tubería de acero negro y/o galvanizado	0.003		
72	Tubería de PVC para agua	0.000		
80	Concreto Premezclado (r)	0.003		
		1.000	OK	1.000

OK

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FORMULA POLINOMICA

DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.

FECHA DE PRESUPUESTO: 01/03/2017

$$K = 0.125*(Jr / Jo) + 0.088*(ACMr / ACMo) + 0.065*(Hr /Ho) + 0.083*(AAFr / AAFo) + 0.230*(MNr / MNFo) + 0.233*(MIr / MIo)+ 0.176*(Ir /Io)$$

MONOMIO	FACTOR	(%)	SIMBOLO	INDICE	DESCRIPCION
1	0.125	100.000	J	47	Mano de obra (incluido leyes sociales)
2	0.088	31.582	ACM	05	Agregado grueso
		54.541		21	Cemento Portland Tipo I
		13.877		43	Madera nacional para encofrado y carpintería
3	0.065	100.000	H	38	Hormigón
4	0.083	32.862	AAF	09	Alcantarilla metálica
		24.935		03	Acero de construcción corrugado
		42.203		32	Flete Terrestre
5	0.230	100.000	MN	48	Maquinaria y equipo nacional
6	0.233	100.000	MI	49	Maquinaria y equipo importado
7	0.176	100.000	I	39	Índice General de Precios al Consumidor (INEI)
	1.000	OK!			

Fórmula Polinómica

Presupuesto	**0201006 DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Subpresupuesto	**00: DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS.**
Fecha Presupuesto	**30/03/2017**
Moneda	**SOLES**
Ubicación Geográfica	**010703 AMAZONAS - UTCUBAMBA - CUMBA**

K = 0.216*(Mr / Mo) + 0.127*(Cr / Co) + 0.065*(AHr / AHo) + 0.058*(Ar / Ao) + 0.067*(FAMr / FAMo) + 0.075*(Mr / Mo) + 0.216*(Mr / Mo) + 0.176*(Ir / Io)

Monomi	Factor	(%)	Símbolo	Indice	Descripción
1	0.216	100.000	M	47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES
2	0.127	100.000	C	21	CEMENTO PORTLAND TIPO I
3	0.065	70.769	AH	04	AGREGADO FINO
		29.231		38	HORMIGON
4	0.058	100.000	A	05	AGREGADO GRUESO
5	0.067	55.224	FAM	32	FLETE TERRESTRE
		25.373		03	ACERO DE CONSTRUCCION CORRUGADO
		19.403		43	MADERA NACIONAL PARA ENCOF. Y CARPINT.
6	0.075	100.000	M	48	MAQUINARIA Y EQUIPO NACIONAL
7	0.216	100.000	M	49	MAQUINARIA Y EQUIPO IMPORTADO
8	0.176	100.000	I	39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR

Fecha : ##########

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CRONOGRAMA DE AVANCE DE OBRA VALORIZADO (CAOV)

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015"

UBICACION: DEPARTAMENTO: AMAZONAS; PROVINCIA: UTCUBAMBA; DISTRITO:CUMBA; LOCALIDAD: SINAI

ITEM	DESCRIPCION	PARCIAL S/.	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	TOTAL
01	TRABAJOS PRELIMINARES	226,426.42	118,560.76	32,706.83	32,706.83	42,452.00	226,426.42
01.01	MOVILIZACION MAQUINARIA DE MAQUINARIA,	30,000.00	15,000.00			15,000.00	30,000.00
01.02	MOVILIZACION PERMANENTE DE PERSONAL OBRA	32,000.00	8,000.00	8,000.00	8,000.00	8,000.00	32,000.00
01.03	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENIACION	19,391.29	10,392.63	3,443.93	3,443.93	2,110.80	19,391.29
01.03.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	7,615.26	7,615.26				7,615.26
01.03.02	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	11,776.03	2,777.37	3,443.93	3,443.93	2,110.80	11,776.03
01.04	MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL	86,944.00	27,077.00	21,262.90	21,262.90	17,341.20	86,944.00
01.04.01	ELABORACIÓN, IMPLEMENTACION Y	6,500.00	6,500.00				6,500.00
01.04.02	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	20,504.00	5,592.00	5,778.40	5,778.40	3,355.20	20,504.00
01.04.03	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	56,940.00	14,235.00	14,709.50	14,709.50	13,286.00	56,940.00
01.04.04	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD	3,000.00	750.00	775.00	775.00	700.00	3,000.00
01.05	CAMPAMENTOS	55,405.29	55,405.29	0.00	0.00	0.00	55,405.29
01.05.01	OFICINAS	12,765.61	12,765.61				12,765.61
01.05.02	ALMACÉN PROVISIONAL DE OBRA	30,860.00	30,860.00				30,860.00
01.05.03	COMEDOR	6,172.00	6,172.00				6,172.00
01.05.04	VESTUARIOS	3,703.20	3,703.20				3,703.20
01.05.05	SERVICIOS HIGIENICOS	1,904.48	1,904.48				1,904.48
01.06	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA	2,685.84	2,685.84				2,685.84
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	410,989.20	254,173.03	39,464.84	95,733.98	21,617.35	410989.2
02.01	EXCAVACION PARA EXPLANACIONES	215,089.18	215,089.18	0.00	0.00	0.00	215,089.18
02.01.01	CORTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	215,089.18	215,089.18				215,089.18
02.02	TERRAPLENES	56,931.34	39,083.85	17,847.49	0.00	0.00	56,931.34
02.02.01	PREPARACION DE TERRENO EN ZONAS DE	30,160.11	30,160.11				30,160.11
02.02.02	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	26,771.23	8,923.74	17,847.49			26,771.23
02.03	CONFORMACION Y ACOMODO DE DME	138,968.68		21,617.35	95,733.98	21,617.35	138,968.68
03	AFIRMADOS	377,767.24	110,893.30	137,290.03	87,450.81	42,133.10	377767.24
03.01	EXPLOTACION DE MATERIALES Y ELABORACION DE AGREGADOS	201,266.17	110,893.30	90,372.87	0.00	0.00	201,266.17
03.01.01	EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE	32,853.44	32,853.44				32,853.44
03.01.02	EXTRACCION Y SELECCION DE MATERIAL DE RIO	32,853.44	32,853.44				32,853.44
03.01.03	PREPARACION DE MATERIAL GRANULAR PARA	135,559.29	45,186.42	90,372.87			135,559.29
03.02	PREPARACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE	56,120.85	0.00	30,866.46	25,254.39	0.00	56,120.85
03.02.01	PERFILADO Y COMPACTADO DE LA SUBRASANTE	56,120.85		30,866.46	25,254.39		56,120.85
03.03	CONFORMACION Y COMPACTACION DE CAPA DE	120,380.22		16,050.70	62,196.42	42,133.10	120,380.22
04	TRANSPORTES	315,224.92	81,097.20	193,976.76	23,936.15	16,214.81	315224.92
04.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR	127,425.23	81,097.20	6,177.07	23,936.15	16,214.81	127,425.23
04.01.01	TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE	30,055.19	30,055.19				30,055.19
04.01.02	TRANSPORTE DE HORMIGON DE RIO A ZONA DE	51,042.01	51,042.01				51,042.01
04.01.03	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR HASTA 1	10,536.63		1,404.88	5,443.93	3,687.82	10,536.63
04.01.04	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR > 1 KM	35,791.40		4,772.19	18,492.22	12,526.99	35,791.40
04.02	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE	187,799.69	0.00	187,799.69	0.00	0.00	187,799.69
04.02.01	TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A	143,675.28		143,675.28			143,675.28
04.02.02	TRANSPORTE DE MATERIAL ELIMINADO A	44,124.41		44,124.41			44,124.41
05	DRENAJE	1,376,560.48	0.00	150,953.01	1,068,590.25	157,017.22	1376560.48
05.03.01	ACONDICIONAMIENTO DE CUNETA EN TIERRA	73,872.00		20,684.16	53,187.84		73,872.00
05.02.05	ENCOFRADO DE CUNETAS	88,664.18		8,866.42	68,714.74	11,083.02	88,664.18
05.02.04	REVESTIMIENTO CUNETA TRIANGULAR f'c=175	1,167,474.00		116,747.40	904,792.40	145,934.20	1,167,474.00
05.04.05	JUNTA ASFALTICA E=1"	46,550.30		4,655.03	41,895.27		46,550.30
06	OBRAS COMPLEMENTARIAS	206,097.09	131,608.27	74,488.82	0.00	0.00	206097.09
06.01	MUROS DE CONTENCION	206,097.09	131,608.27	74,488.82	0.00	0.00	206,097.09
06.01.01	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	180.54	180.54				180.54
06.01.02	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS	3,932.31	3,932.31				3,932.31
06.01.03	RELLENO CON MATERIAL DE PRESTAMO	33,186.80		33,186.80			33,186.80
06.01.04	COMPACTACION DE FONDOS DE CIMIENTOS	651.95	651.95				651.95
06.01.05	SOLADO E=4"	6,059.30	6,059.30				6,059.30
06.01.06	CONCRETO f'c=210Kg/cm2	75,605.83	55,444.27	20,161.56			75,605.83
06.01.07	ACERO fy=4,200 kg/cm2	69,542.81	53,316.16	16,226.65			69,542.81
06.01.08	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	16,787.85	11,913.96	4,873.89			16,787.85
06.01.09	TUBERIA DE PVC SAL 3" PARA LLORADORES	149.70	109.78	39.92			149.70

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
CRONOGRAMA DE AVANCE DE OBRA VALORIZADO (CAOV)

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015"

UBICACION: DEPARTAMENTO: AMAZONAS; PROVINCIA: UTCUBAMBA; DISTRITO:CUMBA; LOCALIDAD: SINAI

ITEM	DESCRIPCION	PARCIAL S/.	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	TOTAL
07	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL	31,014.80	0.00	0.00	0.00	31,014.80	31014.8
07.01	POSTES KILOMETRICOS	21,768.30				21,768.30	21,768.30
07.02	SEÑAL REGLAMENTARIA 0.60Mx0.90M CON POSTE	2,628.48				2,628.48	2,628.48
07.03	SEÑAL PREVENTIVA DE 0.60M X 0.60M	4,514.24				4,514.24	4,514.24
07.04	SEÑAL INFORMATIVA 0.50M X 1.80M	2,103.78				2,103.78	2,103.78
08	PROTECCION AMBIENTAL	28,898.19	0.00	0.00	0.00	28,898.19	28898.19
08.01	RESTAURACION DE CANTERAS	4,410.00				4,410.00	4,410.00
08.02	REVEGETALIZACION	6,828.19				6,828.19	6,828.19
08.03	RESTAURACION DE LAS AREA AFECTADA POR	3,380.00				3,380.00	3,380.00
08.04	RESTAURACION DE AREA AFECTADA POR PATIO	14,280.00				14,280.00	14,280.00
09	CONTROL DE CALIDAD	8,350.00	0.00	6,068.00	2,150.00	132.00	8350
09.01	ROTURA DE PROBETAS	1,980.00		825.00	1,023.00	132.00	1,980.00
09.02	DENSIDAD DE CAMPO	1,470.00		343.00	1,127.00		1,470.00
09.03	ENSAYOS DE LABORATORIO	4,900.00		4,900.00			4,900.00
10	VARIOS	32,867.62	10,955.87	10,955.87	10,955.87	0.00	32867.62
10.01	FLETE TERRESTRE	32,867.62	10,955.87	10,955.87	10,955.87		32,867.62

COSTO DIRECTO	3,014,195.96	707,288.43	645,904.16	1,321,523.89	339,479.47	3,014,195.96
GASTOS GENERALES (10.43% CD)	314,380.64	73,770.18	67,367.80	137,834.94	35,407.72	314,380.64
UTILIDADES (10% CD)	301,419.60	70,728.84	64,590.42	132,152.39	33,947.95	301,419.60
SUBTOTAL	3,629,996.20	851,787.45	777,862.38	1,591,511.22	408,835.14	3,629,996.20
IGV (18% CD)	653,399.32	153,321.74	140,015.23	286,472.02	73,590.33	653,399.32
VALOR REFERENCIAL	4,283,395.52	1,005,109.19	917,877.61	1,877,983.24	482,425.47	4,283,395.52
% DE AVANCE PROGRAMADO MENSUAL		23.47%	21.43%	43.84%	11.26%	
% DE AVANCE PROGRAMADO ACUMULADO		23.47%	44.89%	88.74%	100.00%	

Nrep de EE 8.2t = Σ **[EE dia-carril * 365 * (1+t)^(n-1)]/t**
EE dia - carril = **EE * Factor Direccional * Factor carril**
EE = **de vehículos según tipo * factor de carga * factor de presión de llantas**

tasa de crecimiento para vehiculos de pasajeros = 3

tasa de crecimiento para vehiculos de carga = 2.5 0.025

Clase de vehículo	Eje equivalente ($EE_{8.2\,tn}$)
Bus (de 2 o 3 ejes)	1.850
Camión ligero (2 ejes)	1.150
Camión mediano (2 ejes)	2.750
Camión pesado (3 ejes)	2.000
Camión articulado (> 3 ejes)	4.350
Auto o vehículo ligero	0.0001

CUADRO 1 CALCULO DE NUMERO DE REPETICIONES DE EE PARA 10 AÑOS

TRAMO	IMDA (total ambos sentidos) AÑO BASE		Veh. Pesados (carril de diseño) TOTAL	Veh. Pesados (carril de diseño) PARCIAL			EE por tipo de vehículo			EE día - carril por tipo de vehículo			EE día - carril * 365 * (1+t)^(n-1)/(t)			Nº de Repeticiones EE 8.2 tn (10 años carril de diseño)
				Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	
I	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784
II	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784
III	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784
IV	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784

CUADRO 2 CALCULO DE NUMERO DE REPETICIONES DE EE PARA 20 AÑOS

TRAMO	IMDA (total ambos sentidos) AÑO BASE		Veh. Pesados (carril de diseño) TOTAL	Veh. Pesados (carril de diseño) PARCIAL			EE por tipo de vehículo			EE día - carril por tipo de vehículo			EE día - carril * 365 * (1+t)^(n-1)/(t)			Nº de Repeticiones EE 8.2 tn (20 años carril de diseño)
				Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	
I	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962
II	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962
III	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962
IV	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962

ESPESOR AFIRMADO (10 años carril de diseño)

TRAMO	I	II	III	IV
CBR	8.6	10.2	14.2	10.4
Nrep	364784	364784	364784	364784
E (mm)	252.4	227.0	184.2	224.3
Adoptado (mm)	200.0	200.0	200.0	200.0

En el tramo I, II, IV, según los estudios de suelos realizados, tienen un CBR de 8.6, 10.2 y 10.4 respectivamente, cabe mensionar que se ha adoptado un espesor de 20 cm de afirmado debido a que dichos tramos serán mejorados la subrasante.

ESPESOR AFIRMADO (20 años carril de diseño)

TRAMO	I	II	III	IV
CBR	8.6	10.2	14.2	10.4
Nrep	466962	466962	466962	466962
E (mm)	260.2	234.0	189.8	231.2
Adoptado (mm)	200.0	200.0	200.0	200.0

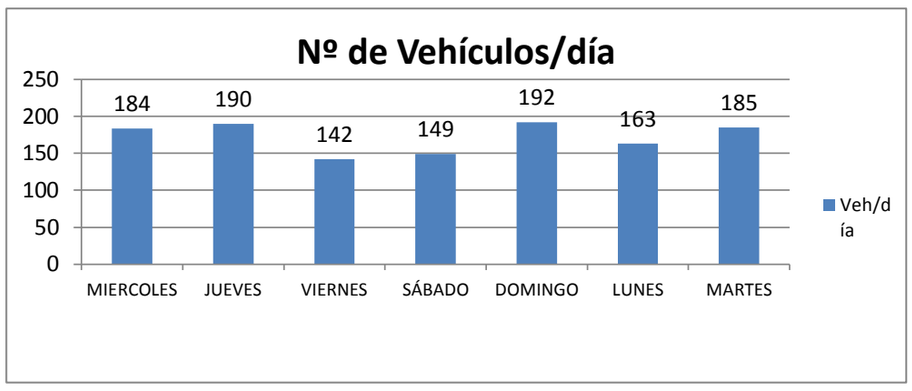
CALCULO DEL IMDa

1. DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO ACTUAL

i) Resumir los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

Resultados de los conteo de tráfico: **Mes:** may-15

Tipo de Vehículo	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES
Autos	63	62	41	53	75	50	55
Camionetas Pick Up	53	59	52	42	68	56	56
Camioneta Rural	40	51	40	38	38	32	38
Micro	0	0	0	0	0	3	3
Omnibus 2E	0	0	0	0	0	0	0
Omnibus 3E	0	0	0	0	0	0	0
Camion 2 E	11	12	5	9	4	15	18
Camion 3E	17	6	4	7	7	7	15
Semi Trayler	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	**184**	**190**	**142**	**149**	**192**	**163**	**185**



Nota: Conteo de 7 días de 24 horas

ii) Determinar los factores de corrección promedio de una estación de peaje cercano al camino

F.C.E. Vehículos ligeros: 0.95845235
F.C.E. Vehículos pesados: 1.01002247

iii) Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_a = IMD_S * FC$$

$$IMD_S = \sum \frac{Vi}{7}$$

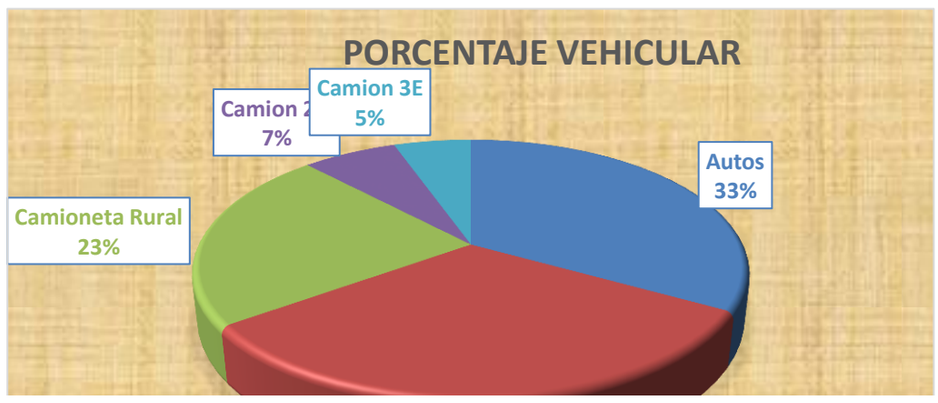
Donde:
IMD_S = Indice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
IMDa = Indice Medio Diario Anual
Vi = Volumen Vehícular diario de cada uno de los días de conteo
FC = Factores de Corrección Estacional

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehícular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD_S	FC	IMD_a
	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES				
Autos	63	62	41	53	75	50	55	399	57	0.95845235	55
Camionetas Pick Up	53	59	52	42	68	56	56	386	55	0.95845235	53
Camioneta Rural	40	51	40	38	38	32	38	277	40	0.95845235	38
Micro	0	0	0	0	0	3	3	6	0.9	0.95845235	1
Omnibus 2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95845235	0
Omnibus 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.01002247	0
Camion 2 E	11	12	5	9	4	15	18	74	11	1.01002247	11
Camion 3E	17	6	4	7	7	7	15	63	9	1.01002247	9
Semi Trayler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.01002247	0
TOTAL	**184**	**190**	**142**	**149**	**192**	**163**	**185**	**1205**	**172**		**167**

2. ANALISIS DE LA DEMANDA
2.1 Demanda Actual

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Autos	55	32.93
Camionetas Pick Up	53	31.74
Camioneta Rural	38	22.75
Camion 2 E	11	6.59
Camion 3E	9	5.39
IMD	**167**	**100.00**



Nrep de EE 8.2t = Σ **[EE dia-carril * 365 * (1+t)^(n-1)]/t**
EE dia - carril = **EE * Factor Direccional * Factor carril**
EE = **de vehículos según tipo * factor de carga * factor de presión de llantas**

tasa de crecimiento para vehiculos de pasajeros = 3

tasa de crecimiento para vehiculos de carga = 2.5 0.025

Clase de vehículo	Eje equivalente ($EE_{8.2\,tn}$)
Bus (de 2 o 3 ejes)	1.850
Camión ligero (2 ejes)	1.150
Camión mediano (2 ejes)	2.750
Camión pesado (3 ejes)	2.000
Camión articulado (> 3 ejes)	4.350
Auto o vehículo ligero	0.0001

CUADRO 1 CALCULO DE NUMERO DE REPETICIONES DE EE PARA 10 AÑOS

TRAMO	IMDA (total ambos sentidos) AÑO BASE		Veh. Pesados (carril de diseño) TOTAL	Veh. Pesados (carril de diseño) PARCIAL			EE por tipo de vehículo			EE día - carril por tipo de vehículo			EE día - carril * 365 * (1+t)^(n-1)/(t)			Nº de Repeticiones EE 8.2 tn (10 años carril de diseño)
				Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	
I	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784
II	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784
III	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784
IV	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784

CUADRO 2 CALCULO DE NUMERO DE REPETICIONES DE EE PARA 20 AÑOS

TRAMO	IMDA (total ambos sentidos) AÑO BASE		Veh. Pesados (carril de diseño) TOTAL	Veh. Pesados (carril de diseño) PARCIAL			EE por tipo de vehículo			EE día - carril por tipo de vehículo			EE día - carril * 365 * (1+t)^(n-1)/(t)			Nº de Repeticiones EE 8.2 tn (20 años carril de diseño)
				Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	
I	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962
II	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962
III	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962
IV	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962

ESPESOR AFIRMADO (10 años carril de diseño)

TRAMO	I	II	III	IV
CBR	8.6	10.2	14.2	10.4
Nrep	364784	364784	364784	364784
E (mm)	252.4	227.0	184.2	224.3
Adoptado (mm)	200.0	200.0	200.0	200.0

En el tramo I, II, IV, según los estudios de suelos realizados, tienen un CBR de 8.6, 10.2 y 10.4 respectivamente, cabe mensionar que se ha adoptado un espesor de 20 cm de afirmado debido a que dichos tramos serán mejorados la subrasante.

ESPESOR AFIRMADO (20 años carril de diseño)

TRAMO	I	II	III	IV
CBR	8.6	10.2	14.2	10.4
Nrep	466962	466962	466962	466962
E (mm)	260.2	234.0	189.8	231.2
Adoptado (mm)	200.0	200.0	200.0	200.0

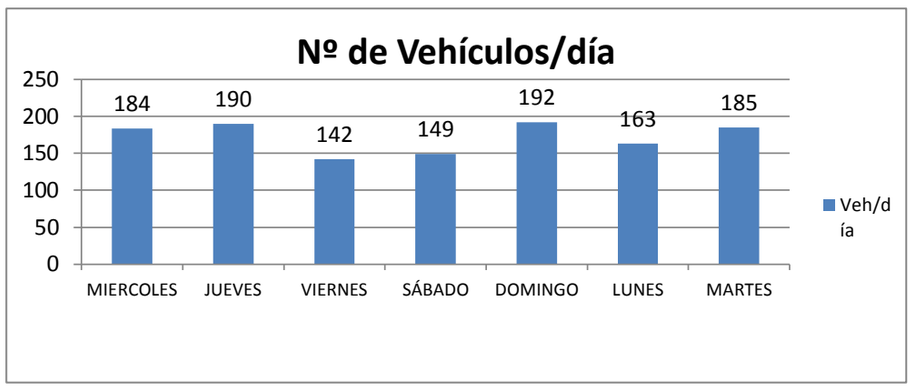
CALCULO DEL IMDa

1. DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO ACTUAL

i) Resumir los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

Resultados de los conteo de tráfico: **Mes:** may-15

Tipo de Vehículo	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES
Autos	63	62	41	53	75	50	55
Camionetas Pick Up	53	59	52	42	68	56	56
Camioneta Rural	40	51	40	38	38	32	38
Micro	0	0	0	0	0	3	3
Omnibus 2E	0	0	0	0	0	0	0
Omnibus 3E	0	0	0	0	0	0	0
Camion 2 E	11	12	5	9	4	15	18
Camion 3E	17	6	4	7	7	7	15
Semi Trayler	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	**184**	**190**	**142**	**149**	**192**	**163**	**185**



Nota: Conteo de 7 días de 24 horas

ii) Determinar los factores de corrección promedio de una estación de peaje cercano al camino

F.C.E. Vehículos ligeros: 0.95845235
F.C.E. Vehículos pesados: 1.01002247

iii) Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_a = IMD_S * FC$$

$$IMD_S = \sum \frac{Vi}{7}$$

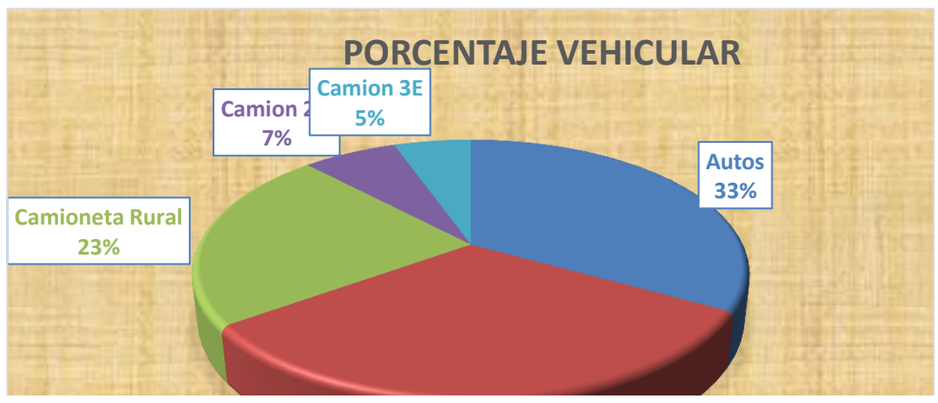
Donde:
IMD_S = Indice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
IMDa = Indice Medio Diario Anual
Vi = Volumen Vehícular diario de cada uno de los días de conteo
FC = Factores de Corrección Estacional

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehícular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD_S	FC	IMD_a
	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES				
Autos	63	62	41	53	75	50	55	399	57	0.95845235	55
Camionetas Pick Up	53	59	52	42	68	56	56	386	55	0.95845235	53
Camioneta Rural	40	51	40	38	38	32	38	277	40	0.95845235	38
Micro	0	0	0	0	0	3	3	6	0.9	0.95845235	1
Omnibus 2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95845235	0
Omnibus 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.01002247	0
Camion 2 E	11	12	5	9	4	15	18	74	11	1.01002247	11
Camion 3E	17	6	4	7	7	7	15	63	9	1.01002247	9
Semi Trayler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.01002247	0
TOTAL	**184**	**190**	**142**	**149**	**192**	**163**	**185**	**1205**	**172**		**167**

2. ANALISIS DE LA DEMANDA
2.1 Demanda Actual

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Autos	55	32.93
Camionetas Pick Up	53	31.74
Camioneta Rural	38	22.75
Camion 2 E	11	6.59
Camion 3E	9	5.39
IMD	**167**	**100.00**

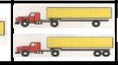


ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACIÓN	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Miercoles 13	05	2015

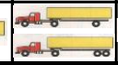
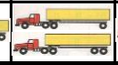
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																			
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E																		0
5	O	3		3															6
5	E	3		3															6
6	O	2		3															5
6	E	5	3																8
7	O	3	2	2															7
7	E	5																	5
8	O	2	1	1															4
8	E	1	1					2											4
9	O	2	4	1				2											9
9	E	2	1	1				2	4										10
10	O	5	3					2	4										14
10	E	1																	1
11	O	5	5	5					3										18
11	E		5	5					1										11
12	O		5						1										6

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	◄—— E O ——►
UBICACIÓN	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Miercoles 13	05	2015

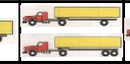
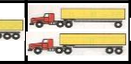
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																			
12	E								1										1
13	O							2	3										5
13	E			2				1											3
14	O	5	5																10
14	E	2	1																3
15	O	5	5	5															15
15	E	5	5	5															15
16	O	1																	1
16	E		2																2
17	O			2															2
17	E	2	2	1															5
18	O	1																	1
18	E	1	2	1															4
19	O	1																	1
19	E	1	1																2
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	28	23	18	-	-	-	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80
	O	35	30	22	-	-	-	6	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Jueves 14	05	2015

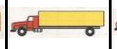
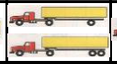
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E																		0
5	O	5		2															7
5	E	2																	2
6	O	2		5															7
6	E	3	5																8
7	O	5	5	5															15
7	E	2						3											5
8	O	5	5	5															15
8	E	1	1					3											5
9	O	2	2	2															6
9	E	2	1	3					2										8
10	O	5	3					1											9
10	E	1						1											2
11	O	5	2	5					2										14
11	E	1	5	1					1										8
12	O	2	1						1										4

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Jueves 14	05	2015

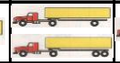
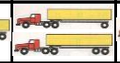
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																			
12	E	2	2																4
13	O	2	5	5				3											15
13	E		3	3															6
14	O		5					1											6
14	E		3																3
15	O		5	5															10
15	E		1	3															4
16	O	3																	3
16	E	1	2																3
17	O	3		5															8
17	E	5	2	1															8
18	O	1																	1
18	E	1	1	1															3
19	O	1																	1
19	E																		0
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	21	26	12	-	-	-	7	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69
	O	41	33	39	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Viernes 15	05	2015

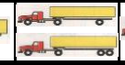
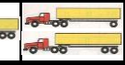
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																			
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E	3																	3
5	O			1															1
5	E																		0
6	O	3		2															5
6	E		3																3
7	O		1	2															3
7	E	3						1											4
8	O	3	5	2															10
8	E	2	5																7
9	O	2	2	5															9
9	E	2	1	1															4
10	O	1	3					1											5
10	E	2						2	2										6
11	O	1	5	3															9
11	E	1	3	5															9
12	O		1						2										3

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Viernes 15	05	2015

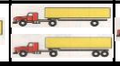
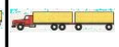
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
12	E		2																2
13	O		1					1											2
13	E	1		5															6
14	O		5																5
14	E	1	5																6
15	O	1		5															6
15	E	2	1	1															4
16	O	5																	5
16	E	2	1	1															4
17	O	1	1	5															7
17	E	2	5	1															8
18	O	2	1																3
18	E	1	1	1															3
19	O																		0
19	E																		0
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	22	27	15	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69
	O	19	25	25	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Sabado 16	05	2015

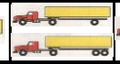
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E	2																	2
5	O	5		2															7
5	E		3	2															5
6	O	2		2															4
6	E	5	1																6
7	O	5	5	3															13
7	E	1																	1
8	O	2	5	3															10
8	E	1	5																6
9	O	2		5															7
9	E	1	3	2					2										8
10	O	2	3					1	1										7
10	E	5							2										7
11	O	2	5	5					1										13
11	E	2	1	1					1										5
12	O																		0

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Sabado 16	05	2015

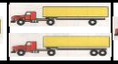
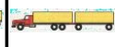
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
12	E																		0
13	O			1															1
13	E			1				2											3
14	O	3																	3
14	E																		0
15	O	3	3	3				3											12
15	E	2	2	2				2											8
16	O	1						1											2
16	E	5	5	5															15
17	O		1	1															2
17	E																		0
18	O	1																	1
18	E	1																	1
19	O																		0
19	E																		0
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	25	20	13	-	-	-	4	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67
	O	28	22	25	-	-	-	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Domingo 17	05	2015

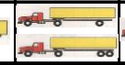
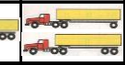
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O	3																	3
4	E	5																	5
5	O	5																	5
5	E																		0
6	O	5		3															8
6	E	1	2																3
7	O	1	5	3															9
7	E	2																	2
8	O	5	2	3															10
8	E	3	5																8
9	O	5	5	3															13
9	E	2	3	3															8
10	O	2	3					2											7
10	E	5	5																10
11	O	3		5					2										10
11	E	1	3	1															5
12	O	1	1																2

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Domingo 17	05	2015

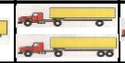
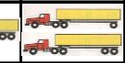
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
12	E	2																	2
13	O	2	5	3															10
13	E	2	2	5															9
14	O		5						2										7
14	E								2										2
15	O	3	3	3															9
15	E	5	5	5				2											17
16	O		3						1										4
16	E		5	1															6
17	O	3	1																4
17	E		5																5
18	O	3																	3
18	E	1																	1
19	O																		0
19	E	3																	3
20	O	1																	1
20	E	1																	1
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	33	35	15	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87
	O	42	33	23	-	-	-	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Lunes 18	05	2015

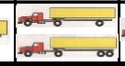
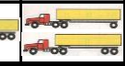
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																			
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E																		0
5	O																		0
5	E																		0
6	O	2		1															3
6	E	2	3																5
7	O	2	3	3															8
7	E	2																	2
8	O	2	5	5															12
8	E		2																2
9	O	1	1	5															7
9	E		2	1					1										4
10	O	5	1					5	3										14
10	E	5	2					1	2										10
11	O			1					1										2
11	E	3	3	1															7
12	O	2	2																4

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Lunes 18	05	2015

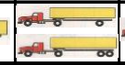
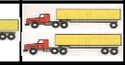
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
12	E	3	5																8
13	O	5	5	2				2											14
13	E	3	2	3				2											10
14	O	2	3					2											7
14	E		1					3											4
15	O	2	2	2															6
15	E		1	3															4
16	O	2	5																7
16	E	2	3	3	3														11
17	O	1	3																4
17	E	1	1	1															3
18	O	2	1																3
18	E	1		1															2
19	O																		0
19	E																		0
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	22	25	13	3	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72
	O	28	31	19	-	-	-	9	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Martes 19	05	2015

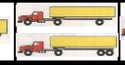
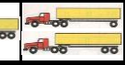
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E																		0
5	O																		0
5	E																		0
6	O	3		2															5
6	E	5	2																7
7	O	3	3	2															8
7	E	3						2											5
8	O	2	3	5															10
8	E	5	5																10
9	O	1	2	2															5
9	E	2	1	2					3										8
10	O	3	5						2										10
10	E	1						3											4
11	O	1	3	2					3										9
11	E	5	5	2															12
12	O	1	1						1										3

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

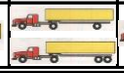
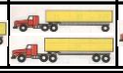
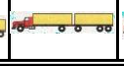
ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Martes 19	05	2015

HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
12	E		2						3										5
13	O			3				3	3										9
13	E	5	5	3															13
14	O							5											5
14	E		5					5											10
15	O	3	1	3															7
15	E	1	5	5															11
16	O	1			3														4
16	E	1	3	3															7
17	O		1																1
17	E	3	2	3															8
18	O	1	1																2
18	E	3	1	1															5
19	O	1																	1
19	E	1																	1
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	35	36	19	-	-	-	10	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106
	O	20	20	19	3	-	-	8	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

CAMINO VECINAL	SINAI -CRUCE HUALANGO	
SENTIDO	**SALIDA**	
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)	

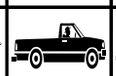
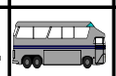
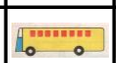
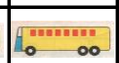
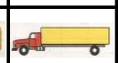
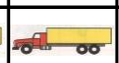
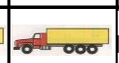
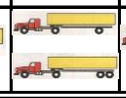
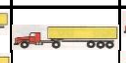
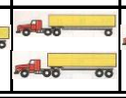
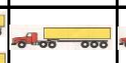
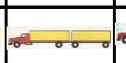
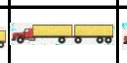
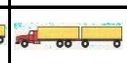
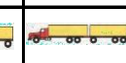
ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	

DIA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	PORC. %
		PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
DIAGRA. VEH																			
MIERCOLES	35	30	22	0	0	0	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15.88
JUEVES	41	33	39	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	18.47
VIERNES	19	25	25	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	11.15
SABADO	28	22	25	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12.52
DOMINGO	42	33	23	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	16.03
LUNES	28	31	19	0	0	0	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13.89
MARTES	20	20	19	3	0	0	8	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	12.06
TOTAL	30	28	25	0	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	
%	33	30	26	0	-	-	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

CAMINO VECINAL	SINAI -CRUCE HUALANGO	
SENTIDO	**ENTRADA**	
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)	

ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	

HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	PORC. %
		PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
DIAGRA. / VEH																			
MIERCOLES	28	23	18	0	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	14.55
JUEVES	21	26	12	0	0	0	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12.55
VIERNES	22	27	15	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12.55
SABADO	25	20	13	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12.18
DOMINGO	33	35	15	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	15.82
LUNES	22	25	13	3	0	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	13.09
MARTES	35	36	19	0	0	0	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	19.27
TOTAL	27	27	15	0	-	-	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79	
%	34	35	19	1	-	-	7	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

CAMINO VECINAL	SINAI -CRUCE HUALANGO	
SENTIDO	**AMBOS**	
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)	

ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	

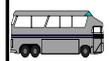
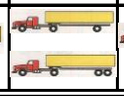
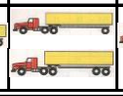
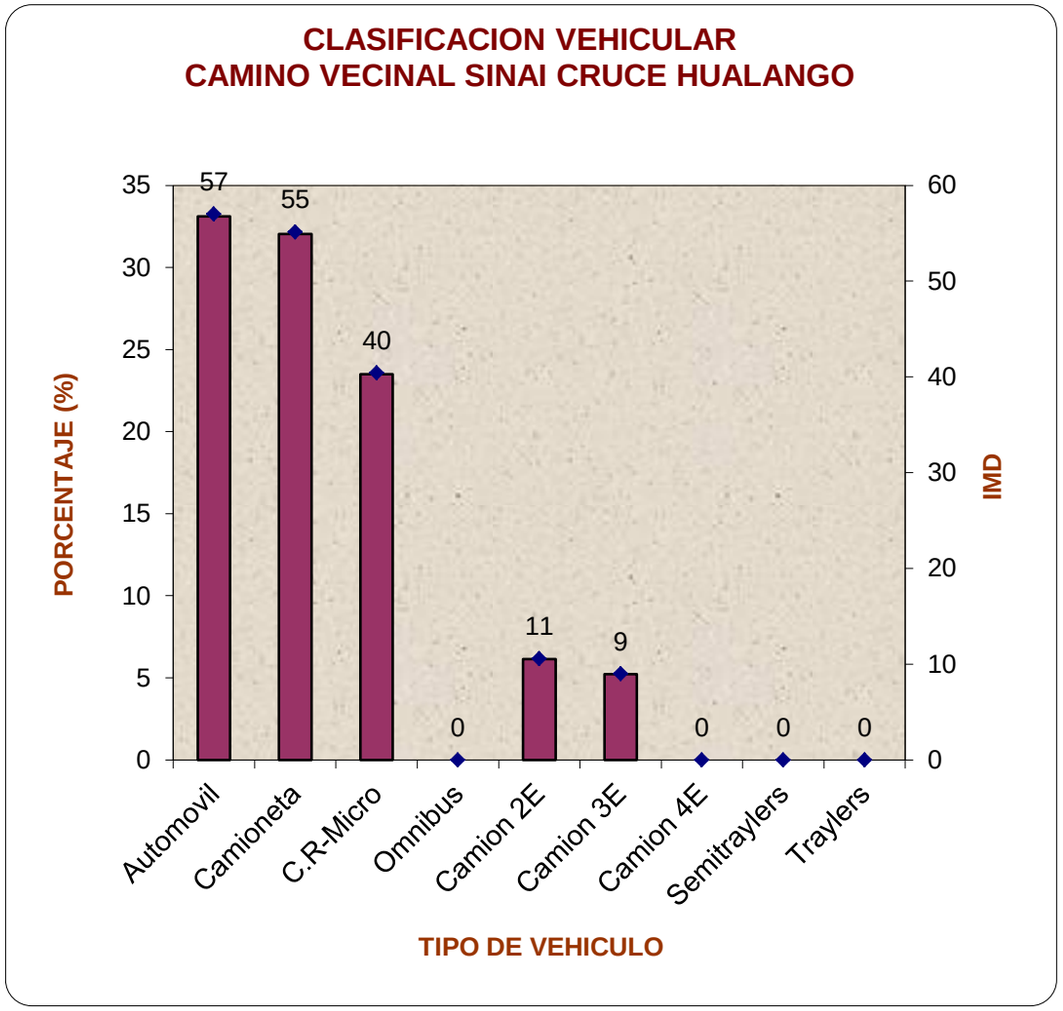
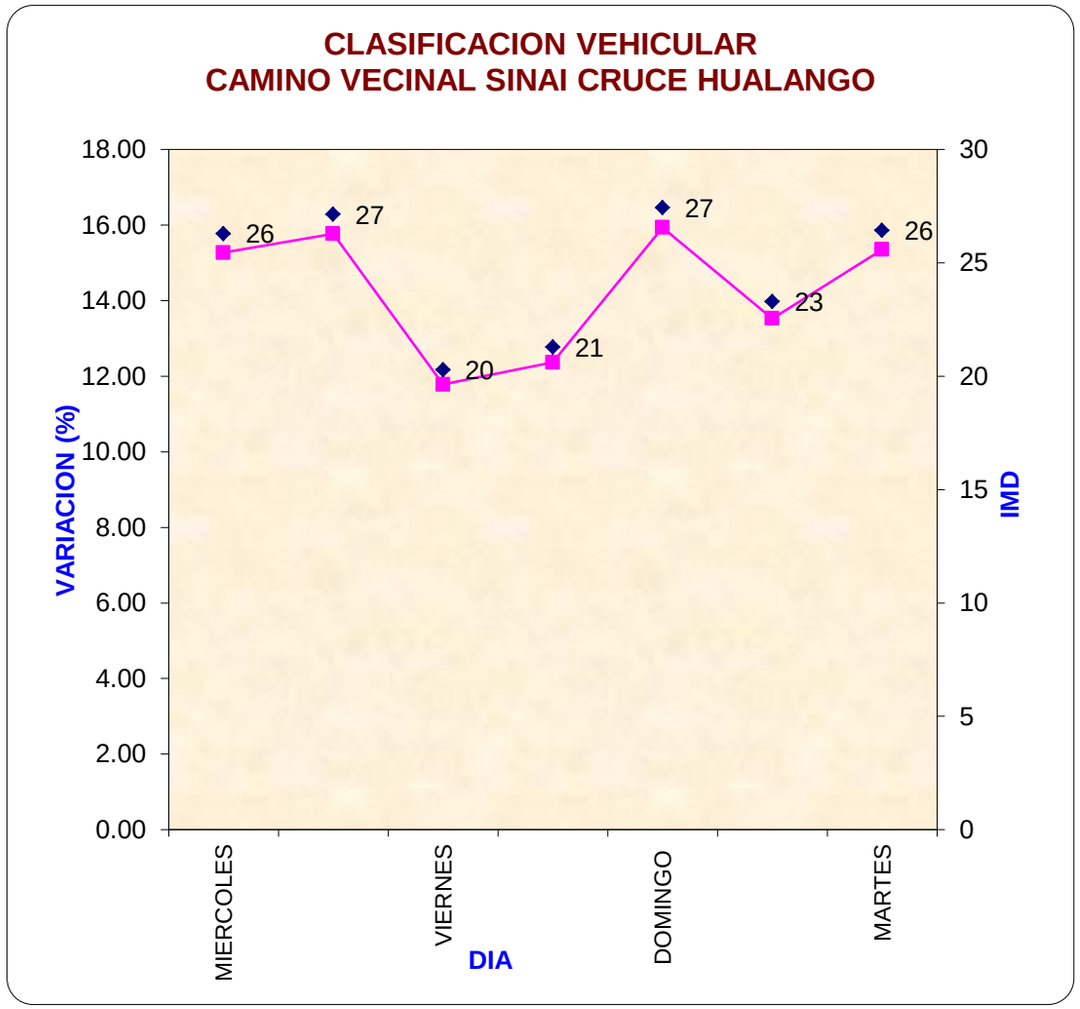
HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	PORC. %
		PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
DIAGRA.																			
VEH																			
MIERCOLES	63	53	40	0	0	0	11	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	15.27
JUEVES	62	59	51	0	0	0	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	15.77
VIERNES	41	52	40	0	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	11.78
SABADO	53	42	38	0	0	0	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	12.37
DOMINGO	75	68	38	0	0	0	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	15.93
LUNES	50	56	32	3	0	0	15	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	13.53
MARTES	55	56	38	3	0	0	18	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	15.35
TOTAL	57	55	40	1	-	-	11	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	172	
%	33	32	23	0	-	-	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00

GRAFICO DE CLASIFICACION VEHICULAR





Obra: DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-17

INDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR SENTIDO Y TIPO DE VEHICULO, AÑO 2015
En Valores Absolutos y Relativos

TRAMO	RUTA	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO										
					AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMIONETA RURAL	MICROBUS	OMNIBUS 2 E	OMNIBUS 3 E	CAMION 2 E	CAMION 3 E	CAMION 4 E	SEMI TRAYLERS	TRAYLERS
SINAI - CRUCE HUALANGO		E - 1	E	94	30	28	25	0	-	-	5	5	-	-	-
			O	79	27	27	15	0	-	-	5	4	-	-	-
			E + O	172	57	55	40	1	-	-	11	9	-	-	-
			%	100.0	33.1	32.0	23.0	0.5	-	-	6.1	5.2	-	-	-

FUENTE : Estudio de Conteo, Clasificacion Vehicular y Encuesta de Carga y Pasajeros- 2015
ELABORACION : Consultor

Obra:

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

ESTIMACION DEL INDICE MEDIO DIARIO (IMD)

Se empleara la siguiente formula:

$$IMD = \frac{5VDL + VS + VD}{7} \times FC$$

Donde:

VDL =	Promedio de volumen de transito de dias laborables
VS =	Volumen de transito dia sabado
VD =	Volumen de transito dia domingo
F.C. =	Factor de correccion

Del Analisis de las encuestas realizadas se tiene:

VDL =	86
VS =	75
VD =	96
F.C. =	1.00

Aplicando la formula se tiene:

$$IMD = \frac{5(40) + 32 + 39.5}{7} \times 1.0$$

IMD = 86.071429 veh/dia

ESTIMACION DEL INDICE MEDIO DIARIO (IMD) - VEHICULOS LIGEROS

Se empleara la siguiente formula:

$$IMD = \frac{5VDL + VS + VD}{7} \times FC$$

Donde:

VDL =	Promedio de volumen de transito de dias laborables
VS =	Volumen de transito dia sabado
VD =	Volumen de transito dia domingo
F.C. =	Factor de correccion

Obra:
DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

Del Analisis de las encuestas realizadas se tiene:

VDL = 75
VS = 67
VD = 91
F.C. = 1.00

Aplicando la formula se tiene:

$$IMD = \frac{5(35) + 26 + 37}{7} \times 1.000$$

IMD = 76 veh/dia

ESTIMACION DEL INDICE MEDIO DIARIO (IMD) - VEHICULOS PESADOS

Se empleara la siguiente formula:

$$IMD = \frac{5VDL + VS + VD}{7} \times FC$$

Donde:

VDL = Promedio de volumen de transito de dias laborables
VS = Volumen de transito dia sabado
VD = Volumen de transito dia domingo
F.C. = Factor de correccion

Del Analisis de las encuestas realizadas se tiene:

VDL = 9
VS = 8
VD = 6
F.C. = 1.00

Aplicando la formula se tiene:

$$IMD = \frac{5(4) + 6 + 3}{7} \times 1.0$$

Obra:

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

IMD = 8 veh/dia

Obra: DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

$$IMD = \frac{5VDL + VS + VD}{7} \times FC$$

IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR
IMD (Veh/dia)

TIPO DE VEHICULOS	13/05/2015		14/05/2015		15/05/2015		16/05/2015		17/05/2015		18/05/2015		19/05/2015		PROMEDIO DIARIO	
	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)
Autos	63	34.24	62	32.63	41	28.87	53	35.57	75	39.06	50	30.67	55	29.73	57	33.11
Camionetas Pick Up	53	28.80	59	31.05	52	36.62	42	28.19	68	35.42	56	34.36	56	30.27	55	5.21
Camioneta Rural	40	21.74	51	26.84	40	28.17	38	25.50	38	19.79	32	19.63	38	20.54	40	22.99
Micro	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	1.84	3	1.62	1	0.50
Omnibus 2E	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Omnibus 3E	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Camion 2 E	11	5.98	12	6.32	5	3.52	9	6.04	4	2.08	15	9.20	18	9.73	11	6.14
Camion 3E	17	9.24	6	3.16	4	2.82	7	4.70	7	3.65	7	4.29	15	8.11	9	5.23
Semi Trayler	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
TOTAL PROMEDIO DIARIO	184	100.00	190	100.00	142	100.00	149	100.00	192	100.00	163	100.00	185	100.00	172	73.17
TOTAL PROMEDIO PERIODO															172	73.17
TOTAL PROMEDIO VOL. TRANSITO DIAS LABORABLES															173	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA SABADO															149	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA DOMINGO															192	

Obra: DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

$$IMD = \frac{5VDL + VS + VD}{7} \times FC$$

IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS LIGEROS
IMD (Veh/dia)

TIPO DE VEHICULOS	13/05/2015		14/05/2015		15/05/2015		16/05/2015		17/05/2015		18/05/2015		19/05/2015		PROMEDIO DIARIO	
	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)
Autos	63	40.38	62	36.05	41	30.83	53	39.85	75	41.44	50	35.46	55	36.18	57	37.36
Camionetas Pick Up	53	33.97	59	34.30	52	39.10	42	31.58	68	37.57	56	39.72	56	36.84	55	36.14
Camioneta Rural	40	25.64	51	29.65	40	30.08	38	28.57	38	20.99	32	22.70	38	25.00	40	25.94
Micro	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	2.13	3	1.97	1	0.56
Omnibus 2E	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Omnibus 3E	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Camion 2 E																
Camion 3E																
TOTAL PROMEDIO DIARIO	156	100.00	172	100.00	133	100.00	133	100.00	181	100.00	141	100.00	152	100.00	153	100.00
TOTAL PROMEDIO PERIODO															153	100.00
TOTAL PROMEDIO VOL. TRANSITO DIAS LABORABLES															151	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA SABADO															133	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA DOMINGO															181	

IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS PESADOS
IMD (Veh/dia)

TIPO DE VEHICULOS	13/05/2015		14/05/2015		15/05/2015		16/05/2015		17/05/2015		18/05/2015		19/05/2015		PROMEDIO DIARIO	
	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)
Autos																
Camionetas Pick Up																
Camioneta Rural																
Micro																
Omnibus 2E																
Omnibus 3E																
Camion 2 E	11	39.29	12	66.67	5	55.56	9	56.25	4	36.36	0	0.00	18	54.55	8	51.30
Camion 3E	17	60.71	6	33.33	4	44.44	7	43.75	7	63.64	0	0.00	15	45.45	8	48.70
Semi Trayler	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	#¡DIV/0!	0	0.00	0	0.00
TOTAL PROMEDIO DIARIO	28	100.00	18	100.00	9	100.00	16	100.00	11	100.00	0	#¡DIV/0!	33	100.00	16	100.00
TOTAL PROMEDIO PERIODO															16	100.00
TOTAL PROMEDIO VOL. TRANSITO DIAS LABORABLES															18	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA SABADO															16	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA DOMINGO															11	

Obra: DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

PROYECCION DE TRAFICO
IMD (Veh/dia)

Tasa de crecimiento poblacional (%)=	**3.5**
Tasa de crecimiento PBI departamental (%)=	**3.0**
Periodo de diseño (años)=	**10**

TIPO DE VEHICULOS	PROMEDIO DIARIO		TASA DE	IMD
	IMD	DISTRIB (%)	CREC. (%)	PROYECTADO
Autos	57	33.11	3.50	78
Camionetas Pick Up	55	32.03	3.50	75
Camioneta Rural	40	22.99	3.50	54
Micro	1	0.50	3.50	1
Omnibus 2E	0	0.00	3.50	0
Omnibus 3E	0	0.00	3.50	0
Camion 2 E	11	6.14	3.00	14
Camion 3E	9	5.23	3.00	12
Semi Trayler	0	0.00	3.00	0
TOTAL	**172**	**100.00**		**233**

IMD proy. = 233 veh/dia

Para la proyeccion de trafico se ha empleado la siguiente formula:

$$Tr = T\ (1 + Rt)^{(n-1)}$$

Donde:

Tr = Proyeccion de trafico en años "n"
T = IMD promedio del periodo de analisis
Rt = Tasa de crecimiento poblacional aplicada
n = Periodo de diseño

ESTUDIO DE TRAFICO

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015"

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CHICLAYO, MAYO DEL 2015

ESTUDIO DE TRÁFICO

1. OBJETIVO

El estudio de tráfico vehicular tiene por objeto, cuantificar, clasificar por tipos de vehículos y conocer el volumen diario de los vehículos que transitan en el tramo de la carretera Sinaí – Cruce Hualango; así mismo a través del conteo vehicular tener los elementos necesarios para la determinación de las características de diseño del pavimento de la carretera, del tramo en estudio. Así mismo para la evaluación económica de posibles alternativas de inversión de la carretera.

2. SITUACION ACTUAL

En la actualidad la vía se encuentra a nivel de trocha y en mal estado de conservación vial, pues debido a la falta de drenaje y alcantarillas la vía se encuentra invadida por riachuelos existente, lo cual ha provocado ahuellamientos y deterioro de la misma, el ancho promedio varía entre 3.50m a 5.50m, presenta curvas y contra curvas en el trayecto, pendientes máximas de 3% y 4% y en algunos tramos pendientes de hasta 13%, radios de giro estrecha, es de doble sentido de circulación, no presenta señalización preventiva vertical y horizontal alguna.

Cabe recalcar que, en la actualidad la vía no presenta cunetas en todo su extensión, siendo esta la principal causa en tiempo de lluvia de que la vía sufra daños por las aguas que invaden la vía, produciéndose caídas, ahuellamientos, desprendimientos, perdida de ancho de la plataforma por erosión, baches, con el paso de los vehículos que transitan por esta ruta importante.

Fotografía N° 01. Ahuellamiento producido por invasión de agua por falta de cunetas en la vía.

Fotografía N° 02. Se aprecia que en todo el recorrido de la vía no existen cunetas.

A continuación se indica el tramo y el estado de conservación vial:

TRAMO	LONGITUD	VIA	ESTADO DE CONSERVACIÓN
Sinaí - Cruce Hualango	5+700	Trocha	Mal Estado

3. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y METODOLOGIA DE CONTEO

3.1. Características Generales de Conteo.

Las características básicas de los conteos vehiculares fueron los siguientes:

- Los conteos fueron realizados durante 7 días en una estación, tomando como días representativas laborables los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y sábado, Domingo como día no laborables.
- Los conteos se realizaron durante 24 horas, con el objetivo de identificar lo más claramente posible, el comportamiento del flujo vehicular durante el día y la noche.
- Las horas de conteo fueron desde las 06:00am hasta 06:00am del día siguiente, dos turnos: de día y de noche de 12 horas respectivamente.
- Los conteos vehiculares fueron cerrados cada hora, con el objetivo de evaluar posibles intensidades de flujo extraordinarios.
- La clasificación vehicular utilizada fue la siguiente

Autos	Bus
Pick up	Camión
Camioneta rural	Semitrayler
Micro	Trayler

3.2. Metodología del conteo.

El tráfico se define como el desplazamiento de bienes y/o personas en los medios de transporte; mientras que el tránsito viene a ser el desplazamiento de vehículos y/o personas de un punto llamado origen y otro destino.

Por tanto para la elaboración del informe final del estudio de tráfico es necesario contar con la información de campo, que nos va a permitir efectuar los trabajos de gabinete para luego llevar a cabo el análisis de los resultados obtenidos, es así que como requisito mínimo para la elaboración del estudio es necesario contar con las siguientes etapas como mínimo:

- Recopilación de la información en campo (tráfico)
- Procesamiento y cálculo de datos tomados en campo
- Análisis de los resultados obtenidos

3.2.1. Recopilación de la información en campo

La información básica para la elaboración del estudio procede de dos fuentes diferentes: referenciales y directas.

Fuentes referenciales. Existentes a nivel oficial, son las referidas respecto a la información del IMD y Factores de Corrección, existentes en los documentos oficiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Unidades de peaje más cercana al área de estudio).

Fuentes Directas. Recopilación de la información en campo a través de conteos vehiculares. Estas labores exigieron una etapa previa de trabajo en gabinete, además del reconocimiento de la carretera Sinaí – Cruce Hualango, para identificar la estación de control vehicular y finalmente realizar el aforo vehicular programado.

El trabajo de gabinete consistió en la elaboración de los formatos para el aforo vehicular, para ser utilizados en la estación de control preestablecida durante el reconocimiento de la carretera en estudio.

El formato del Conteo vehicular, considera la toma de información correspondiente al nombre de la estación de control preestablecido, la hora, día y fecha del conteo, para cada tipo de vehículo según eje y características técnicas del vehículo.

Antes de realizar el trabajo de campo y con el propósito de identificar y precisar in situ la estación predeterminada, se realizó el reconocimiento de la carretera en el tramo indicado para ubicar estratégicamente las estaciones necesarias para la ejecución del conteo de vehículos.

Durante el reconocimiento de la carretera la estación de conteo vehicular definida fue en el caserío de Sinaí.

En la estación de conteo establecida se ubicó a los encuestadores uno para el turno del día y otro para el turno de la noche, previa capacitación para los trabajos a realizar, a fin de obtener resultados óptimos.

El conteo volumétrico (aforo vehicular) se realizó en la estación E-1 (tramo: Sinaí – Cruce Hualango) durante 07 días, tomando como fecha de inicio desde el 13 al 19 de Mayo del 2015, durante las 24 horas y dos turnos rotativos de 12 horas cada uno.

Cabe indicar que, en los sentidos de transito se ha considerado “E” como entrada al área del proyecto y “O” como salida del área del proyecto respectivamente, tomando como punto base a la estación de conteo seleccionada para el aforo vehicular.

3.2.2. Procesamiento de la Información.

El procesamiento de los datos tomados en campo corresponde íntegramente al trabajo de gabinete, la misma que ha sido procesado en el programa Excel mediante hojas de cálculo, a fin de analizar y graficar los resultados para una mejor visualización y luego con los resultados obtenidos tomar decisiones para futuros proyectos.

Los conteos vehiculares de tráfico obtenidos en campo han sido procesados en formatos de resumen, por día y según el sentido, indicando su distribución por horas.

3.2.3. Análisis de la Información y Resultados Obtenidos.

Los conteos volumétricos realizados tienen por objeto conocer los volúmenes de tráfico vehicular que soporta la carretera en estudio, así como su composición vehicular y la variación diaria.

Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo, en Índice Medio Diario (IMD), se ha empleado la siguiente fórmula:

$$I.M.D. = \frac{5VDL+VS+VD}{7} \times F.C$$

Donde:

VDL = Promedio de Volumen de tránsito de Días Laborables

VS = Volumen de tránsito del Sábado

VD = Volumen de tránsito del Domingo

F.C. = Factor de Corrección, obtenido de una Estación de Mayor Control, de similares características, para el mes que se ha realizado la cobertura.

Cabe precisar además que, de los conteos llevados a cabo se han proyectado los resultados obtenidos a fin de obtener los volúmenes para días laborables y no laborables, con la formula indicada anteriormente.

4. CONTEO DE TRAFICO VEHICULAR

4.1. RESULTADOS DIRECTOS DEL CONTEO VEHICULAR

- **Resultados de los Conteos**

  Luego de la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se obtuvo los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía, por día, tipo de vehículo, por sentido, y el consolidado de ambos sentidos. El resumen se incluye en el texto del Informe

- **Factores de Corrección Estacional**

  Los volúmenes de tráfico vehicular varían cada mes debido a las estaciones del año, ocasionados por las épocas de cosecha, lluvias, ferias semanales, estaciones del año, vacaciones, festividades, etc.

  Para el caso de la carretera Sinaí – Cruce Hualango, la variación del tráfico es en época de cosecha, fiestas patronales, etc. donde el ingreso de vehículos de transporte público, vehículos pesados como camiones, sufren una variación ya sea para el traslado de personas y/o productos agrícolas, tales como: café, maíz, papa, etc, frutas y otros productos de la zona, así mismo el tráfico se ve incrementado en épocas de festividades en los distritos aledaños a la vía en estudio, por tanto es necesario afectar los valores obtenidos durante este período de tiempo, por un factor de corrección que lleve estos valores al promedio diario anual.

La utilización del Factor de Corrección Estacional se toma de los años anteriores, y corresponden a la estación de peaje más cercana a la zona de estudio. Para el presente estudio la utilización del factor de corrección se ha considerado del peaje de siempre Viva, tomándose del resultado del año 2015 con 1.01836, dicho factor se utiliza tanto para vehículos ligeros como para vehículos pesados.

La explicación por lo que se ha considerado el peaje es el siguiente, uno de los principales puntos es que la población de las provincias de Utcubamba, Jaén, y Bagua utilizan la ruta siguiente a través de la ruta nacional 05N procedente de Piura, continuando por la ruta departamental EMP AM – 103 (SINAI - OCTUCHO), desde los KM 0+000 al 5+700, código de Ruta AM – 602, donde se encuentra el tramo actual en estudio.

- **Índice Medio Diario**

Ruta, Sinaí – Cruce Hualango, El flujo vehicular está representado principalmente por vehículos que hacen el servicio de transporte de pasajeros, como la empresa de transportes TONGO EIRL que hace el servicio de pasajeros tres veces a la semana desde Jaén a Hualango (Jueves y Domingos) y otra empresa con unidades conformada por camioneta rural y station Wagon que prestan servicio en forma permanente por esta ruta, así mismo vehículos de transporte pesado que trasladan productos comestibles y carga de productos agrícolas principales que se desarrollan en esta zona.

Para una mejor ilustración se detallaran los volúmenes vehiculares en el tramo existente

Tramo: Sinaí – Cruce Hualango.
En este tramo se ubicó la Estación de control E-1, ubicado en Sinaí. El resultado del aforo vehicular se indica en los cuadros del anexo de tráfico.

Lugar : Sinaí
Duración : 7 días
Días : del 13 al 19 de Mayo del 2015

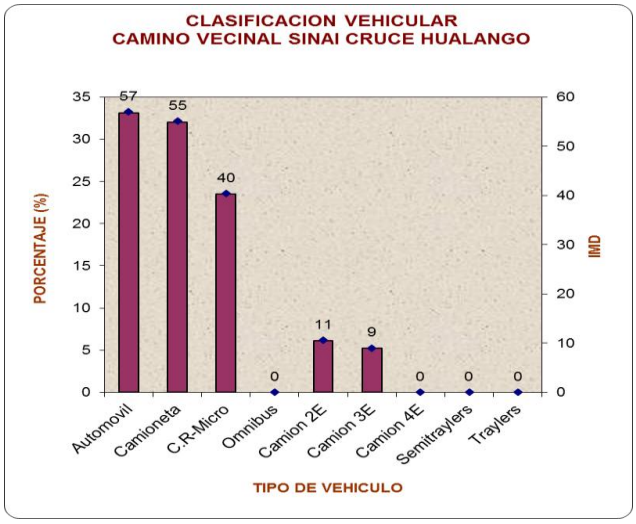
Los trabajos de gabinete para dicho tramo nos muestran el IMD (Índice Medio Diario) como se indica en el cuadro estadístico Nº 2, donde se observa el IMD de 172 vehículos diarios, compuesto por 88.63% vehículos ligeros y vehículos de transporte de carga están compuestos por 11.37%; 6.14% por camiones de 2 ejes pesados, 5.23% de camiones de 3 ejes, 0% por camiones de 4 ejes, 0% por camiones semitraylers y 0% por camiones traylers; también se observa el gráfico por tipo de vehículos con sus respectivos valores.

CUADRO N° 01

TIPO DE VEHICULOS	PROMEDIO DIARIO	
	IMD	DISTRIB (%)
Autos	57	33.11
Camionetas Pick Up	55	5.21
Camioneta Rural	40	22.99
Micro	1	0.50
Omnibus 2E	0	0.00
Omnibus 3E	0	0.00
Camion 2 E	11	6.14
Camion 3E	9	5.23
Semi Trayler	0	0.00
TOTAL PROMEDIO DIARIO	172	73.17

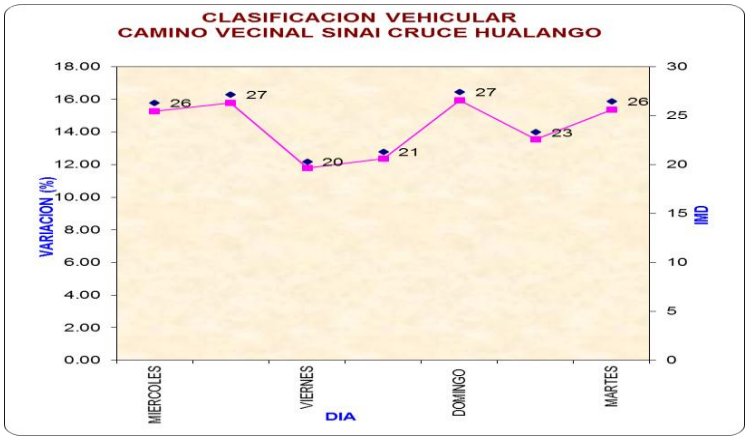
Fuente: Elaboración Propia

GRAFICO N° 01: Clasificación Vehicular - IMD



Fuente: Elaboración Propia

GRAFICO N° 02: Gráfico de Composición Vehicular y sus respectivos Porcentajes de incidencia



Fuente: Elaboración Propia

Como se podrá apreciar en el gráfico adjunto en el tramo hay bastante incidencia de vehículos automóviles, representan el 33.11% del total seguido por camionetas que representan 55.02%. La longitud total del tramo en estudio es de 5.70Km. Para una mejor ilustración se muestra en el gráfico siguiente:

Ruta: Sinaí – Cruce Hualango

SINAI CRUCE HUALANGO

5.700 KM

A Nivel De Trocha

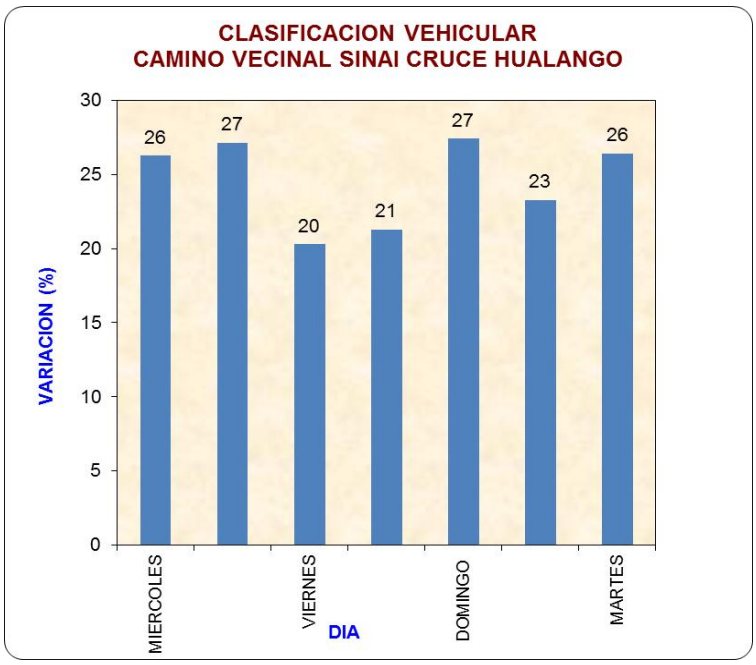
Clasificación Vehicular Promedio

La clasificación vehicular para el tramo se presenta de la siguiente manera: Autos, Camionetas, Camioneta Rural, Micro, Camión 2E ligeros, Camión 2E pesados y Camiones de 3E.

- **Variación Diaria**

La variación diaria del flujo vehicular se presenta con mayor intensidad los días miércoles y jueves donde el tráfico vehicular llega a una variación del orden de 26 veh/día y 27 veh/día, con respecto a días laborables.

GRAFICO N° 03: Gráfico del comportamiento del flujo vehicular diario



Fuente: elaboración Propia

- **Variación Estacional**

  Esta variación se da en meses de festividades, así como en épocas de cosecha de productos agrícolas, donde el tráfico vehicular tiene un incremento con respecto a otros días normales.

- **Variación Horaria**

  Las variaciones horarias de tráfico vehicular se da con mayor intensidad en los horarios de 5 am – 11am y a partir de 14pm – 16pm, en las noches y generalmente por días no hay tráfico vehicular desde las 20pm – 05am en el tramo de la vía Sinaí – Cruce Hualango, tanto en la entrada y salida, la circulación vehicular nuevamente comienza a partir de las 05am – 16pm, según los conteos vehiculares llevados a cabo.

- **Tráfico proyectado**

  El tráfico considerado para el año 2025 y de acuerdo los análisis realizado de campo y considerándose tasas para la proyección de 3.50% de la población provincial de Utcubamba, según el resultado del Censo del 2007 del INEI, y el 3.00% del PBI del departamento de Amazonas, considerando un tráfico generado de 35%. Todo este análisis se debe al incremento de la actividad agropecuaria de la zona y el mejoramiento de las carreteras de interconexión directa, que se generará un eje vial de vital importancia para el departamento de Amazonas. En base a este tráfico proyectado se puede considerar para la obtención del diseño de pavimento por parte de la especialista de suelos.

CUADRO N° 02: Tráfico Vehicular Proyectado

TIPO DE VEHICULOS	PROMEDIO DIARIO		TASA DE	IMD
	IMD	DISTRIB (%)	CREC. (%)	PROYECTADO
Autos	57	33.11	3.50	78
Camionetas Pick Up	55	32.03	3.50	75
Camioneta Rural	40	22.99	3.50	54
Micro	1	0.50	3.50	1
Omnibus 2E	0	0.00	3.50	0
Omnibus 3E	0	0.00	3.50	0
Camion 2 E	11	6.14	3.00	14
Camion 3E	9	5.23	3.00	12
Semi Trayler	0	0.00	3.00	0
TOTAL	**172**	**100.00**		**233**

Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El conteo de tráfico se realizó en la estación de Sinaí, en el Km 0+000 de la via Sinaí – Cruce Hualango.

El IMD Anual obtenido es de 172 vehículos, compuesto por 88.63% vehículos ligeros y vehículos de transporte de carga están compuestos por 11.37%; 6.14% por camiones de 2 ejes pesados, 5.23% de camiones de 3 ejes, 0% por camiones de 4 ejes, 0% por camiones semitraylers y 0% por camiones traylers.

Para las proyecciones de tráfico, se ha utilizado el método de las tasas de generación de viajes en función de las variables macroeconómicas como el Producto Bruto Interno (PBI), la Población y el PBI por habitante.

La proyección del tráfico normal o existente se ha relacionado al crecimiento de las variables macroeconómicas de los departamentos que contribuyen en la generación del tráfico de la carretera.

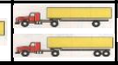
El IMD Anual para el año 2025 (año 10) alcanza un total 106 vehículos, que incluye el tráfico normal, generado y desviado.

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACIÓN	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Miercoles 13	05	2015

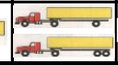
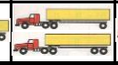
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																			
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E																		0
5	O	3		3															6
5	E	3		3															6
6	O	2		3															5
6	E	5	3																8
7	O	3	2	2															7
7	E	5																	5
8	O	2	1	1															4
8	E	1	1					2											4
9	O	2	4	1				2											9
9	E	2	1	1				2	4										10
10	O	5	3					2	4										14
10	E	1																	1
11	O	5	5	5					3										18
11	E		5	5					1										11
12	O		5						1										6

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	◄—— E O ——►
UBICACIÓN	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Miercoles 13	05	2015

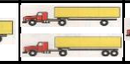
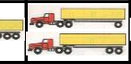
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																			
12	E								1										1
13	O							2	3										5
13	E			2				1											3
14	O	5	5																10
14	E	2	1																3
15	O	5	5	5															15
15	E	5	5	5															15
16	O	1																	1
16	E		2																2
17	O			2															2
17	E	2	2	1															5
18	O	1																	1
18	E	1	2	1															4
19	O	1																	1
19	E	1	1																2
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	28	23	18	-	-	-	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80
	O	35	30	22	-	-	-	6	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Jueves 14	05	2015

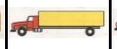
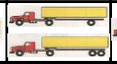
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E																		0
5	O	5		2															7
5	E	2																	2
6	O	2		5															7
6	E	3	5																8
7	O	5	5	5															15
7	E	2						3											5
8	O	5	5	5															15
8	E	1	1					3											5
9	O	2	2	2															6
9	E	2	1	3					2										8
10	O	5	3					1											9
10	E	1						1											2
11	O	5	2	5					2										14
11	E	1	5	1					1										8
12	O	2	1						1										4

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Jueves 14	05	2015

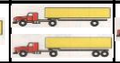
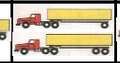
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																			
12	E	2	2																4
13	O	2	5	5				3											15
13	E		3	3															6
14	O		5					1											6
14	E		3																3
15	O		5	5															10
15	E		1	3															4
16	O	3																	3
16	E	1	2																3
17	O	3		5															8
17	E	5	2	1															8
18	O	1																	1
18	E	1	1	1															3
19	O	1																	1
19	E																		0
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	21	26	12	-	-	-	7	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69
	O	41	33	39	-	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Viernes 15	05	2015

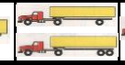
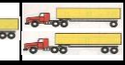
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																			
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E	3																	3
5	O			1															1
5	E																		0
6	O	3		2															5
6	E		3																3
7	O		1	2															3
7	E	3						1											4
8	O	3	5	2															10
8	E	2	5																7
9	O	2	2	5															9
9	E	2	1	1															4
10	O	1	3					1											5
10	E	2						2	2										6
11	O	1	5	3															9
11	E	1	3	5															9
12	O		1						2										3

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Viernes 15	05	2015

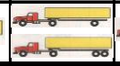
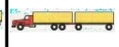
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
12	E		2																2
13	O		1					1											2
13	E	1		5															6
14	O		5																5
14	E	1	5																6
15	O	1		5															6
15	E	2	1	1															4
16	O	5																	5
16	E	2	1	1															4
17	O	1	1	5															7
17	E	2	5	1															8
18	O	2	1																3
18	E	1	1	1															3
19	O																		0
19	E																		0
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	22	27	15	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69
	O	19	25	25	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Sabado 16	05	2015

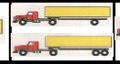
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E	2																	2
5	O	5		2															7
5	E		3	2															5
6	O	2		2															4
6	E	5	1																6
7	O	5	5	3															13
7	E	1																	1
8	O	2	5	3															10
8	E	1	5																6
9	O	2		5															7
9	E	1	3	2					2										8
10	O	2	3					1	1										7
10	E	5							2										7
11	O	2	5	5					1										13
11	E	2	1	1					1										5
12	O																		0

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Sabado 16	05	2015

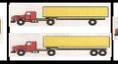
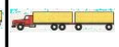
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
12	E																		0
13	O			1															1
13	E			1				2											3
14	O	3																	3
14	E																		0
15	O	3	3	3				3											12
15	E	2	2	2				2											8
16	O	1						1											2
16	E	5	5	5															15
17	O		1	1															2
17	E																		0
18	O	1																	1
18	E	1																	1
19	O																		0
19	E																		0
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	25	20	13	-	-	-	4	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67
	O	28	22	25	-	-	-	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Domingo 17	05	2015

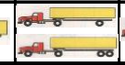
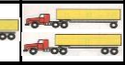
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O	3																	3
4	E	5																	5
5	O	5																	5
5	E																		0
6	O	5		3															8
6	E	1	2																3
7	O	1	5	3															9
7	E	2																	2
8	O	5	2	3															10
8	E	3	5																8
9	O	5	5	3															13
9	E	2	3	3															8
10	O	2	3					2											7
10	E	5	5																10
11	O	3		5					2										10
11	E	1	3	1															5
12	O	1	1																2

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Domingo 17	05	2015

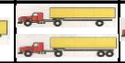
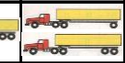
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
12	E	2																	2
13	O	2	5	3															10
13	E	2	2	5															9
14	O		5						2										7
14	E								2										2
15	O	3	3	3															9
15	E	5	5	5				2											17
16	O		3						1										4
16	E		5	1															6
17	O	3	1																4
17	E		5																5
18	O	3																	3
18	E	1																	1
19	O																		0
19	E	3																	3
20	O	1																	1
20	E	1																	1
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	33	35	15	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87
	O	42	33	23	-	-	-	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Lunes 18	05	2015

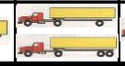
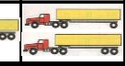
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																			
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E																		0
5	O																		0
5	E																		0
6	O	2		1															3
6	E	2	3																5
7	O	2	3	3															8
7	E	2																	2
8	O	2	5	5															12
8	E		2																2
9	O	1	1	5															7
9	E		2	1					1										4
10	O	5	1					5	3										14
10	E	5	2					1	2										10
11	O			1					1										2
11	E	3	3	1															7
12	O	2	2																4

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Lunes 18	05	2015

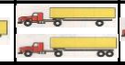
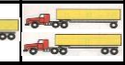
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
12	E	3	5																8
13	O	5	5	2				2											14
13	E	3	2	3				2											10
14	O	2	3					2											7
14	E		1					3											4
15	O	2	2	2															6
15	E		1	3															4
16	O	2	5																7
16	E	2	3	3	3														11
17	O	1	3																4
17	E	1	1	1															3
18	O	2	1																3
18	E	1		1															2
19	O																		0
19	E																		0
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	22	25	13	3	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72
	O	28	31	19	-	-	-	9	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Martes 19	05	2015

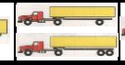
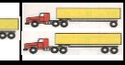
HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
0	E																		0
1	O																		0
1	E																		0
2	O																		0
2	E																		0
3	O																		0
3	E																		0
4	O																		0
4	E																		0
5	O																		0
5	E																		0
6	O	3		2															5
6	E	5	2																7
7	O	3	3	2															8
7	E	3						2											5
8	O	2	3	5															10
8	E	5	5																10
9	O	1	2	2															5
9	E	2	1	2					3										8
10	O	3	5						2										10
10	E	1						3											4
11	O	1	3	2					3										9
11	E	5	5	2															12
12	O	1	1						1										3

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

CAMINO VECINAL	SINAI - CRUCE HUALANGO
SENTIDO	← E O →
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)

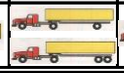
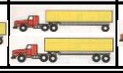
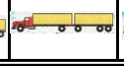
ESTACION	1		
CODIGO DE LA ESTACION			
FECHA	Martes 19	05	2015

HORA	SENTIDO	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3	
DIAGRA. VEH																				
12	E		2						3										5
13	O			3				3	3										9
13	E	5	5	3															13
14	O							5											5
14	E		5					5											10
15	O	3	1	3															7
15	E	1	5	5															11
16	O	1			3														4
16	E	1	3	3															7
17	O		1																1
17	E	3	2	3															8
18	O	1	1																2
18	E	3	1	1															5
19	O	1																	1
19	E	1																	1
20	O																		0
20	E																		0
21	O																		0
21	E																		0
22	O																		0
22	E																		0
23	O																		0
23	E																		0
24	O																		0
TOTAL	E	35	36	19	-	-	-	10	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106
	O	20	20	19	3	-	-	8	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

CAMINO VECINAL	SINAI -CRUCE HUALANGO	
SENTIDO	**SALIDA**	
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)	

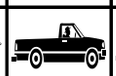
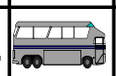
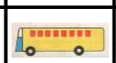
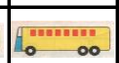
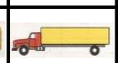
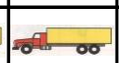
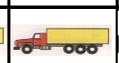
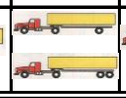
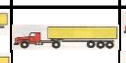
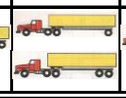
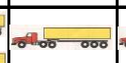
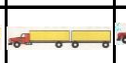
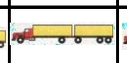
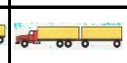
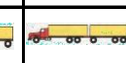
ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	

DIA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	PORC. %
		PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
DIAGRA. VEH																			
MIERCOLES	35	30	22	0	0	0	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15.88
JUEVES	41	33	39	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	18.47
VIERNES	19	25	25	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	11.15
SABADO	28	22	25	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12.52
DOMINGO	42	33	23	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	16.03
LUNES	28	31	19	0	0	0	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13.89
MARTES	20	20	19	3	0	0	8	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	12.06
TOTAL	30	28	25	0	-	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	
%	33	30	26	0	-	-	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

CAMINO VECINAL	SINAI -CRUCE HUALANGO	
SENTIDO	**ENTRADA**	
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)	

ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	

HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	PORC. %
		PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
DIAGRA. / VEH																			
MIERCOLES	28	23	18	0	0	0	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	14.55
JUEVES	21	26	12	0	0	0	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12.55
VIERNES	22	27	15	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12.55
SABADO	25	20	13	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12.18
DOMINGO	33	35	15	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	15.82
LUNES	22	25	13	3	0	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	13.09
MARTES	35	36	19	0	0	0	10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	19.27
TOTAL	27	27	15	0	-	-	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79	
%	34	35	19	1	-	-	7	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00

ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

CAMINO VECINAL	SINAI -CRUCE HUALANGO	
SENTIDO	**AMBOS**	
UBICACION	Estadio (Km. 00+000)	

ESTACION	1
CODIGO DE LA ESTACION	

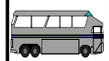
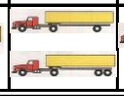
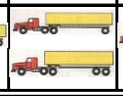
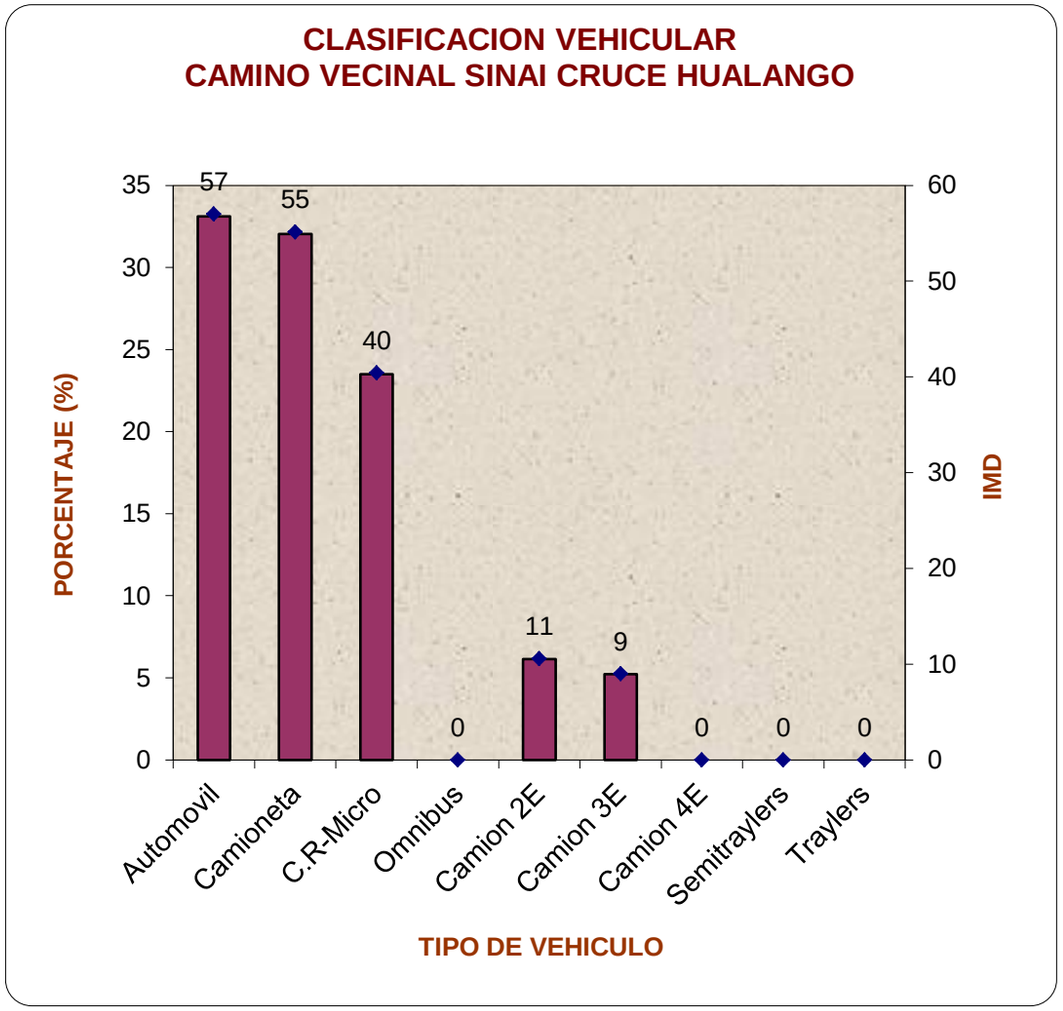
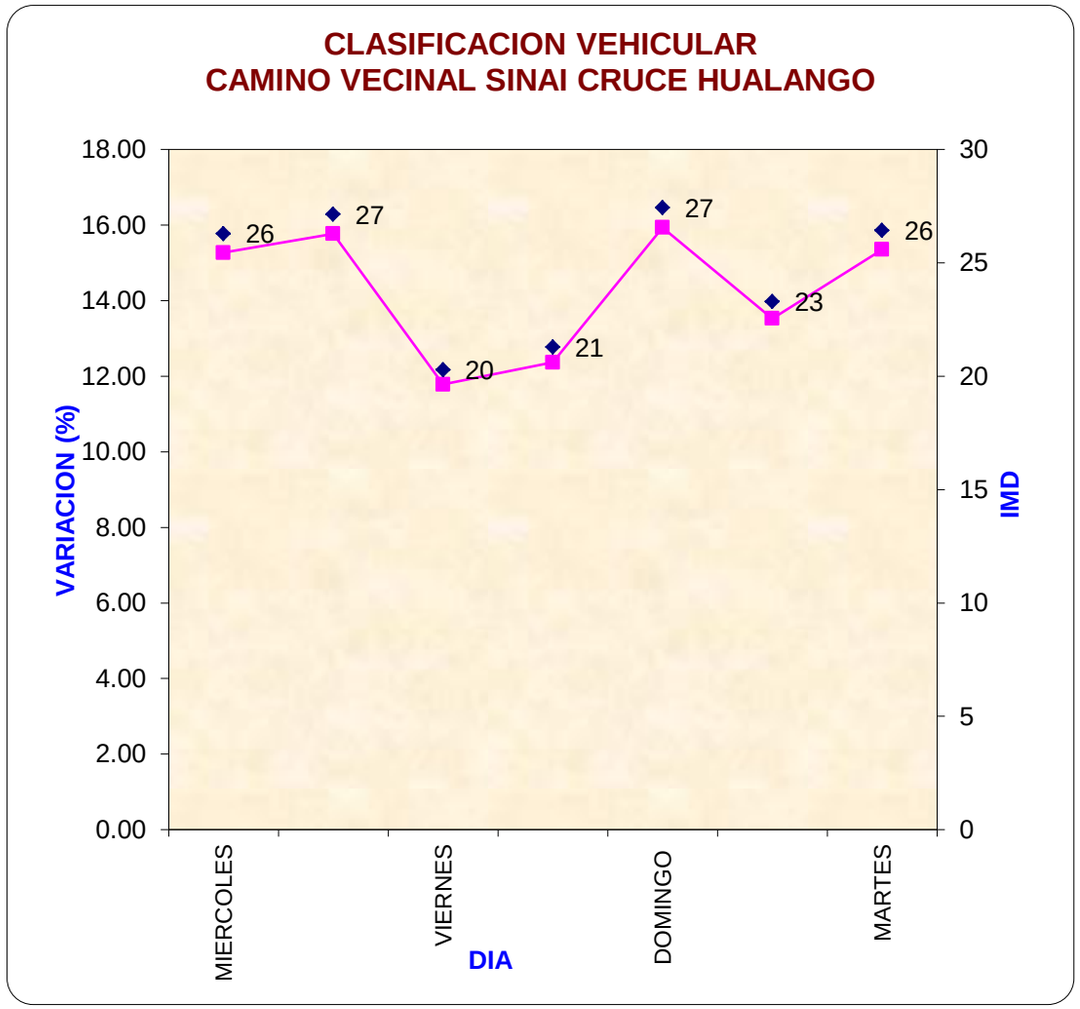
HORA	AUTO	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	PORC. %
		PICKUP	RURAL Combi		2E	3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	3T3		
DIAGRA.																			
VEH																			
MIERCOLES	63	53	40	0	0	0	11	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	15.27
JUEVES	62	59	51	0	0	0	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	15.77
VIERNES	41	52	40	0	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	11.78
SABADO	53	42	38	0	0	0	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	12.37
DOMINGO	75	68	38	0	0	0	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	15.93
LUNES	50	56	32	3	0	0	15	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	13.53
MARTES	55	56	38	3	0	0	18	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	15.35
TOTAL	57	55	40	1	-	-	11	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	172	
%	33	32	23	0	-	-	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-		100.00

GRAFICO DE CLASIFICACION VEHICULAR





Obra: DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-17

INDICE MEDIO DIARIO ANUAL, POR SENTIDO Y TIPO DE VEHICULO, AÑO 2015
En Valores Absolutos y Relativos

TRAMO	RUTA	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO										
					AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMIONETA RURAL	MICROBUS	OMNIBUS 2 E	OMNIBUS 3 E	CAMION 2 E	CAMION 3 E	CAMION 4 E	SEMI TRAYLERS	TRAYLERS
SINAI - CRUCE HUALANGO		E - 1	E	94	30	28	25	0	-	-	5	5	-	-	-
			O	79	27	27	15	0	-	-	5	4	-	-	-
			E + O	172	57	55	40	1	-	-	11	9	-	-	-
			%	100.0	33.1	32.0	23.0	0.5	-	-	6.1	5.2	-	-	-

FUENTE : Estudio de Conteo, Clasificacion Vehicular y Encuesta de Carga y Pasajeros- 2015
ELABORACION : Consultor

Obra:

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

ESTIMACION DEL INDICE MEDIO DIARIO (IMD)

Se empleara la siguiente formula:

$$IMD = \frac{5VDL + VS + VD}{7} \times FC$$

Donde:

VDL =	Promedio de volumen de transito de dias laborables
VS =	Volumen de transito dia sabado
VD =	Volumen de transito dia domingo
F.C. =	Factor de correccion

Del Analisis de las encuestas realizadas se tiene:

VDL =	86
VS =	75
VD =	96
F.C. =	1.00

Aplicando la formula se tiene:

$$IMD = \frac{5(40) + 32 + 39.5}{7} \times 1.0$$

IMD = 86.071429 veh/dia

ESTIMACION DEL INDICE MEDIO DIARIO (IMD) - VEHICULOS LIGEROS

Se empleara la siguiente formula:

$$IMD = \frac{5VDL + VS + VD}{7} \times FC$$

Donde:

VDL =	Promedio de volumen de transito de dias laborables
VS =	Volumen de transito dia sabado
VD =	Volumen de transito dia domingo
F.C. =	Factor de correccion

Obra:
DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

Del Analisis de las encuestas realizadas se tiene:

VDL = 75
VS = 67
VD = 91
F.C. = 1.00

Aplicando la formula se tiene:

$$IMD = \frac{5(35) + 26 + 37}{7} \times 1.000$$

IMD = 76 veh/dia

ESTIMACION DEL INDICE MEDIO DIARIO (IMD) - VEHICULOS PESADOS

Se empleara la siguiente formula:

$$IMD = \frac{5VDL + VS + VD}{7} \times FC$$

Donde:

VDL = Promedio de volumen de transito de dias laborables
VS = Volumen de transito dia sabado
VD = Volumen de transito dia domingo
F.C. = Factor de correccion

Del Analisis de las encuestas realizadas se tiene:

VDL = 9
VS = 8
VD = 6
F.C. = 1.00

Aplicando la formula se tiene:

$$IMD = \frac{5(4) + 6 + 3}{7} \times 1.0$$

Obra:

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

IMD = 8 veh/dia

Obra: DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

$$IMD = \frac{5VDL + VS + VD}{7} \times FC$$

IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR
IMD (Veh/dia)

TIPO DE VEHICULOS	13/05/2015		14/05/2015		15/05/2015		16/05/2015		17/05/2015		18/05/2015		19/05/2015		PROMEDIO DIARIO	
	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)
Autos	63	34.24	62	32.63	41	28.87	53	35.57	75	39.06	50	30.67	55	29.73	57	33.11
Camionetas Pick Up	53	28.80	59	31.05	52	36.62	42	28.19	68	35.42	56	34.36	56	30.27	55	5.21
Camioneta Rural	40	21.74	51	26.84	40	28.17	38	25.50	38	19.79	32	19.63	38	20.54	40	22.99
Micro	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	1.84	3	1.62	1	0.50
Omnibus 2E	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Omnibus 3E	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Camion 2 E	11	5.98	12	6.32	5	3.52	9	6.04	4	2.08	15	9.20	18	9.73	11	6.14
Camion 3E	17	9.24	6	3.16	4	2.82	7	4.70	7	3.65	7	4.29	15	8.11	9	5.23
Semi Trayler	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
TOTAL PROMEDIO DIARIO	184	100.00	190	100.00	142	100.00	149	100.00	192	100.00	163	100.00	185	100.00	172	73.17
TOTAL PROMEDIO PERIODO															172	73.17
TOTAL PROMEDIO VOL. TRANSITO DIAS LABORABLES															173	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA SABADO															149	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA DOMINGO															192	

Obra: DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

$$IMD = \frac{5VDL + VS + VD}{7} \times FC$$

IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS LIGEROS
IMD (Veh/dia)

TIPO DE VEHICULOS	13/05/2015		14/05/2015		15/05/2015		16/05/2015		17/05/2015		18/05/2015		19/05/2015		PROMEDIO DIARIO	
	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)
Autos	63	40.38	62	36.05	41	30.83	53	39.85	75	41.44	50	35.46	55	36.18	57	37.36
Camionetas Pick Up	53	33.97	59	34.30	52	39.10	42	31.58	68	37.57	56	39.72	56	36.84	55	36.14
Camioneta Rural	40	25.64	51	29.65	40	30.08	38	28.57	38	20.99	32	22.70	38	25.00	40	25.94
Micro	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	3	2.13	3	1.97	1	0.56
Omnibus 2E	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Omnibus 3E	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Camion 2 E																
Camion 3E																
TOTAL PROMEDIO DIARIO	156	100.00	172	100.00	133	100.00	133	100.00	181	100.00	141	100.00	152	100.00	153	100.00
TOTAL PROMEDIO PERIODO															153	100.00
TOTAL PROMEDIO VOL. TRANSITO DIAS LABORABLES															151	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA SABADO															133	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA DOMINGO															181	

IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULOS PESADOS
IMD (Veh/dia)

TIPO DE VEHICULOS	13/05/2015		14/05/2015		15/05/2015		16/05/2015		17/05/2015		18/05/2015		19/05/2015		PROMEDIO DIARIO	
	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)	IMD	DISTRIB (%)
Autos																
Camionetas Pick Up																
Camioneta Rural																
Micro																
Omnibus 2E																
Omnibus 3E																
Camion 2 E	11	39.29	12	66.67	5	55.56	9	56.25	4	36.36	0	0.00	18	54.55	8	51.30
Camion 3E	17	60.71	6	33.33	4	44.44	7	43.75	7	63.64	0	0.00	15	45.45	8	48.70
Semi Trayler	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	#¡DIV/0!	0	0.00	0	0.00
TOTAL PROMEDIO DIARIO	28	100.00	18	100.00	9	100.00	16	100.00	11	100.00	0	#¡DIV/0!	33	100.00	16	100.00
TOTAL PROMEDIO PERIODO															16	100.00
TOTAL PROMEDIO VOL. TRANSITO DIAS LABORABLES															18	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA SABADO															16	
VOLUMEN DE TRANSITO DEL DIA DOMINGO															11	

Obra: DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Localidades: SINAI - HUALANGO
Distrito: CUMBA
Provincia: UTCUBAMBA
Región: AMAZONAS
Fecha: may-15

PROYECCION DE TRAFICO
IMD (Veh/dia)

Tasa de crecimiento poblacional (%)=	**3.5**
Tasa de crecimiento PBI departamental (%)=	**3.0**
Periodo de diseño (años)=	**10**

TIPO DE VEHICULOS	PROMEDIO DIARIO		TASA DE	IMD
	IMD	DISTRIB (%)	CREC. (%)	PROYECTADO
Autos	57	33.11	3.50	78
Camionetas Pick Up	55	32.03	3.50	75
Camioneta Rural	40	22.99	3.50	54
Micro	1	0.50	3.50	1
Omnibus 2E	0	0.00	3.50	0
Omnibus 3E	0	0.00	3.50	0
Camion 2 E	11	6.14	3.00	14
Camion 3E	9	5.23	3.00	12
Semi Trayler	0	0.00	3.00	0
TOTAL	**172**	**100.00**		**233**

IMD proy. = 233 veh/dia

Para la proyeccion de trafico se ha empleado la siguiente formula:

$$Tr = T\ (1 + Rt)^{(n-1)}$$

Donde:

Tr = Proyeccion de trafico en años "n"
T = IMD promedio del periodo de analisis
Rt = Tasa de crecimiento poblacional aplicada
n = Periodo de diseño

ESTUDIO DE TRAFICO

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015"

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CHICLAYO, MAYO DEL 2015

ESTUDIO DE TRÁFICO

1. OBJETIVO

El estudio de tráfico vehicular tiene por objeto, cuantificar, clasificar por tipos de vehículos y conocer el volumen diario de los vehículos que transitan en el tramo de la carretera Sinaí – Cruce Hualango; así mismo a través del conteo vehicular tener los elementos necesarios para la determinación de las características de diseño del pavimento de la carretera, del tramo en estudio. Así mismo para la evaluación económica de posibles alternativas de inversión de la carretera.

2. SITUACION ACTUAL

En la actualidad la vía se encuentra a nivel de trocha y en mal estado de conservación vial, pues debido a la falta de drenaje y alcantarillas la vía se encuentra invadida por riachuelos existente, lo cual ha provocado ahuellamientos y deterioro de la misma, el ancho promedio varía entre 3.50m a 5.50m, presenta curvas y contra curvas en el trayecto, pendientes máximas de 3% y 4% y en algunos tramos pendientes de hasta 13%, radios de giro estrecha, es de doble sentido de circulación, no presenta señalización preventiva vertical y horizontal alguna.

Cabe recalcar que, en la actualidad la vía no presenta cunetas en todo su extensión, siendo esta la principal causa en tiempo de lluvia de que la vía sufra daños por las aguas que invaden la vía, produciéndose caídas, ahuellamientos, desprendimientos, perdida de ancho de la plataforma por erosión, baches, con el paso de los vehículos que transitan por esta ruta importante.

Fotografía N° 01. Ahuellamiento producido por invasión de agua por falta de cunetas en la vía.

Fotografía N° 02. Se aprecia que en todo el recorrido de la vía no existen cunetas.

A continuación se indica el tramo y el estado de conservación vial:

TRAMO	LONGITUD	VIA	ESTADO DE CONSERVACIÓN
Sinaí - Cruce Hualango	5+700	Trocha	Mal Estado

3. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y METODOLOGIA DE CONTEO

3.1. Características Generales de Conteo.

Las características básicas de los conteos vehiculares fueron los siguientes:

- Los conteos fueron realizados durante 7 días en una estación, tomando como días representativas laborables los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y sábado, Domingo como día no laborables.
- Los conteos se realizaron durante 24 horas, con el objetivo de identificar lo más claramente posible, el comportamiento del flujo vehicular durante el día y la noche.
- Las horas de conteo fueron desde las 06:00am hasta 06:00am del día siguiente, dos turnos: de día y de noche de 12 horas respectivamente.
- Los conteos vehiculares fueron cerrados cada hora, con el objetivo de evaluar posibles intensidades de flujo extraordinarios.
- La clasificación vehicular utilizada fue la siguiente

Autos	Bus
Pick up	Camión
Camioneta rural	Semitrayler
Micro	Trayler

3.2. Metodología del conteo.

El tráfico se define como el desplazamiento de bienes y/o personas en los medios de transporte; mientras que el tránsito viene a ser el desplazamiento de vehículos y/o personas de un punto llamado origen y otro destino.

Por tanto para la elaboración del informe final del estudio de tráfico es necesario contar con la información de campo, que nos va a permitir efectuar los trabajos de gabinete para luego llevar a cabo el análisis de los resultados obtenidos, es así que como requisito mínimo para la elaboración del estudio es necesario contar con las siguientes etapas como mínimo:

- Recopilación de la información en campo (tráfico)
- Procesamiento y cálculo de datos tomados en campo
- Análisis de los resultados obtenidos

3.2.1. Recopilación de la información en campo

La información básica para la elaboración del estudio procede de dos fuentes diferentes: referenciales y directas.

Fuentes referenciales. Existentes a nivel oficial, son las referidas respecto a la información del IMD y Factores de Corrección, existentes en los documentos oficiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Unidades de peaje más cercana al área de estudio).

Fuentes Directas. Recopilación de la información en campo a través de conteos vehiculares. Estas labores exigieron una etapa previa de trabajo en gabinete, además del reconocimiento de la carretera Sinaí – Cruce Hualango, para identificar la estación de control vehicular y finalmente realizar el aforo vehicular programado.

El trabajo de gabinete consistió en la elaboración de los formatos para el aforo vehicular, para ser utilizados en la estación de control preestablecida durante el reconocimiento de la carretera en estudio.

El formato del Conteo vehicular, considera la toma de información correspondiente al nombre de la estación de control preestablecido, la hora, día y fecha del conteo, para cada tipo de vehículo según eje y características técnicas del vehículo.

Antes de realizar el trabajo de campo y con el propósito de identificar y precisar in situ la estación predeterminada, se realizó el reconocimiento de la carretera en el tramo indicado para ubicar estratégicamente las estaciones necesarias para la ejecución del conteo de vehículos.

Durante el reconocimiento de la carretera la estación de conteo vehicular definida fue en el caserío de Sinaí.

En la estación de conteo establecida se ubicó a los encuestadores uno para el turno del día y otro para el turno de la noche, previa capacitación para los trabajos a realizar, a fin de obtener resultados óptimos.

El conteo volumétrico (aforo vehicular) se realizó en la estación E-1 (tramo: Sinaí – Cruce Hualango) durante 07 días, tomando como fecha de inicio desde el 13 al 19 de Mayo del 2015, durante las 24 horas y dos turnos rotativos de 12 horas cada uno.

Cabe indicar que, en los sentidos de transito se ha considerado “E” como entrada al área del proyecto y “O” como salida del área del proyecto respectivamente, tomando como punto base a la estación de conteo seleccionada para el aforo vehicular.

3.2.2. Procesamiento de la Información.

El procesamiento de los datos tomados en campo corresponde íntegramente al trabajo de gabinete, la misma que ha sido procesado en el programa Excel mediante hojas de cálculo, a fin de analizar y graficar los resultados para una mejor visualización y luego con los resultados obtenidos tomar decisiones para futuros proyectos.

Los conteos vehiculares de tráfico obtenidos en campo han sido procesados en formatos de resumen, por día y según el sentido, indicando su distribución por horas.

3.2.3. Análisis de la Información y Resultados Obtenidos.

Los conteos volumétricos realizados tienen por objeto conocer los volúmenes de tráfico vehicular que soporta la carretera en estudio, así como su composición vehicular y la variación diaria.

Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo, en Índice Medio Diario (IMD), se ha empleado la siguiente fórmula:

$$I.M.D. = \frac{5VDL+VS+VD}{7} \times F.C$$

Donde:

VDL = Promedio de Volumen de tránsito de Días Laborables

VS = Volumen de tránsito del Sábado

VD = Volumen de tránsito del Domingo

F.C. = Factor de Corrección, obtenido de una Estación de Mayor Control, de similares características, para el mes que se ha realizado la cobertura.

Cabe precisar además que, de los conteos llevados a cabo se han proyectado los resultados obtenidos a fin de obtener los volúmenes para días laborables y no laborables, con la formula indicada anteriormente.

4. CONTEO DE TRAFICO VEHICULAR

4.1. RESULTADOS DIRECTOS DEL CONTEO VEHICULAR

- **Resultados de los Conteos**

  Luego de la consolidación y consistencia de la información recogida de los conteos, se obtuvo los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía, por día, tipo de vehículo, por sentido, y el consolidado de ambos sentidos. El resumen se incluye en el texto del Informe

- **Factores de Corrección Estacional**

  Los volúmenes de tráfico vehicular varían cada mes debido a las estaciones del año, ocasionados por las épocas de cosecha, lluvias, ferias semanales, estaciones del año, vacaciones, festividades, etc.

  Para el caso de la carretera Sinaí – Cruce Hualango, la variación del tráfico es en época de cosecha, fiestas patronales, etc. donde el ingreso de vehículos de transporte público, vehículos pesados como camiones, sufren una variación ya sea para el traslado de personas y/o productos agrícolas, tales como: café, maíz, papa, etc, frutas y otros productos de la zona, así mismo el tráfico se ve incrementado en épocas de festividades en los distritos aledaños a la vía en estudio, por tanto es necesario afectar los valores obtenidos durante este período de tiempo, por un factor de corrección que lleve estos valores al promedio diario anual.

La utilización del Factor de Corrección Estacional se toma de los años anteriores, y corresponden a la estación de peaje más cercana a la zona de estudio. Para el presente estudio la utilización del factor de corrección se ha considerado del peaje de siempre Viva, tomándose del resultado del año 2015 con 1.01836, dicho factor se utiliza tanto para vehículos ligeros como para vehículos pesados.

La explicación por lo que se ha considerado el peaje es el siguiente, uno de los principales puntos es que la población de las provincias de Utcubamba, Jaén, y Bagua utilizan la ruta siguiente a través de la ruta nacional 05N procedente de Piura, continuando por la ruta departamental EMP AM – 103 (SINAI - OCTUCHO), desde los KM 0+000 al 5+700, código de Ruta AM – 602, donde se encuentra el tramo actual en estudio.

- **Índice Medio Diario**

Ruta, Sinaí – Cruce Hualango, El flujo vehicular está representado principalmente por vehículos que hacen el servicio de transporte de pasajeros, como la empresa de transportes TONGO EIRL que hace el servicio de pasajeros tres veces a la semana desde Jaén a Hualango (Jueves y Domingos) y otra empresa con unidades conformada por camioneta rural y station Wagon que prestan servicio en forma permanente por esta ruta, así mismo vehículos de transporte pesado que trasladan productos comestibles y carga de productos agrícolas principales que se desarrollan en esta zona.

Para una mejor ilustración se detallaran los volúmenes vehiculares en el tramo existente

Tramo: Sinaí – Cruce Hualango.
En este tramo se ubicó la Estación de control E-1, ubicado en Sinaí. El resultado del aforo vehicular se indica en los cuadros del anexo de tráfico.

Lugar : Sinaí
Duración : 7 días
Días : del 13 al 19 de Mayo del 2015

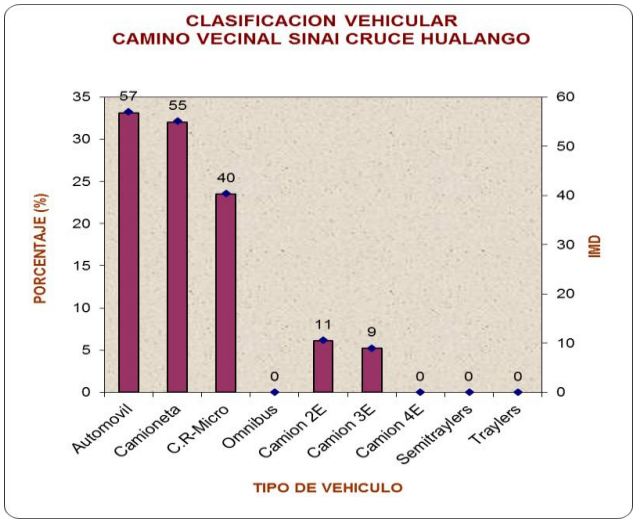
Los trabajos de gabinete para dicho tramo nos muestran el IMD (Índice Medio Diario) como se indica en el cuadro estadístico Nº 2, donde se observa el IMD de 172 vehículos diarios, compuesto por 88.63% vehículos ligeros y vehículos de transporte de carga están compuestos por 11.37%; 6.14% por camiones de 2 ejes pesados, 5.23% de camiones de 3 ejes, 0% por camiones de 4 ejes, 0% por camiones semitraylers y 0% por camiones traylers; también se observa el gráfico por tipo de vehículos con sus respectivos valores.

CUADRO N° 01

TIPO DE VEHICULOS	PROMEDIO DIARIO	
	IMD	DISTRIB (%)
Autos	57	33.11
Camionetas Pick Up	55	5.21
Camioneta Rural	40	22.99
Micro	1	0.50
Omnibus 2E	0	0.00
Omnibus 3E	0	0.00
Camion 2 E	11	6.14
Camion 3E	9	5.23
Semi Trayler	0	0.00
TOTAL PROMEDIO DIARIO	172	73.17

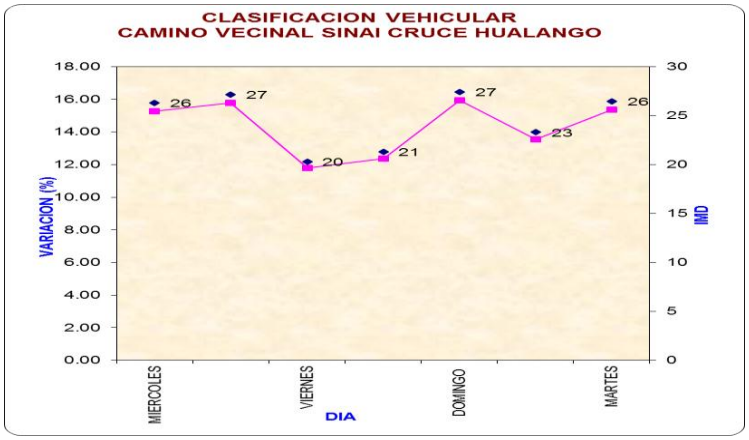
Fuente: Elaboración Propia

GRAFICO N° 01: Clasificación Vehicular - IMD



Fuente: Elaboración Propia

GRAFICO N° 02: Gráfico de Composición Vehicular y sus respectivos Porcentajes de incidencia



Fuente: Elaboración Propia

Como se podrá apreciar en el gráfico adjunto en el tramo hay bastante incidencia de vehículos automóviles, representan el 33.11% del total seguido por camionetas que representan 55.02%. La longitud total del tramo en estudio es de 5.70Km. Para una mejor ilustración se muestra en el gráfico siguiente:

Ruta: Sinaí – Cruce Hualango

SINAI CRUCE HUALANGO

5.700 KM

A Nivel De Trocha

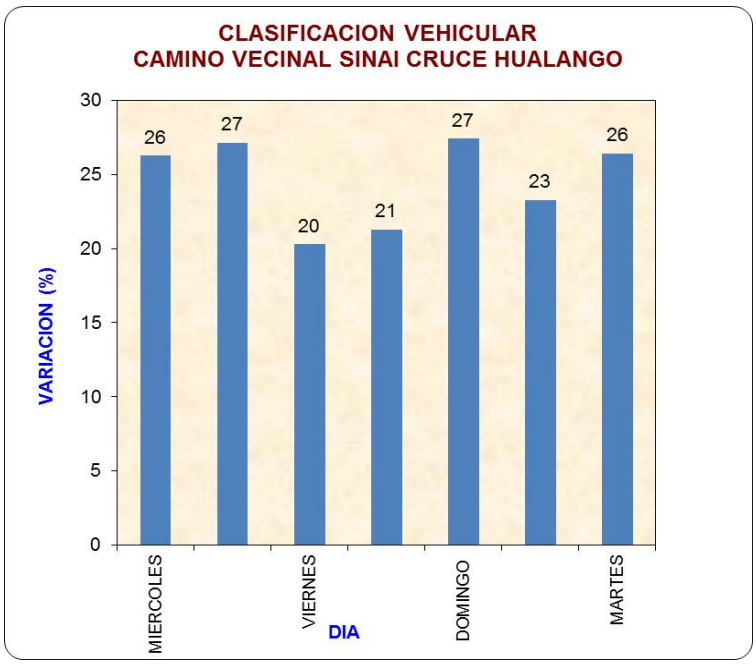
Clasificación Vehicular Promedio

La clasificación vehicular para el tramo se presenta de la siguiente manera: Autos, Camionetas, Camioneta Rural, Micro, Camión 2E ligeros, Camión 2E pesados y Camiones de 3E.

- **Variación Diaria**

La variación diaria del flujo vehicular se presenta con mayor intensidad los días miércoles y jueves donde el tráfico vehicular llega a una variación del orden de 26 veh/día y 27 veh/día, con respecto a días laborables.

GRAFICO N° 03: Gráfico del comportamiento del flujo vehicular diario



Fuente: elaboración Propia

- **Variación Estacional**

  Esta variación se da en meses de festividades, así como en épocas de cosecha de productos agrícolas, donde el tráfico vehicular tiene un incremento con respecto a otros días normales.

- **Variación Horaria**

  Las variaciones horarias de tráfico vehicular se da con mayor intensidad en los horarios de 5 am – 11am y a partir de 14pm – 16pm, en las noches y generalmente por días no hay tráfico vehicular desde las 20pm – 05am en el tramo de la vía Sinaí – Cruce Hualango, tanto en la entrada y salida, la circulación vehicular nuevamente comienza a partir de las 05am – 16pm, según los conteos vehiculares llevados a cabo.

- **Tráfico proyectado**

  El tráfico considerado para el año 2025 y de acuerdo los análisis realizado de campo y considerándose tasas para la proyección de 3.50% de la población provincial de Utcubamba, según el resultado del Censo del 2007 del INEI, y el 3.00% del PBI del departamento de Amazonas, considerando un tráfico generado de 35%. Todo este análisis se debe al incremento de la actividad agropecuaria de la zona y el mejoramiento de las carreteras de interconexión directa, que se generará un eje vial de vital importancia para el departamento de Amazonas. En base a este tráfico proyectado se puede considerar para la obtención del diseño de pavimento por parte de la especialista de suelos.

CUADRO N° 02: Tráfico Vehicular Proyectado

TIPO DE VEHICULOS	PROMEDIO DIARIO		TASA DE	IMD
	IMD	DISTRIB (%)	CREC. (%)	PROYECTADO
Autos	57	33.11	3.50	78
Camionetas Pick Up	55	32.03	3.50	75
Camioneta Rural	40	22.99	3.50	54
Micro	1	0.50	3.50	1
Omnibus 2E	0	0.00	3.50	0
Omnibus 3E	0	0.00	3.50	0
Camion 2 E	11	6.14	3.00	14
Camion 3E	9	5.23	3.00	12
Semi Trayler	0	0.00	3.00	0
TOTAL	**172**	**100.00**		**233**

Fuente: Elaboración propia

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El conteo de tráfico se realizó en la estación de Sinaí, en el Km 0+000 de la via Sinaí – Cruce Hualango.

El IMD Anual obtenido es de 172 vehículos, compuesto por 88.63% vehículos ligeros y vehículos de transporte de carga están compuestos por 11.37%; 6.14% por camiones de 2 ejes pesados, 5.23% de camiones de 3 ejes, 0% por camiones de 4 ejes, 0% por camiones semitraylers y 0% por camiones traylers.

Para las proyecciones de tráfico, se ha utilizado el método de las tasas de generación de viajes en función de las variables macroeconómicas como el Producto Bruto Interno (PBI), la Población y el PBI por habitante.

La proyección del tráfico normal o existente se ha relacionado al crecimiento de las variables macroeconómicas de los departamentos que contribuyen en la generación del tráfico de la carretera.

El IMD Anual para el año 2025 (año 10) alcanza un total 106 vehículos, que incluye el tráfico normal, generado y desviado.

Nrep de EE 8.2t = Σ **[EE dia-carril * 365 * (1+t)^(n-1)]/t**
EE dia - carril = **EE * Factor Direccional * Factor carril**
EE = **de vehículos según tipo * factor de carga * factor de presión de llantas**

tasa de crecimiento para vehiculos de pasajeros = 3

tasa de crecimiento para vehiculos de carga = 2.5 0.025

Clase de vehículo	Eje equivalente ($EE_{8.2\,tn}$)
Bus (de 2 o 3 ejes)	1.850
Camión ligero (2 ejes)	1.150
Camión mediano (2 ejes)	2.750
Camión pesado (3 ejes)	2.000
Camión articulado (> 3 ejes)	4.350
Auto o vehículo ligero	0.0001

CUADRO 1 CALCULO DE NUMERO DE REPETICIONES DE EE PARA 10 AÑOS

TRAMO	IMDA (total ambos sentidos) AÑO BASE		Veh. Pesados (carril de diseño) TOTAL	Veh. Pesados (carril de diseño) PARCIAL			EE por tipo de vehículo			EE día - carril por tipo de vehículo			EE día - carril * 365 * (1+t)^(n-1)/(t)			Nº de Repeticiones EE 8.2 tn (10 años carril de diseño)
				Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	
I	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784
II	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784
III	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784
IV	167		166	146		20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	116	0	364668	364784

CUADRO 2 CALCULO DE NUMERO DE REPETICIONES DE EE PARA 20 AÑOS

TRAMO	IMDA (total ambos sentidos) AÑO BASE		Veh. Pesados (carril de diseño) TOTAL	Veh. Pesados (carril de diseño) PARCIAL			EE por tipo de vehículo			EE día - carril por tipo de vehículo			EE día - carril * 365 * (1+t)^(n-1)/(t)			Nº de Repeticiones EE 8.2 tn (20 años carril de diseño)
				Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	Auto o vehic. Ligero	Camion mediano	Camion pesado	
I	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962
II	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962
III	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962
IV	167		166	146	0	20	0.0146	0.00	40.00	0.007	0.000	20.000	156	0	466806	466962

ESPESOR AFIRMADO (10 años carril de diseño)

TRAMO	I	II	III	IV
CBR	8.6	10.2	14.2	10.4
Nrep	364784	364784	364784	364784
E (mm)	252.4	227.0	184.2	224.3
Adoptado (mm)	200.0	200.0	200.0	200.0

En el tramo I, II, IV, según los estudios de suelos realizados, tienen un CBR de 8.6, 10.2 y 10.4 respectivamente, cabe mensionar que se ha adoptado un espesor de 20 cm de afirmado debido a que dichos tramos serán mejorados la subrasante.

ESPESOR AFIRMADO (20 años carril de diseño)

TRAMO	I	II	III	IV
CBR	8.6	10.2	14.2	10.4
Nrep	466962	466962	466962	466962
E (mm)	260.2	234.0	189.8	231.2
Adoptado (mm)	200.0	200.0	200.0	200.0

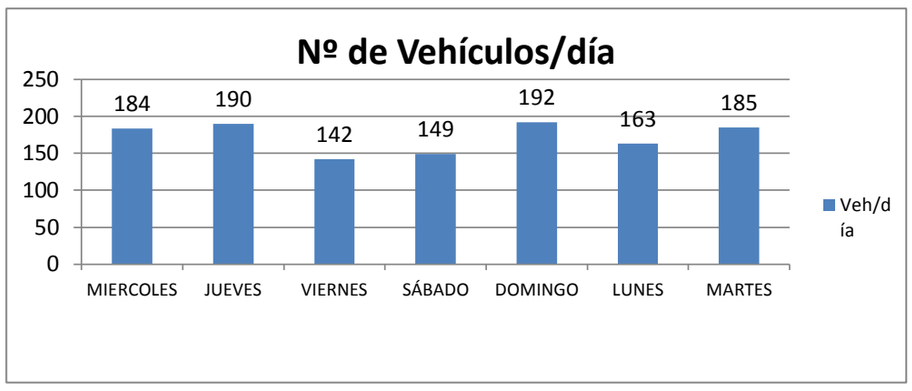
CALCULO DEL IMDa

1. DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO ACTUAL

i) Resumir los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

Resultados de los conteo de tráfico: **Mes:** may-15

Tipo de Vehículo	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES
Autos	63	62	41	53	75	50	55
Camionetas Pick Up	53	59	52	42	68	56	56
Camioneta Rural	40	51	40	38	38	32	38
Micro	0	0	0	0	0	3	3
Omnibus 2E	0	0	0	0	0	0	0
Omnibus 3E	0	0	0	0	0	0	0
Camion 2 E	11	12	5	9	4	15	18
Camion 3E	17	6	4	7	7	7	15
Semi Trayler	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	**184**	**190**	**142**	**149**	**192**	**163**	**185**



Nota: Conteo de 7 días de 24 horas

ii) Determinar los factores de corrección promedio de una estación de peaje cercano al camino

F.C.E. Vehículos ligeros: 0.95845235
F.C.E. Vehículos pesados: 1.01002247

iii) Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_a = IMD_S * FC$$

$$IMD_S = \sum \frac{Vi}{7}$$

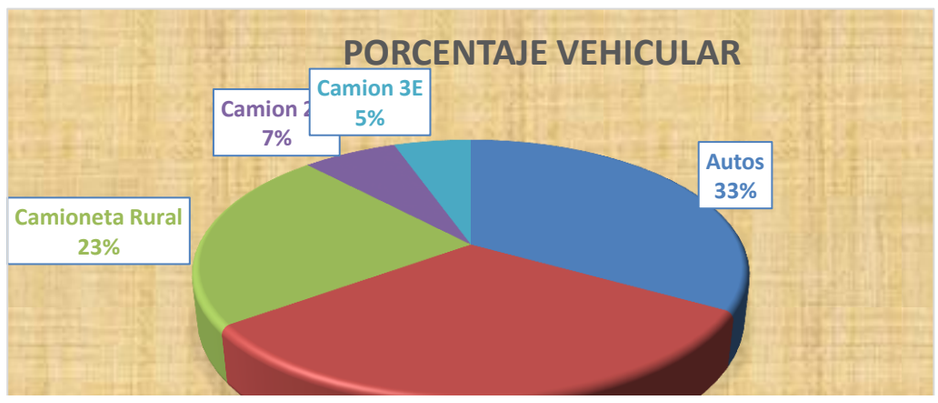
Donde:
IMD_S = Indice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
IMDa = Indice Medio Diario Anual
Vi = Volumen Vehícular diario de cada uno de los días de conteo
FC = Factores de Corrección Estacional

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehícular en dos Sentidos por Día							TOTAL SEMANA	IMD_S	FC	IMD_a
	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LUNES	MARTES				
Autos	63	62	41	53	75	50	55	399	57	0.95845235	55
Camionetas Pick Up	53	59	52	42	68	56	56	386	55	0.95845235	53
Camioneta Rural	40	51	40	38	38	32	38	277	40	0.95845235	38
Micro	0	0	0	0	0	3	3	6	0.9	0.95845235	1
Omnibus 2E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.95845235	0
Omnibus 3E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.01002247	0
Camion 2 E	11	12	5	9	4	15	18	74	11	1.01002247	11
Camion 3E	17	6	4	7	7	7	15	63	9	1.01002247	9
Semi Trayler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.01002247	0
TOTAL	**184**	**190**	**142**	**149**	**192**	**163**	**185**	**1205**	**172**		**167**

2. ANALISIS DE LA DEMANDA
2.1 Demanda Actual

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo

Tipo de Vehículo	IMD	Distribución (%)
Autos	55	32.93
Camionetas Pick Up	53	31.74
Camioneta Rural	38	22.75
Camion 2 E	11	6.59
Camion 3E	9	5.39
IMD	**167**	**100.00**



DISEÑO DEL AFIRMADO

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

CHICLAYO, MAYO DEL 2015

DISEÑO DEL PAVIMENTO

MÉTODOS DE DISEÑO

MÉTODO AASHTO

El método de la **American Association of State Highway and Transportation Officials** (AASHTO), versión 1993, establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado **Número Estructural**, el cuál se calcula en función:

a. El tráfico que transcurrirá por la vía, durante un determinado número de años (período de diseño)

b. La resistencia del suelo que soportará al pavimento; y,

c. Los niveles de serviciabilidad deseados para la vía, tanto al inicio como al final de su vida de servicio.

Adicionalmente, deben considerarse determinados parámetros estadísticos, que funcionan como factores de seguridad que garantizan que la solución obtenida cumple con un determinado nivel de confianza.

Una vez determinado el **Número Estructural** requerido, la estructuración del pavimento se realiza por tanteos, asignando dimensiones a cada una de las capas consideradas, y, calculando en función a estas dimensiones y a la calidad de los materiales empleados expresada mediante un coeficiente estructural y de drenaje, los números estructurales parciales, los que sumados deben satisfacer el valor total requerido.

Los espesores de las capas finales deben cumplir con determinados valores mínimos, por razones constructivas.

A. CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL TOTAL REQUERIDO

Para el cálculo del Número Estructural Total (SN), que debe satisfacer la estructura del pavimento, el método proporciona la siguiente expresión:

$$\log(N_{18}) = 9.36\log(SN+1) - 0.20 + \frac{Gt}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log M_R - 8.07\log F_R \quad (1)$$

Donde: $Gt = \log(\frac{pi - pt}{4.2 - 1.5})$

Además:

N_{18}: Número Total de Ejes Equivalentes, para el período de diseño.
pi : Serviciabilidad inicial.
pt : Serviciabilidad final.
M_R: Módulo de Resiliencia de la subrasante.
F_R : Factor de Confiabilidad., donde $F_R = 10^{-Zr\,xSo}$
Zr : Desviación Standard Normal
So : Desviación Standard Total

B. ESTRUCTURACIÓN DEL PAVIMENTO

Para la estructuración de un pavimento, el método proporciona la siguiente expresión:

$$SN_T = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3 \quad (2)$$

donde,

SN_T : Número Estructural Total requerido
a_1, a_2, a_3 : coeficientes estructurales de los materiales
m_2, m_3 : coeficiente de drenaje de materiales granulares
D_1, D_2, D_3 : espesores asumidos de las capas

Conocido el Número Estructural Total (SN_T) requerido, que debe satisfacer la estructura total del pavimento, el dimensionamiento se reduce a un problema de tipo aritmético, ya que, a_1, a_2 ,a_3, m_2 y m_3, son valores conocidos, y, D_1, D_2, D_3 son valores asumidos de tal manera que, efectuadas las operaciones indicadas en la expresión (2), se debe cumplir con la igualdad.

Asimismo, el método indica que cada una de las capas del pavimento deben cumplir, a su vez, con un Número Estructural de capa (SN_i), los cuáles se calculan en forma similar que el Número Estructural Total, pero considerando el Módulo Resiliente del material subyacente. Esto garantiza que haya una coherencia estructural, no sólo entre

el espesor total del pavimento y la calidad de la subrasante, sino también, entre el espesor de cada capa y la calidad del material de la capa inmediatamente inferior.

C. PARÁMETROS DE DISEÑO

☑ TRÁFICO DE DISEÑO

De acuerdo al estudio de tráfico, el total de Ejes Equivalentes a 18 kips, considerando el carril con mayor volumen de tráfico y tránsito sin control de cargas es el siguiente:

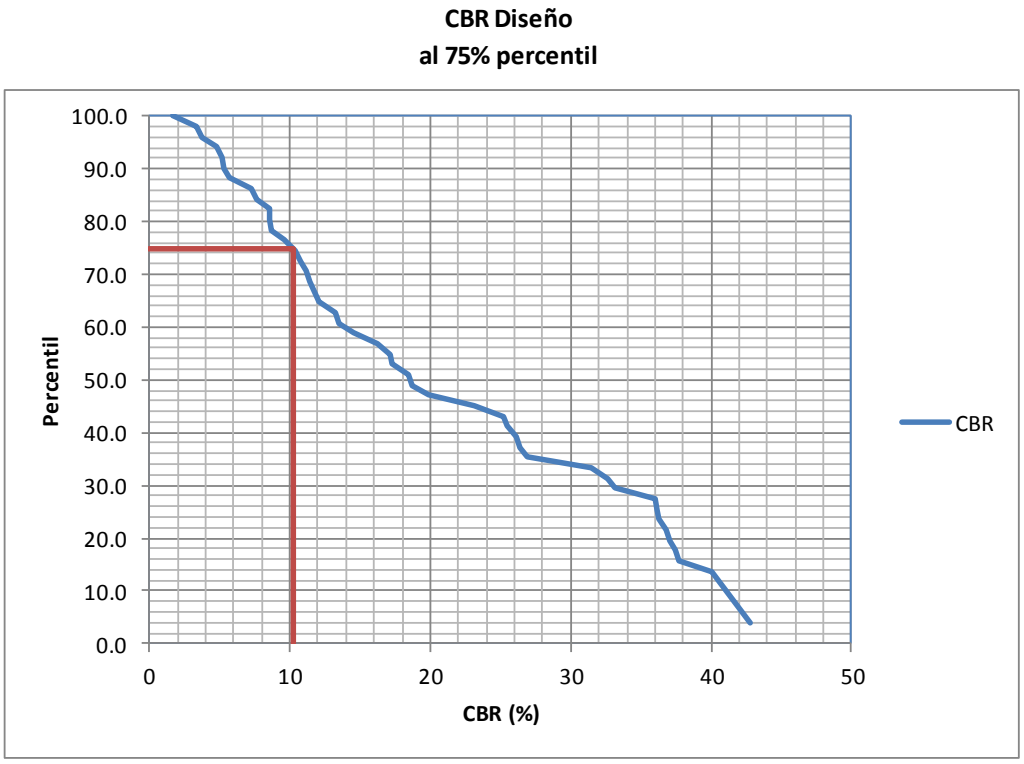
TIPO DE VEHICULOS	PROMEDIO DIARIO		TASA DE	IMD
	IMD	DISTRIB (%)	CREC. (%)	PROYECTADO
Autos	57	33.11	3.50	78
Camionetas Pick Up	55	32.03	3.50	75
Camioneta Rural	40	22.99	3.50	54
Micro	1	0.50	3.50	1
Omnibus 2E	0	0.00	3.50	0
Omnibus 3E	0	0.00	3.50	0
Camion 2 E	11	6.14	3.00	14
Camion 3E	9	5.23	3.00	12
Semi Trayler	0	0.00	3.00	0
TOTAL	**172**	**100.00**		**233**

☑ SOPORTE DEL SUELO PARA DISEÑO

De acuerdo al método AASHTO, para caracterizar la capacidad de soporte del suelo se emplea el Módulo Elástico o Módulo Resiliente (MR).

Con la finalidad de obtener la mayor información de la resistencia del terreno se procedió a la auscultación del terreno mediante el ensayo de PDC, el cual nos permite determinar la resistencia del suelo en función a la resistencia a la penetración.

Se ha calculado los valores de Módulo Resilente utilizando los resultados de los ensayos de CBR. Para definir el CBR de diseño, se tomó en cuenta las recomendaciones establecidas en el “MANUAL DE CARRETERAS, SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS”, aprobado con R.D. Nº10-2014-MTC/14



CBR de Diseño al 50% de Percentil 10.3%

Los valores de módulo de resilencia de diseño, se obtuvieron en base a los CBR obtenidos, empleando las siguientes ecuaciones de correlación:

Mr = 1500 x CBR	(para CBR < a 10 % Suelos finos)
Mr = 3000 x CBR^ 0.65	(para suelos A-2-6; A-4)
Mr = 4326 x Ln CBR + 241	(para suelos A-1-b)
Mr = 1941 x CBR^ 0.6845	(para suelos A-2-4)

Los resultados finales y el sustento del cálculo del Mr se indican en la hoja de diseño del pavimento, a partir de los resultados de ensayos de CBR.

☑ CALIDAD DE LOS MATERIALES A EMPLEARSE

Para el diseño de la capa de afirmado, se considerará el uso de los siguientes materiales:

a. Base granular, con un coeficiente estructural igual a 0.14/pulgada, un coeficiente de drenaje de 1.15 y un Módulo Resiliente igual a 30 ksi.

D. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE DISEÑO

☑ DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO

De acuerdo a las características e importancia de la vía, por tratarse de una carretera de vía vecinal, se recomienda los siguientes parámetros para el diseño del pavimento.

Parámetros de diseño	Periodo de Diseño	
	(5 años)	(5-10 años)
Nivel de Confiabilidad (F_R)	70%	75%
Standard Normal Deviate (Z_R)	-0.524	-0.674
Standard Deviation (So)	0.45	0.45
Serviciabilidad inicial (pi)	3.8	3.8
Serviciabilidad final (pt)	2.0	2.0

☑ ESPESOR DEL AFIRMADO

Con los parámetros obtenidos se ha procedido al reemplazo e iteración en la ecuación (1), obteniéndose el siguiente paquete estructural del Afirmado.

ESPESOR AFIRMADO (10 años carril de diseño)

TRAMO	I	II	III	IV
CBR	8.6	10.2	14.2	10.4
Nrep	364784	364784	364784	364784
E (mm)	252.4	227.0	184.2	224.3
Adoptado (mm)	200.0	200.0	200.0	200.0

ESPESOR AFIRMADO (20 años carril de diseño)

TRAMO	I	II	III	IV
CBR	8.6	10.2	14.2	10.4
Nrep	466962	466962	466962	466962
E (mm)	260.2	234.0	189.8	231.2
Adoptado (mm)	200.0	200.0	200.0	200.0

CONSIDERACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA NUEVA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

- **ACTIVIDADES PREVIAS**

  a. Mejoramiento de subrasante en sectores de ensanches y trazo nuevo: Suelos con CBR < 10.3%, se efectuará mejoramiento de espesor entre 20 cm y 40 cm. Si existiera humedad por encima del contenido óptimo se deberá reemplazarse con un material adecuado.

  b. Conformación y compactación del afirmado existente, al 95 % de la MDS

- **MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN ZONAS CRÍTICAS**

  Con el fin de estabilizar y consolidar las zonas críticas identificadas, originadas por las filtraciones de aguas procedentes de las lluvias que han generado deslizamientos de gran magnitud, generando intransitabilidad en época de lluvias, por lo que se propone colocar un pedraplén debajo de la subrasante seguido de una capa granular.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para la determinación de los espesores del afirmado se utilizaron las metodologías del Instituto del Asfalto y la AASHTO.
- Se ha procedido a integrar la información de campo, laboratorio y gabinete para la obtención de los parámetros que han sido empleados en el diseño del espesor de afirmado.
- El CBR de diseño es de 10.4%, por lo que el material que tenga un CBR menor al de diseño deberá ser reemplazado.
- En las zonas de ensanche se deberá eliminar el material orgánico, procediéndose luego a la conformación y compactación antes de la colocación de la capa de afirmado final.
- Se determinó la capa de afirmado con un periodo de diseño de 10 años, obteniéndose un espesor adoptado de 200 mm.

ESTUDIO TOPOGRAFICO

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

CHICLAYO, MAYO DE 2015

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

El plano topográfico es la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, y de la instalación y edificaciones existentes, puestas por el hombre. El relevamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes cotas o elevaciones de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel, a escalas convenientes para la interpretación del plano por el Ingeniero y para la adecuada representación del camino y de las diversas estructuras que lo componen.

Por tratarse de un Estudio Definitivo, los planos topográficos han sido referidos a los controles terrestres de la cartografía oficial, tanto en ubicación geográfica como en elevación, por lo cual se señala en el Plano Clave el Hito Datum o BM tomado como referencia. Por ello, el trazado ha sido referido a las coordenadas señaladas en el plano, mostrando en las tangentes, el azimut geográfico y las coordenadas referenciales de Pis, PCs y PTs, etc.

El levantamiento topográfico puede hacerse usualmente en dos formas alternativas. La más común resulta hacer el levantamiento ejecutado en una estrecha franja del territorio, a lo largo de la localización proyectada para el camino y su derecho de vía. Otra alternativa es hacer levantamientos topográficos sobre un área más amplia que permite el estudio de gabinete de variantes en el trazo para optimizar el diseño y minimizar los costos. Para el caso de mejoramiento de una vía se utilizara el levantamiento restringido a prácticamente el derecho de vía de camino con el estacado preliminar, a este método se le denomina “Trazado Directo”.

Definida la ruta por el camino existente, fijado el punto de partida y los puntos obligados de paso, se procede a realizar el levantamiento topográfico.

1.2 Ubicación del Área de Estudio

Región:	Amazonas
Departamento:	Amazonas
Provincia:	Utcubamba.
Distrito:	Cumba
Localidad:	Sinaí

1.3 Alcances del Trabajo

1. Control Horizontal cada 05 Km aproximadamente, mediante pares de punto.
2. Captura de Datos del satélite mediante un lapso de 1:30 h a 2:00 h promedio.
3. Monumentación de los BM´s del Proyecto
4. Verificación de los BM´s del IGN (Instituto Geográfico Nacional)
5. Nivelación Geométrica de los BM´s cada 500 metros.
6. Lecturas para la poligonal topográfica, en base a la red geodésica
7. Levantamiento Topográfico de las canteras y los 5.7 Km de la vía existente.
8. Obtener características geométricas existentes del levantamiento topográfico
9. Mejorar el Diseño Geométrico de la Vía Existente, donde esta sea necesaria.
10. Replanteo del Eje de la vía existente.

1.4 Objetivos

Realizar el levantamiento Topográfico de los 5.7 Km de la vía, para obtener sus características geométricas y Mejorar el Diseño Geométrico de la misma, donde esta sea necesaria.

1.5 Recursos

1.5.1 Equipos

En la ejecución de los trabajos se emplearon los siguientes equipos:

A. Geodésicos y Topográficos

- GPS Navegador GARMIN(GPSMAP 76CSx)
- Eclímetro
- Estación Total TOPCON modelo GTS -246 NW con trípode
- Dos prismas
- Dos porta prismas

- Una wincha de 50 metros
- Una cámara fotográfica
- Una camioneta
- Estacas de fiero (0.15m)
- Pintura Esmalte (color rojo)
- Tres radios de comunicación
- Un machete

B. Hardware y software para los sistemas automatizados de recolección y de Post - procesamiento.

Dos	(02)	LAPTOP: QOSMIO X505-SP8020L CORE I7 Marca Toshiba.
Una	(01)	Impresora HP OFFJETPRO K 8600 Sistema Continuo.
Un	(01)	Plotter HP DESIGNJET T120 24-IN EPRINTER
Una	(01)	Maquina fotocopiadora acondicionada marca RICOH modelo AF2027.

C. Material de Campaña

Dos	(02)	Cargadores de baterías de 12 v.
Dos	(02)	Baterías de 12 voltios
Dos	(02)	Inversores de voltaje de 12VDC a 110 VAC
Una	(01)	Cámara fotográfica digital 18.2 mega pixeles

Herramientas (comba, martillos, lampas, picos, etc.)

D. Personal de la Brigada

- 01 Topógrafo
- 01 Asistente
- 02 Ayudantes
- 02 Tesistas

CAPÍTULO II

DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS A REALIZAR

2.1.- Trabajo de Campo

Para ello, se ha trazado una poligonal abierta con el empleo de una Estación Total marca TOPCON, modelo GTS – 246 NW, de precisión a los 05", instalando en campo los puntos de intersección de los alineamientos (PIs), tanto horizontales como verticales, para luego trazar un eje preliminar de carretera con la inclusión de curvas horizontales y curvas verticales cóncavas y convexas; respetando los criterios establecidos por Normas. Para efectos

de obtener la configuración de una faja de terreno de 50m como mínimo se ha seccionado el eje trazado en campo cada 20m en tramos en tangente, así como cada 10m en las curvas horizontales con radios inferiores a 100m, en caso de quiebres de la topografía se tomaron secciones adicionales en los puntos de quiebre.

Trazado el eje en campo, se procedió a nivelar cada estaca marcada con el empleo de nivel de ingeniero, a su vez la sección transversal extendida lo suficiente para evidenciar la presencia de edificaciones, canales de riego, entre otros elementos que se consideren permanentes.

Asimismo se instaló un BM de control por cada medio Kilómetro utilizando una nivelación de tercer orden, nivel de precisión suficiente para efectos de facilitar su posterior replanteo, para cada uno de los puntos de control se realizó un circuito de cierre para la corrección del error acumulado por el Método de Mínimos Cuadrados.

2.2.- Trabajo de Gabinete

se procedió a procesar la información en el software especializado denominado AUTOCAD CIVIL 3D 2015, para obtener finalmente una configuración de terreno con curvas de nivel y secciones transversales estacadas, con esta información se procedió a trazar la rasante de diseño y efectuar ajustes en el trazo geométrico para dar lugar al eje definitivo con sus respectivas secciones transversales, se incluyó la “caja de diseño” en función del ancho de plataforma considerado y variable según su condición de corte o relleno y su talud de reposo en la ladera correspondiente.
El equipo de ingeniería, vehículos y misceláneo utilizados son los siguientes:

- 01 camioneta Toyota Hilux 4x4, doble cabina
- 01 estación total marca TOPCON
- 01 Niveles automáticos marca TOPCON
- 01 eclímetros
- 01 GPS navegador
- Jalones, miras, winchas, etc.

CAPITULO III

METODOLOGIA DEL TRABAJO

3.1.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Los levantamientos se han realizado utilizando una poligonal abierta, la cual ha servido de base para la ejecución del monitoreo, cuyos lineamientos generales se describen a continuación:

3.1.1. APOYO PLANIMETRICO

El levantamiento topográfico, cuenta con una poligonal abierta que cubre toda el área del levantamiento y la colocación de puntos topográficos.

Se realizó el levantamiento topográfico del área de estudio mediante uso de una Estación Total.

3.1.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO GENERAL

Una de las grandes ventajas de levantamientos con estación total es que la toma y registro de datos es automática, eliminando los errores de lectura, anotación, transcripción y cálculo; ya que con estas estaciones la toma de datos es automática (en forma digital) y los cálculos de coordenadas se realizan por medio de programas de computación incorporadas a dichas estaciones.

Generalmente estos datos son archivados en formato ASCII para poder ser leídos por diferentes programas de topografía, diseño geométrico y edición gráfica.

La información almacenada fue transferida a la computadora para su proceso correspondiente dentro del Auto CAD CIVIL 3D, el mismo que nos permitió trabajar adecuadamente toda la información recolectada.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se ha realizado la colocación de 10 puntos de control a distancia promedio de 05 Km, por cada par de puntos, lo cual es recomendable para evitar la acumulación de errores en distancias más largas, al momento de realizar la poligonal de apoyo.

- Se recomienda que en la etapa de construcción dichos puntos de control, sean señalizados y rodeados con malla de seguridad, con la finalidad de que estos no sean enterrados por los operadores de equipo pesado cuando se realicen las etapas de limpieza y/o remoción, al igual que los puntos de los vértices de la poligonal de apoyo, como los BM´s.

- Se ha utilizado el Datum WGS-84 para obtener los datos de posición, por ser el sistema más utilizado en la actualidad a nivel mundial, y el Modelo Geoidal EGM96, para las aproximaciones altimétricas.

- El programa utilizado para el diseño del eje y procesamiento de las curvas de nivel es el AUTOCAD CIVIL 3D versión 2015.

CAPITULO V

PANEL FOTOGRAFICO

ESTACION: EL PALTO — LAT.: 06º 00' 0,4" — DPTO: AMAZONAS
LONG.78º 28' 15,5" — PROV: UTCUBAMBA
CATEGORIA: "CO" — ALT.: 1,490 msnm — DIST: LONYA GRANDE

INFORMACION PLUVIOMETRICA

Periodo: 2005 - 2015

PREPARADA PARA:

JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS

PRECIPITACION (mm)
Máximas 24 Hrs

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2005	31.3	35.8	48.0	30.3	10.8	19.5	2.0	25.3	27.6	35.5	20.1	42.5
2006	44.2	23.8	40.4	43.6	28.2	18.0	5.4	13.5	26.0	42.5	35.6	28.3
2007	21.6	35.5	48.5	27.6	20.9	8.0	11.5	25.8	10.0	35.3	37.3	23.9
2008	16.6	49.1	36.2	23.3	23.0	22.7	8.4	13.6	14.8	28.0	24.6	57.3
2009	77.3	50.0	40.9	47.5	32.0	18.3	14.8	17.5	18.5	60.4	21.8	13.0
2010	42.4	45.5	25.7	53.2	27.2	14.1	27.8	6.0	16.2	50.3	16.2	21.8
2011	23.4	50.4	44.0	21.2	16.0	34.2	12.2	17.7	30.8	27.9	23.3	87.2
2012	55.6	38.8	34.3	34.0	11.9	14.0	10.3	13.7	19.6	28.6	28.7	35.2
2013	38.2	50.3	46.3	30.0	35.2	13.8	13.5	S.D	18.5	33.0	16.8	34.3
2014	39.2	42.0	56.0	28.8	52.6	30.7	17.6	8.8	22.8	20.5	31.8	28.6
2015	47.4	35.3	57.9	31.3	27.2	9.2	21.7					

S.D: SIN DATO

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología — Dirección Regional de Lambayeque — CHICLAYO — SENAMHI

ING° HUGO PANTOJA TAPIA
Registro CIP. 74329
Director Regional SENAMHI-Lambayeque

Lima: Jirón Cahuide Nº 785–Lima 11, Casilla Postal 1308 Telf.: (51-1) 614-1414 Fax: 471-7287
Los Pinos Nº 290 Urb. Santa. Victoria, Telf. (074)-225589 dr02-lambayeque@senamhi.gob.pe
Pág. Web www.senamhi.gob.pe E-mail: senamhi@senamhi.gob.pe

HIDROLOGÍA Y DRENAJE

TESIS

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015"

CHICLAYO, MARZO DE 2017

I. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

Mediante el Estudio Hidrológico e Hidráulico se ha verificado la capacidad hidráulica del sistema existente respecto a la demanda hidrológica del Camino Vecinal, cuyo estudio se centrara en determinar las intensidades máximas de las lluvias, en las cuencas de las quebradas que atraviesan el Camino Vecinal.

El estudio hidrológico está orientado a determinar los caudales de diseño de las obras de drenaje, que consisten en alcantarillas, badenes y cunetas, etc.

Para cada una de las cuencas se han calculado los caudales máximos del proyecto comprobando la capacidad hidráulica de las obras de arte proyectadas

El área de estudio de encuentra ubicado en el ámbito del distrito de Cumba, provincia de Luya, departamento de Amazonas, comprendida desde EMP AM – 103 (SINAI - OCTUCHO), desde los KM 0+000 al 5+700, código de Ruta AM – 602.

1.2. OBJETIVOS

- Calcular los caudales de diseño de las obras de drenaje transversal y longitudinal, en caso que presentara una insuficiencia en su capacidad de conducción para el Diseño Geométrico del Camino Vecinal Sinai – Cruce Hualango, comprendido entre los kilómetros Km. 0+000 al Km. 5+700.

- Evaluar el sistema drenaje existente y plantear una mejor propuesta técnica para el mejoramiento de la estructura y mejor control de flujo de agua superficial y sub superficial con la finalidad de garantizar la mayor durabilidad de las obras.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

2.1.1. Información Cartográfica

Se dispuso de la siguiente información cartográfica, proveniente del Ex - PROVIAS DEPARTAMENTAL hoy PROVIAS DESCENTRALIZADO

Descripción	Escala
Mapa Departamental de Amazonas	1 / 1 000 000

2.1.1. Información Cartográfica

La estación pluviométrica representativa para la zona en estudio es El Palto, la cual es utilizado previo análisis de las funciones de distribución, el registro histórico de 10 años, la cual será utilizado luego del análisis previo de distribución para eventos extremos, que nos permita calcular las descargas referenciales para las capacidades de los conductos existentes en el proyecto y que será empleado previo análisis y ajuste respectivo de las funciones de distribución para los eventos extremos, para ser aplicado al modelo HYDROLOGIC MODEL SYSTEM, HEC-HMS

ESTACION	PROVINCA	TIPO	UBICACIÓN		ALTITUD	PERIODO
			LATITUD	LONGITUD	m.s.n.m.	REGISTRO
El Palto	Utcubamba	Pluviómetro	006° 00' 04"	78° 28' 15.5"	1490	2005/2015

Cuadro N° 2.1, Ubicación de las Estaciones Hidrológicas

Fuente: SENAMHI

Cuadro N° 2.2, Serie Histórica de Precipitación Máxima en 24 horas.

ESTACION	: EL PALTO	**LAT.**	: 06° 00' 0,4"	**DPTO.**	: AMAZONAS
		LONG.	: 78° 28' 15,5'	**PROV.**	:UTCUBAMBA
CATEGORIA	: "CO"	**ALT.**	: 1,490 msnm	**DIST.**	: LONYA GRANDE

INFORMACION PLUVIOMETRICA

Periodo: 2005-2015

PREPARADA PARA:

JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS

PRECIPITACION (mm)

Máximas 24 Hrs

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2005	31.3	35.8	48.0	30.3	10.8	19.5	2.0	25.3	27.6	35.5	20.1	42.5
2006	44.2	23.8	40.4	43.6	28.2	18.0	5.4	13.5	26.0	42.5	35.6	28.3
2007	21.6	35.5	48.5	27.6	20.9	8.0	11.5	25.8	10.0	35.3	37.3	23.9
2008	16.6	49.1	36.2	23.3	23.0	22.7	8.4	13.6	14.8	28.0	24.6	57.3
2009	77.3	50.0	40.9	47.5	32.0	18.3	14.8	17.5	18.5	60.4	21.8	13.0
2010	42.4	45.5	25.7	53.2	27.2	14.1	27.8	6.0	16.2	50.3	16.2	21.8
2011	23.4	50.4	44.0	21.2	16.0	34.2	12.2	17.7	30.8	27.9	23.3	87.2
2012	55.6	38.8	34.3	34.0	11.9	14.0	10.3	13.7	19.6	28.6	28.7	35.2
2013	38.2	50.3	46.3	30.0	35.2	13.8	13.5	S.D	18.5	33.0	16.8	34.3
2014	39.2	42.0	56.0	28.8	52.6	30.7	17.6	8.8	22.8	20.5	31.8	28.6
2015	47.4	35.3	57.9	31.3	27.2	9.2	21.7					

FUENTE: SENAMHI

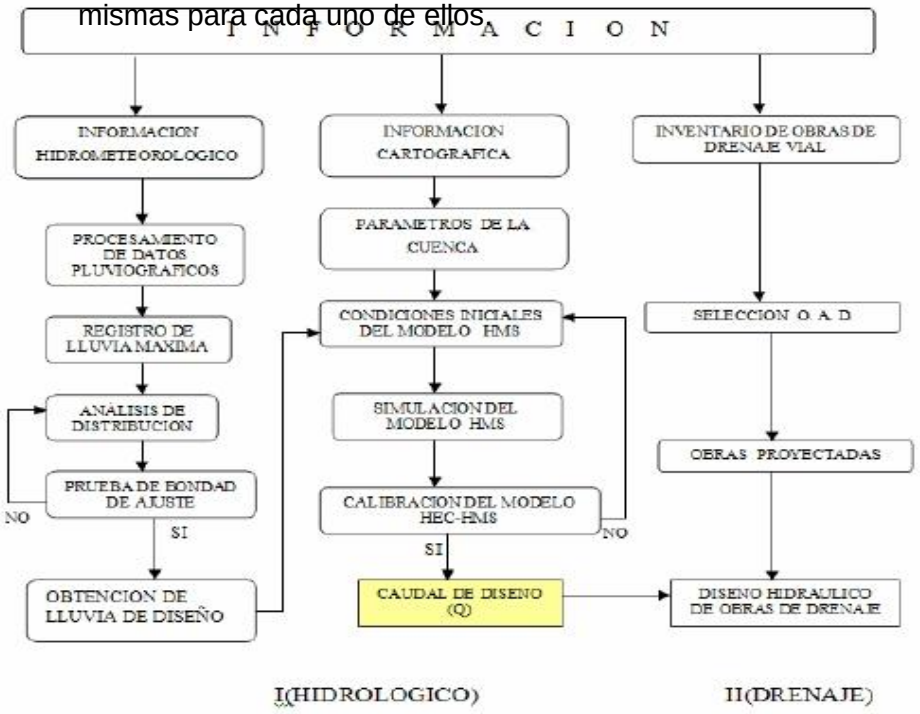
2.2. METODOLOGÍA

La metodología seguida para el presente trabajo comprende en dos bloques principales tal como se presenta en la fig.N°2.1, en la página siguiente y comprenden en dos grupos 1) Hidrológico y 2) Drenaje.

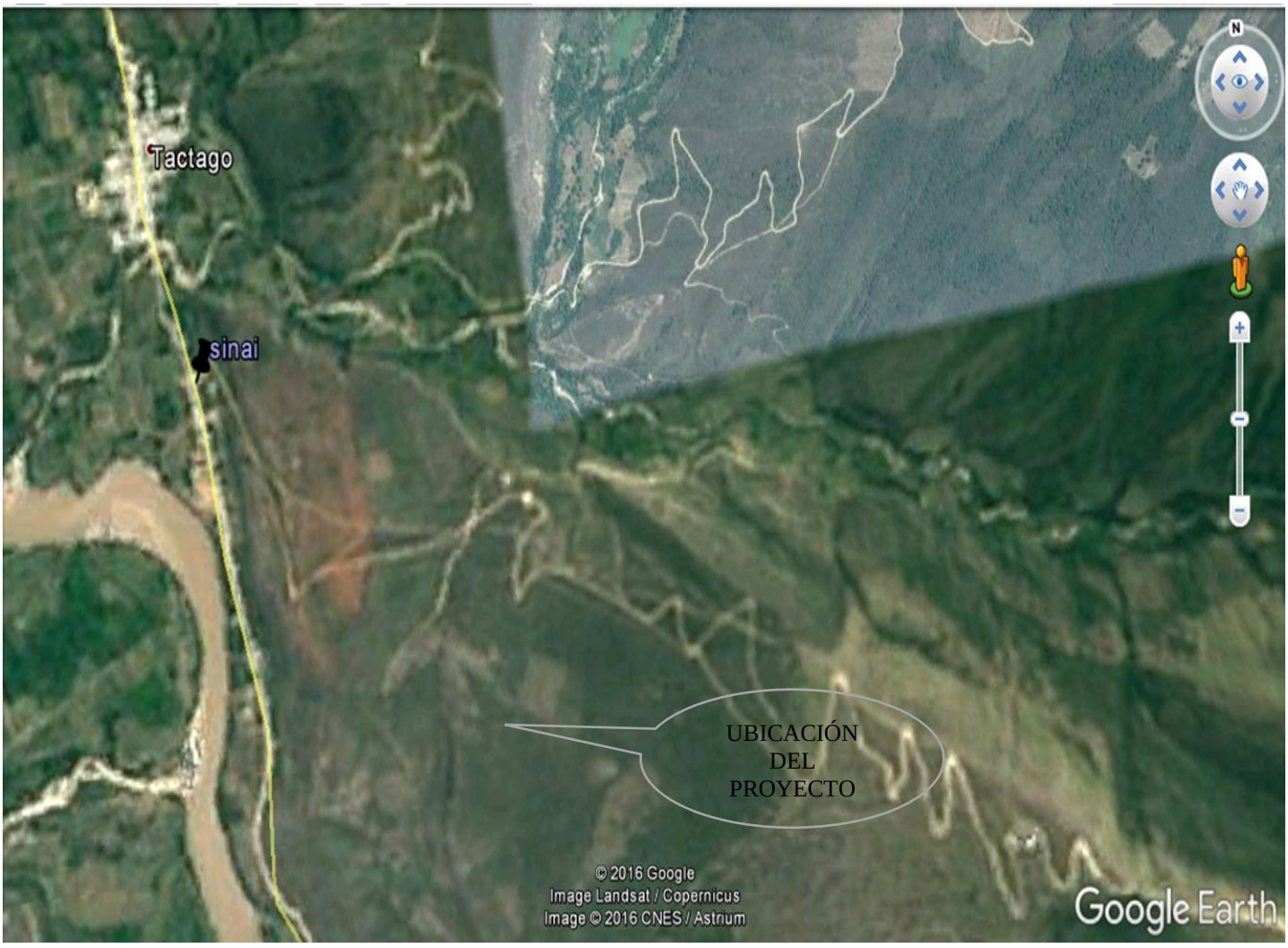
1) Hidrológico; comprende en el análisis de la información hidrometeorológica y cartográfico o de cuenca. El primero comprende en la recolección y compra de registros pluviográficos y descargas disponibles, el cual sirve para generar las descargas o caudales de diseño según el tipo de obra propuesto previo, análisis de consistencia y ajuste a las funciones de distribuciones para eventos extremos máximos y la selección de las mismas a través del método analítico de error cuadrático mínimo. Por otro lado el análisis cartográfico consiste en la determinación de parámetros morfológicos de la cuenca. Teniendo los datos de precipitación de diseño y los parámetros del modelo se efectúan a la simulación para finalmente calibrar el modelo respectivo para su aplicación en la determinación de las descargas de diseño para cada punto de intercepción de las quebradas existentes en el proyecto.

2) Drenaje; Comprende el inventario de las obras de arte de drenaje transversal (puentes, pontones, badenes y alcantarillas) y longitudinal (Zanjas de drenaje, cunetas, subdrenes) existentes según su estado en que se encuentra. Teniendo los resultados de la primera parte y definidas los tipos de obras arte de drenaje se calculan las capacidades de las mismas para cada uno de ellos.

Fig 2.2.1 Metodología de Trabajo



PLANO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



2.2.1. Análisis de la Presipitacion Maxima en 24 horas

Debido a la falta de pluviógrafos en las estaciones próximas al sitio de proyecto, que permitan una determinación directa de las curvas de intensidad - duración - frecuencia, se trabajó sobre la base de registros de máximas precipitaciones diarias.

Aunque existe un número importante de distribuciones de probabilidad empleadas en hidrología, son sólo unas cuantas las comunmente utilizadas, debido a que los datos hidrológicos de diversos tipos han probado en repetidas ocasiones ajustarse satisfactoriamente a un cierto modelo teórico. Las lluvias máximas horarias o diarias por lo común se ajustan bien a la distribución de valores extremos tipo I o Gumbel, a la Log-Pearson tipo III y a la gamma incompleta. En este proyecto se empleó la distribución Gumbel.

Se trabajará con la serie anual de máximos correspondiente a la estación El Palto

Cuadro N° 2.3, Precipitación Máxima en 24 horas.

AÑO	Precipitación Máx.24h.	DURACIÓN EN MINUTOS				
		5	10	30	60	120
2005	48.00	11.6518	13.85641	18.23606	21.68645	25.78968
2006	44.20	13.25653	13.84345	14.82738	15.48384	16.16937
2007	48.50	15.02307	15.18666	15.4496	15.61783	15.7879
2008	57.30	18.31275	18.3624	18.44138	18.49137	18.54151
2009	77.30	25.95836	25.97594	26.00382	26.02143	26.03905
2010	53.20	19.49352	19.49682	19.50205	19.50535	19.50865
2011	87.20	29.74394	29.74519	29.74719	29.74845	29.74971
2012	55.60	21.07821	21.07844	21.07879	21.07901	21.07923
2013	50.30	17.49588	17.49593	17.496	17.49605	17.49609
2014	56.00	18.59222	18.59224	18.59226	18.59227	18.59228
2015	57.90	19.51735	19.51735	19.51736	19.51736	19.51736

FUENTE: Elaboración propia

Para el modelo de probabilidad:

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Según el estudio de miles de estaciones - año de datos de lluvia, realizado por L. L. Welss, los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, al ser incrementados en un 13% conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis basado en lluvias máximas verdaderas. Por tanto el valor representativo adoptado para la cuenca será multiplicado por 1.13 para ajustarlo por intervalo fijo y único de observación.

Cuadro N° 2.4, Cálculo de las láminas para distintas frecuencias

Periodo	*Variable*	*Precip.*	*Prob. de*	*Corrección*
Retorno	*Reducida*	*(mm)*	*ocurrencia*	*intervalo fijo*
Años	*YT*	*XT'(mm)*	*F(xT)*	*XT (mm)*
2	0.3665	55.6322	0.5000	62.8644
5	1.4999	67.1473	0.8000	75.8765
10	2.2504	74.7714	0.9000	84.4916
25	3.1985	84.4043	0.9600	95.3769
50	3.9019	91.5506	0.9800	103.4521

75	4.3108	95.7043	0.9867	108.1458
100	4.6001	98.6441	0.9900	111.4678
500	6.2136	115.0361	0.9980	129.9908

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro N° 2.5, Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

AÑO	Precipitación Máx.24h.	DURACIÓN EN MINUTOS				
		5	10	30	60	120
2005	48.00	11.6518	13.85641	18.23606	21.68645	25.78968
2006	44.20	13.25653	13.84345	14.82738	15.48384	16.16937
2007	48.50	15.02307	15.18666	15.4496	15.61783	15.7879
2008	57.30	18.31275	18.3624	18.44138	18.49137	18.54151
2009	77.30	25.95836	25.97594	26.00382	26.02143	26.03905
2010	53.20	19.49352	19.49682	19.50205	19.50535	19.50865
2011	87.20	29.74394	29.74519	29.74719	29.74845	29.74971
2012	55.60	21.07821	21.07844	21.07879	21.07901	21.07923
2013	50.30	17.49588	17.49593	17.496	17.49605	17.49609
2014	56.00	18.59222	18.59224	18.59226	18.59227	18.59228
2015	57.90	19.51735	19.51735	19.51736	19.51736	19.51736

FUENTE: Elaboración propia

2.2.2. Estimación de Caudales Máximos

2.2.2.1 Estimación de caudales diseño para estructuras de drenaje transversales.

Para el tramo en estudio no existen la necesidad de diseñar estructuras de desfogue transversal, debido a que las descargas se realizarán a un costado de la vía, se cuenta con espacio y pendiente suficiente.

2.2.2.2 Estimación de caudales de diseño para estructuras de drenajes longitudinales – cunetas

Las cunetas, son definidas por **Paraud**, como “canales longitudinales que sirven para recoger y eliminar rápidamente el agua que cae sobre el firme, y que va a ellas debido a su pendiente transversal; su función es trascendental para la conservación; el enemigo mayor de un firme de cualquier clase es el agua; al proyectar un camino hay que cuidar con todo esmero su recojo y eliminación”.

La cuneta debe de cumplir su misión de recojo y eliminación rápida de las aguas del firme, sin constituir un peligro para la circulación. Se les da formas muy diversas y dimensiones variables, dependiendo de la naturaleza del firme, de las características del camino y de los datos pluviométricos que se tengan de la zona”.

"Las cunetas tienen sección trapezoidal o triangular, esta última se recomienda de preferencia, ya que si algún carro resbalase dentro de ella, se desplazará suavemente, mientras que en las trapezoidales constituye una verdadera zanja en la que el carro puede caer". "La forma en V adoptada, permite limpiarlas rápidamente con la cuchilla de las motoniveladoras".

"Al pie de los terraplenes, se emplean cunetas de defensa que impiden la destrucción de su base, igualmente cuando los puntos altos de los cortes son erosionables, se ubican en la parte superior".

"Las cunetas deben de tener desagües en puntos adecuados del trazado, utilizando cuantas coyunturas hay para ello, lo más próximos posibles los unos de los otros, para evitar la excesiva acumulación de caudal que haría precisa una mayor sección y, en definitiva, de no ser cunetas revestidas, podría ser causa de que se transmitiese la humedad a la base del firme. Las cunetas son imprescindibles en todas las secciones de corte".

En las normas peruanas, refiere Paraud, se especifica que las cunetas serán de sección triangular, fijándose sus dimensiones de acuerdo con las condiciones climáticas, siendo las mínimas las siguientes:

ZONA	PROFUNDIDAD	ANCHO
Seca	0,20	0,50
Sierra	0,30	0,50
Costa lluviosa y Selva	0,50	1,00

Fuente : PARAUD

"Este ancho se mide desde el borde de la berma a la vertical del vértice bajo, el talud exterior será el correspondiente al del corte".

"En las secciones de suelos deleznables en zonas lluviosas, los taludes de las cunetas serán de inclinación transversal no menor de 1:3".

"La cuneta del borde en corte cerrado, se podrá reducir hasta 1 m. Los rellenos de material deleznable tendrán un ancho mayor para alojar cunetas impermeabilizadas".

"En el perfil longitudinal, las cunetas no sobrepasarán las gradientes que provoquen erosión por la acción de las aguas superficiales. En caso de que sea preciso usar tales gradientes, las cunetas serán protegidas por revestimientos. Se podrá

también hacer uso de gradientes escalonadas para romper la velocidad de las aguas".

2.2.2.3 Aplicación del Método Racional

La estimación de los caudales máximos de diseño para las cunetas en el Tramo: Sinaí – Cruce Hualango, se hizo con el Método Racional.

1° El coeficiente de escurrimiento o escorrentía, C.

VALORES PARA LA DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

CONDICION	VALORES			
1. Relieve de Terreno	K1= 40 Muy accidentado pendiente superior al 30%	K1= 30 Accidentado pendiente entre 10% y 30%	K1= 20 Ondulado pendiente entre 5% y 10%	K1= 10 Llano pendiente inferior al 5%
2. Permeabilidad del suelo	K2= 20 Muy impermeable roca sana	K2= 15 Bastante impermeable arcilla	K2= 10 Permeable	K2= 5 Muy permeable
3. Vegetacion	K3=20 Sin vegetacion	K3= 15 Poca menos del 10% de la superficie	K3= 10 Bastante Hasta el 50% de la superficie	K3= 5 Mucha hasta el 90% de la superficie
4. Capacidad de Retencion	K4= 20 Ninguna	K4= 15 Poca	K4= 10 Bantante	K4= 5 Mucha

Fuente: Cuadro 4.1.2.b del Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito

CUADRO Nº 4

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

K= K1+K2+K3+K4*	C
100	0.80
75	0.65
50	0.50
30	0.35
25	0.20

Ver cuadro 4.1.2b

Fuente: Cuadro 4.1.2.c del Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito

Estimación de Coeficiente de Escorrentía (C)

Para la estimación de la escorrentía a través del camino afirmado, en el Cuadro Nº 4.1.2.b y Cuadro Nº 4.1.2.c se tiene:

Para Terreno Accidentado con Pendiente entre 10% y 30% :

Suelo Permeable : K2 = 10

PocaVegetación : K3 = 15

PocaCapacidadde Retención : K4 = 15

Por lo tanto:

Para K1 + K2 + K3 + K4 = 70

C = 0.70

Para el sistema de drenaje pluvial de la carretera Sinai – Cruce Hualango, se estimó un valor para el coeficiente de escorrentía de:

C = 0,70.

2° El tiempo de concentración, Tc.

Para la cuenca aportante "promedio" a la cuneta, se tiene de la cartografía disponible, IGN 1 /100 000 :

H = 10 m;

L = 500 m

Reemplazando en la fórmula :

$$Tc = 0{,}01952 * ((L^{3} / H)^{0{,}385})$$

$$Tc = 0{,}01952 * ((500^{3} / 10)^{0{,}385})$$

$$Tc = 10.54 \text{ min.}$$

Se asume entonces:

Tc = Td = 10 min.

Cuadro N° 2.6, Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo	5	10	15	30	45	60	120	24 Horas
Coef. De Duración	0.26	0.4	0.53	0.7	0.86	1	1.4	4.9
Periodo de retorno								
2	39.23	30.18	26.65	17.60	14.42	12.57	8.86	61.61
5	50.12	38.55	34.06	22.49	18.42	16.06	11.33	78.71
10	57.33	44.10	38.96	25.73	21.07	18.38	12.95	90.04
15	61.40	47.23	41.72	27.55	22.57	19.68	13.87	96.43
20	64.25	49.42	43.66	28.83	23.61	20.59	14.52	100.90

Fuente: Elaboración Propia

3° Tomar la intensidad de lluvia con Tc = Td = 10 min, del Cuadro N° 2.6 y transformando para un periodo de retorno de P.R. = 10 años.

I = 44.10 mm/hr

4° El área de la cuenca aportante a las cunetas.

Para el cálculo de la cuenca receptora, se ha asumido que las cunetas, desaguarían en zonas ubicadas en promedio a una distancia entre ellas de 500 m. El ancho de las zonas aledañas se asume de 20 m, que incluye la superficie de la cuneta; el área resultante sería entonces de 10,000 m2 **A = 0,01 km2.**

5° Aplicando la fórmula del Método Racional para obtener el escurrimiento máximo:

Q = C * I * A / 3, 6

Q = 0,70 * 44.10 * 0,01 / 3,6

Q = 0,086 m3/s = 86 l/s

Se estima entonces que, el escurrimiento máximo hacia las cunetas sería de 86 l/s.

2.2.2.4 Diseño Hidráulico de Cuneta

a. La Fórmula de Manning

El caudal de diseño de la cuneta, es posible calcularlo con la FÓRMULA DE MANNING, que tiene la expresión siguiente:

Qd = (A * R 2/3 * S ½) / n

Donde:

Q = Caudal, m3/s;
A = Área de la sección hidráulica, m2;
R = Radio hidráulico, m;
S = Pendiente longitudinal;
n = Coeficiente de rugosidad.

a. Consideraciones para la sección de la cuneta

Se tiene las siguientes dimensiones para la sección propuesta:

y = 0,40 m; Z = 1:1; S = 0.012 m/m

Se debería tener una capacidad de conducción suficiente para drenar las aguas provenientes de las zonas aledañas en los eventos extraordinarios, para lo cual se ajusta la sección hidráulica de diseño.

2.3. DRENAJE

2.3.1. Generalidades

El drenaje es definido por Paraud, como “la ciencia de controlar el movimiento de las aguas superficiales y subterráneas con el fin de que no afecten la infraestructura del camino, alejándolas lo más rápidamente de él. El drenaje es así el factor de mayor importancia para reducir los gastos de conservación del camino”.

En el mismo sentido, refieren Wright – Paquette que “Uno de los aspectos más importantes en la ubicación y proyecto de carreteras rurales y calles en las ciudades, es la necesidad de proporcionar un drenaje adecuado. Es absolutamente esencial un drenaje conveniente y económico para proteger la inversión hecha en la estructura de las carreteras y la vida de las personas que las usen”.

Fuera de las características para la comodidad en el tránsito de la vía pavimentada, ningún otro detalle requiere tanta atención de parte del operario para la conservación que las alcantarillas para la carretera.

Muchos de los problemas en la conservación de las alcantarillas se deben al hecho de que con demasiada frecuencia los proyectistas parecen creer que las alcantarillas servirán sólo para dar paso a agua limpia.

Pero éste no es el caso sino en pocas ocasiones en la práctica, y son muchos los casos en que las aguas pluviales arrastran hasta un 50% de materiales detríticos que, debido al rápido cambio en la rasante a la entrada de la alcantarilla, causan el atascamiento completo de la misma, con el resultante desbordamiento por sobre la calzada y en algunos casos, especialmente cuando existen terraplenes altos, la intensa presión estática puede resultar en la pérdida del terraplén”.

Wright – Paquette, distinguen en el drenaje, el superficial y subterráneo: “Las estructuras que se levantan para controlar el flujo de agua superficial se llaman por lo general “drenaje superficial”, en tanto que aquéllas relacionadas con el agua subterránea en sus diferentes formas se designan “drenaje subterráneo”.

2.3.2. Cunetas

Las cunetas tendrán, en general, sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte.

Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas, siendo las dimensiones mínimas aquellas indicadas en el cuadro Nº 4.1.3a.

El ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante el fondo o vértice de la cuneta.

- **REVESTIMIENTO DE LAS CUNETAS.** Cuando el suelo es deleznable (arenas, limos, arenas limosas, arena limo arcillosos, suelos francos, arcillas, etc.) y la pendiente de la cuneta es igual o mayor de 4%, ésta deberá revestirse con piedra y lechada de cemento u otro revestimiento adecuado.

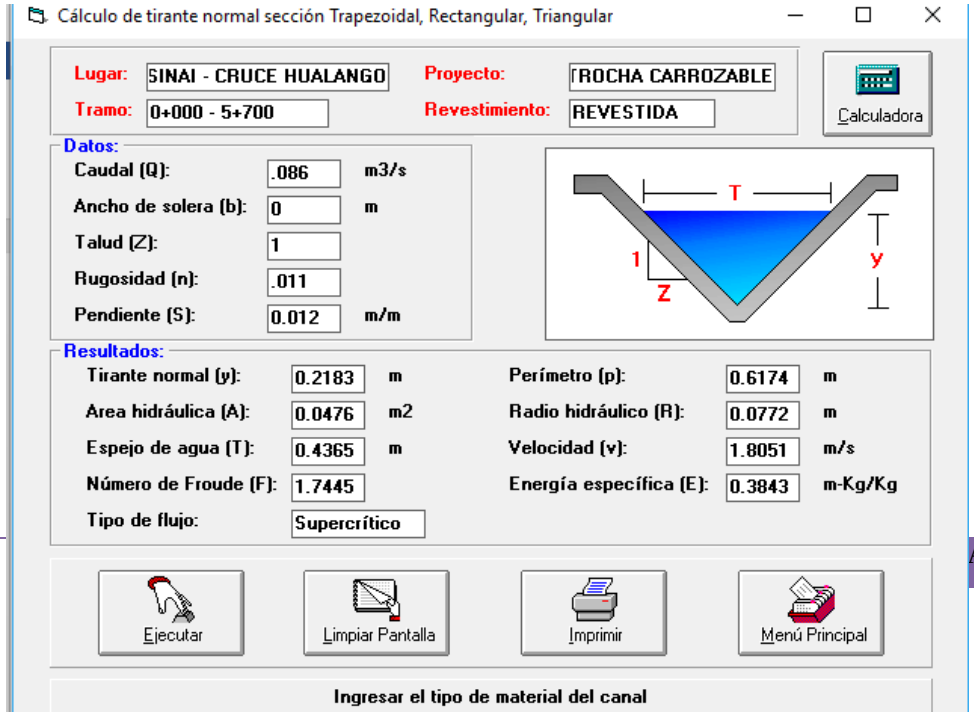
  En este caso para contrarrestar la velocidad erosiva, hemos considerado que las cunetas deberán ser revestidas con concreto f'c=175 kg/cm2.

CUADRO Nº 4.1.3a
DIMENSIONES MÍNIMAS DE LAS CUNETAS

REGION	PROFUNDIDAD (m)	ANCHO (m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy Luviosa	0.50	1.00

Fuente: Cuadro 4.1.3a del Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito

Según el cálculo en el Programa HCanales para una caudal de 0.075 m3/seg, la sección hidráulica tiene capacidad de conducción con un borde libre de 0.10m.

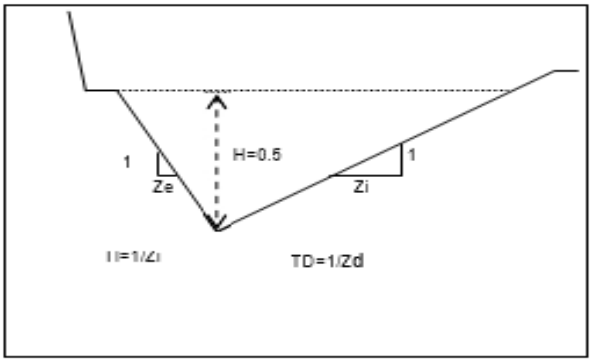


Se observa un tirante de 0.22 m por lo que nos daría una profundidad de 0.32 m, con lo cual lo planteado es de 0.50 m x 1.00m cumple con lo requerido

Considerando un Período de Retorno de 10 años para el caso de drenaje de plataforma, la sedimentación y posible colmatación durante el período de lluvias. Se justifica el planteamiento de la sección con 0.50mx1.00m.

Se ha considerado para los 5,700 metros de carretera una cantidad de 11,400 m de cunetas revestidas de concreto f'c=175 kg/cm2, la suma total corresponde a ambos lados de la vía.

SECCION TIPICA CUNETA TRIANGULAR



III. RESULTADOS

3.1. Lluvia de diseño

La lluvia de diseño para diferentes tiempos de retorno de 2 a 500 años se ilustra en el cuadro N°2.5, donde se aprecia las profundidades de lluvia de diseño son mayores para periodos de duración y tiempo de retorno mayores y viceversa para períodos de duración y tiempo de retorno menores la profundidad de lluvias son también menores.

Tiempo	5	10	15	30	45	60	120
Coef. De Duración	0.26	0.4	0.53	0.7	0.86	1	1.4
Periodo de retorno							
2	39.23	30.18	26.65	17.60	14.42	12.57	8.86
5	50.12	38.55	34.06	22.49	18.42	16.06	11.33
10	57.33	44.10	38.96	25.73	21.07	18.38	12.95
15	61.40	47.23	41.72	27.55	22.57	19.68	13.87
20	64.25	49.42	43.66	28.83	23.61	20.59	14.52

3.2. Resultados del caudal de diseño de las cunetas

El caudal de diseño para las cunetas es 86 lit/s, cuya sección hidráulica será de tipo triangular con medidas de H=0.50 m y L= 1.00 m, la longitud total según el metrado es 11,400 m, de cuneta revestida de concreto f'c=175 kg/cm2.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El régimen de la precipitación pluvial máxima de 24 horas es 87.20 mm para el mes de diciembre de 2,011, de un registro histórico de 11 años de la serie histórica de la estación representativa.

2. Las obras de drenaje longitudinal, cuneta tiene una longitud total de 11,400 m de sección triangular de 0.50 m. de alto por 1.00 m de ancho, revestidas de concreto f'c=140kg/cm2, tal como se indica en el metrado respectivo.

3. Se recomienda, la atención debida a la disponibilidad de registros hidro meteorológica, propiciando el repotenciamiento y/o instalación de las estaciones de control; para tener reportes en el tiempo lo cual permitirá validar nuestras estimaciones efectuadas para las construcciones de nuevas obras.

4. Se recomienda la atención prioritaria del mantenimiento de las obras de drenaje, por su importancia, no debiendo prescindirse de su reconstrucción, garantizando de este modo, una buena conservación y sostenibilidad de la misma.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, MTC 2008
2. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual. 2000.
3. CHOW Ven Te, et al. "Hidrologia Aplicadas", Editorial Mac Grall Hill, Colombia, 1994.
4. OSORIO Guerra, Eugenio, Estimación de la Precipitación Media Mensual a través del Método Kriging, en las Cuencas Chira y Piura. Tesis – FIA, Universidad Nacional Agraria La Molina. 1997.
5. MOPU, Ministerio de Obras Públicas de España, "Instrucción de Carreteras, 5.1-1C Drenaje ", Segunda Edición, 1965.
6. HERSHFIELD, World Meteorological Organization, WMO, "anual for Estimation of Probable Maximun Precipitation ", Operation Hidrology, Report N°1, Geneva Switzereland, 1986.
7. MOLSALVE Sáenz, German, "Hidrología en el Ingeniería", Segunda Edición, Editorial Alfa omega, Colombia, 1999.

8. WRIGHT H., Paúl-PAQUETTE J., Radnor, “Ingeniería de Carreteras”, Limusa Noriega Editores, México.
9. OSORIO Guerra, Eugenio, Determinación del Caudal Máximo de Avenida con Fines de Diseño del Sistema de Drenaje de la Ciudad de Moyobamba. Tesis-EPG, Universidad Nacional Agraria La Molina, 2004.

INFORME TECNICO

MATERIAL DE AFIRMADO

PROYECTO:

«Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015».

Junio de 2015

EMP – LABORATORIOS

INFORME TECNICO
MATERIAL DE AFIRMADO

Proyecto : Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí – Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

Ubicación : Caserío Sinai – Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba Amazonas
Solicitante : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara.
Referencia : Mezcla para Material de Afirmado

I. Caracterización de Material

MEZCLA PARA MATERIAL DE AFIRMADO

Procedencia del Material : Cantera Pampa Colorada 50% + 50% Hormigón limpio de Rio.
Observaciones : Material de Cantera y Hormigón limpio de Rio muestreado por el solicitante.

De los ensayos de laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados:

ENSAYO	METODO DE ENSAYO	ESPECIFICACION	RESULTADO PROMEDIO DE MEZCLA	
PASANTE DE LA MALLA N°4	_	_	*36.8%*	
LIMITE LIQUIDO	*MTC E-110*	*35% Max.*	*26.85%*	*CUMPLE*
LIMITE PLASTICO	*MTC E-110*	_	*18.6%*	
INDICE PLASTICO	*MTC E-111*	*4 – 9%*	*8.25%*	*CUMPLE*
PROCTOR MODIFICADO	*MTC E-115*	_	*2.211 gr/cm3*	
OPTIMO CONTENIDO HUMEDAD	_	_	*8.0 %*	
ABRASIÓN LOS ANGELES	*MTC E-207*	*40% max.*	*30.15%*	*CUMPLE*
CBR	*MTC E-132*	*40% Min.*	*73.8%*	*CUMPLE*

II. Conclusiones

- En conclusión el material de Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50 % Hormigón Limpio de Rio mostrados en el cuadro anterior cumple con los requisitos de acuerdo a las especificaciones técnicas del EG-2013.
- Se recomienda realizar un control constante de Mezclado uniforme en el momento de la producción.

ANEXOS

>Ensayos de Laboratorio.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
CANTERA	: Pampa Colorada
MATERIAL	: De Cantera
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

DATOS DE LA OBRA

MUESTRA : M - 1

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	1000			
TARA + SUELO SECO	:	844			
PESO DEL AGUA	:	156			
PESO DEL SUELO SECO	:	844			
% DE HUMEDAD	:	18,5			**18,5**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

CANTERA : Pampa Colorada

MATERIAL : De Cantera

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

MUESTRA : M - 1

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				100,0
1 1/2"	38,100	684	6,9	6,9	93,1
1"	25,400	1580	16,0	22,9	77,1
3/4"	19,100	1161,0	11,7	34,6	65,4
1/2"	12,700	1763,0	17,8	52,4	47,6
3/8"	9,520	677,0	6,8	59,3	40,7
1/4"	6,350				
# 4	4,760	1010,0	10,2	69,5	30,5
# 8	2,360	79,9	4,9	74,4	25,6
# 10	2,000	22,5	1,4	75,7	24,3
# 16	1,190	34,8	2,1	77,9	22,1
# 20	0,840	7,9	0,5	78,3	21,7
# 30	0,590	7,0	0,4	78,8	21,2
# 40	0,420	6,0	0,4	79,1	20,9
# 50	0,300	10,0	0,6	79,7	20,3
# 80	0,177	18,1	1,1	80,9	19,1
# 100	0,149	8,4	0,5	81,4	18,6
# 200	0,074	20,2	1,2	82,6	17,4
< # 200	FONDO	285,2	17,4	100,0	0,0

DESCRIPCION DE LA MUESTRA				
PESO TOTAL	=	9893,0	gr	
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr	
LIMITE LIQUIDO	=	41,8	%	
LIMITE PLASTICO	=	24,3	%	
INDICE PLASTICO	=	17,5	%	
CLASF. AASHTO	=	A-2-7	[0]	
CLASF. SUCS	=	**GC**		
% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.	
	1000	844	18,5	%

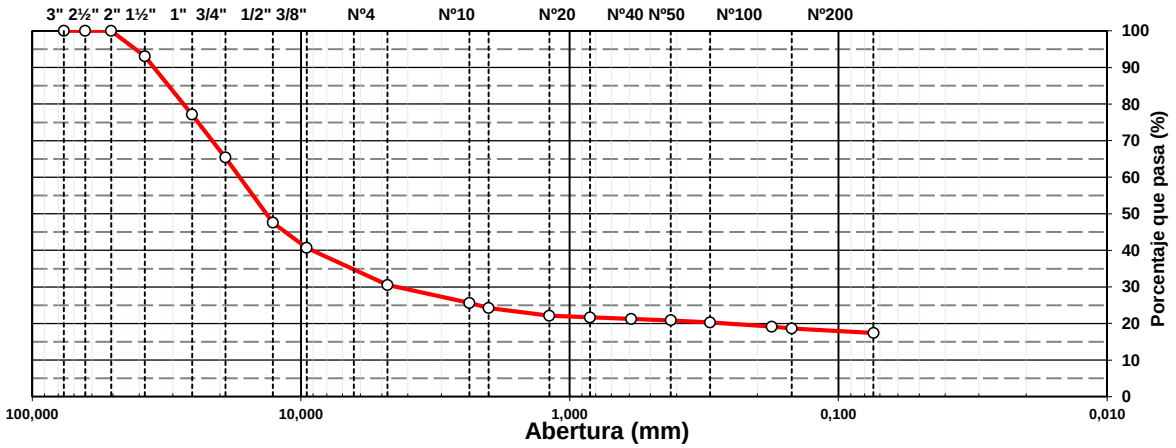
Observaciones

TOTAL

Descripción suelo: **GRAVA ARCILLOSA**

Coef. Uniformidad		Indice de Consistencia
Coef. Curvatura		
Pot. de expansión		

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

CANTERA : Pampa Colorada

MATERIAL : De Cantera

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

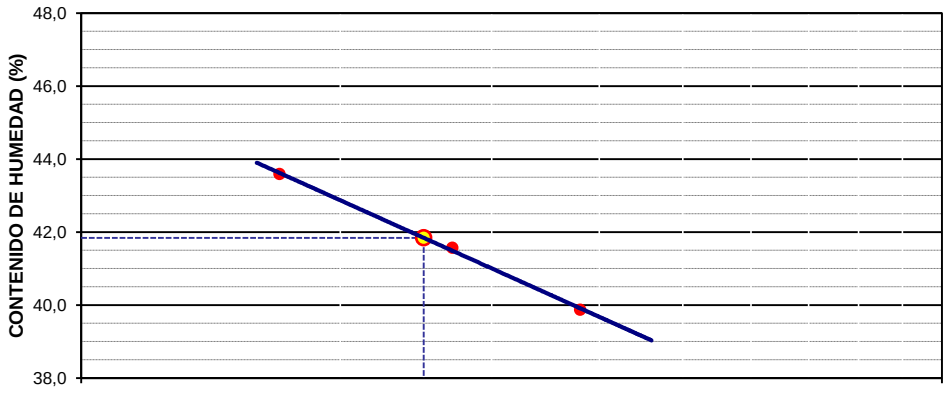
RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 27/06/2015

MUESTRA : M - 1

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	23	40	41	
TARRO + SUELO HUMEDO	35,24	38,36	37,99	
TARRO + SUELO SECO	29,70	31,78	31,46	
AGUA	5,54	6,58	6,53	
PESO DEL TARRO	16,99	15,95	15,08	
PESO DEL SUELO SECO	12,71	15,83	16,38	
% DE HUMEDAD	43,59	41,57	39,87	
Nº DE GOLPES	17	27	38	
LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	9	6		
TARRO + SUELO HUMEDO	15,98	15,94		
TARRO + SUELO SECO	14,32	14,17		
AGUA	1,66	1,77		
PESO DEL TARRO	7,52	6,85		
PESO DEL SUELO SECO	6,80	7,32		
% DE HUMEDAD	24,41	24,18		
LL : 41,8 %	**LP : 24,3 %**		**IP : 17,5 %**	

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
CANTERA	: Pampa Colorada		
MATERIAL	: De Cantera	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	27/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M - 1

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	131,60	125,62			
(2) Peso Tarro + agua + sal	181,60	175,62			
(3) Peso Tarro Seco + sal	131,80	125,81			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,20	0,19			
(5) Peso de Agua (2-3)	51,62	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,39 %	0,38 %			0,38 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
CANTERA	: Pampa Colorada		
MATERIAL	: De Cantera	**RESP. LAB**	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA**	: : 26/06/2015

MUESTRA : M - 1

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

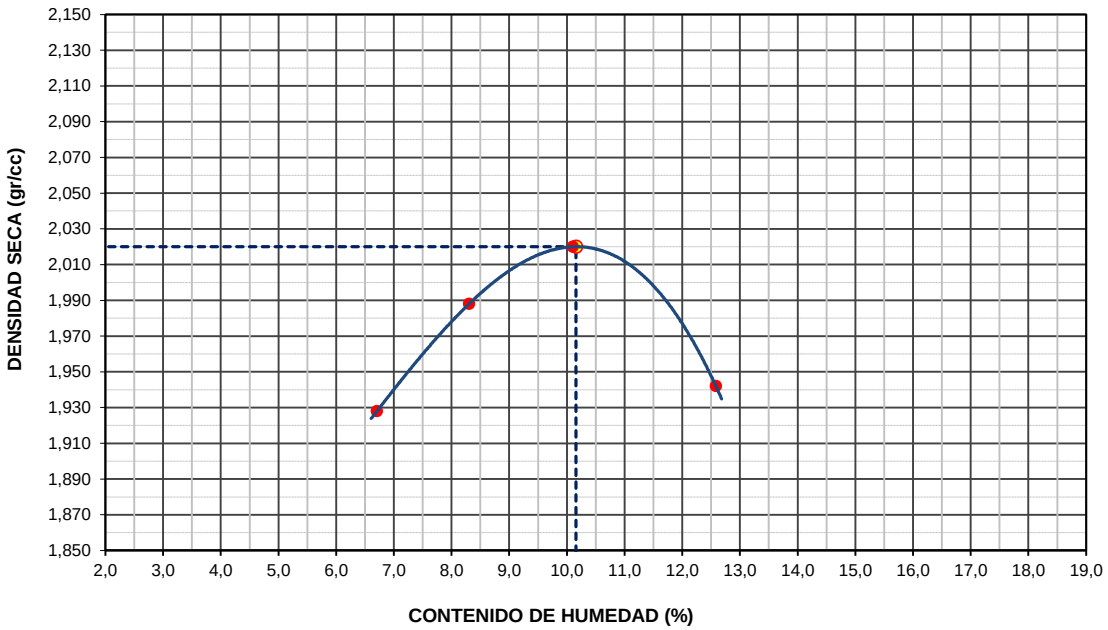
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	11152	11352	11502	11423	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4344	4544	4694	4615	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2,058	2,153	2,224	2,186	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	350,0	300,0	316,0	340,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	328,0	277,0	287,0	302,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	22,0	23,0	29,0	38,0	
PESO DE SUELO SECO	328,0	277,0	287,0	302,0	
CONTENIDO DE AGUA	**6,71**	**8,30**	**10,10**	**12,58**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,928**	**1,988**	**2,020**	**1,942**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2,020 gr/cm^3 **HUMEDAD OPTIMA: 10,16 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

CANTERA : **Pampa Colorada**

MATERIAL : **De Cantera**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

MUESTRA : M - 1

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	22		17		28	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12780	12812	12165	12302	12300	12512
PESO DE MOLDE	8034	8034	7645	7645	7931	7931
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4746	4778	4520	4657	4369	4581
VOLUMEN DEL MOLDE	2127	2127	2112	2112	2120	2120
DENSIDAD HÚMEDA	2,231	2,246	2,140	2,205	2,061	2,161
% DE HUMEDAD	10,41	12,21	10,21	14,09	10,32	16,44
DENSIDAD SECA	2,021	2,002	1,942	1,933	1,868	1,856
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	227,0	340,0	340,0	340,0	340,0	340,0
TARRO + SUELO SECO	205,6	303,0	308,5	298,0	308,2	292,0
PESO DEL AGUA	21,4	37,0	31,5	42,0	31,8	48,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	205,6	303,0	308,5	298,0	308,2	292,0
% DE HUMEDAD	10,41	12,21	10,21	14,09	10,32	16,44

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
26/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27/06/15	10:36	24	12,0	0,30	0,3	21,0	0,53	0,5	32,0	0,81	0,7
28/06/15	10:36	48	25,0	0,64	0,5	36,0	0,91	0,8	45,0	1,14	1,0
29/06/15	10:36	72	35,0	0,89	0,8	45,0	1,14	1,0	58,0	1,47	1,3

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº			22	MOLDE Nº			17	MOLDE Nº			28
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		82,6	4			52,3	3			35,0	2		
0,050		135,0	7			96,0	5			65,0	3		
0,075		302,0	15			185,0	9			125,0	6		
0,100	70,3	452,0	23	41,4	58,8	302,0	15	29,6	42,1	235,0	12	21,7	30,9
0,125		695,0	35			485,0	25			312,0	16		
0,150		852,0	43			625,0	32			465,0	24		
0,200	105,5	1256,0	64	75,2	71,3	865,0	44	52,3	49,6	625,0	32	40,9	38,8
0,300		1542,0	78			1023,0	52			895,0	45		
0,400		1825,0	93			1325,0	67			1005,0	51		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

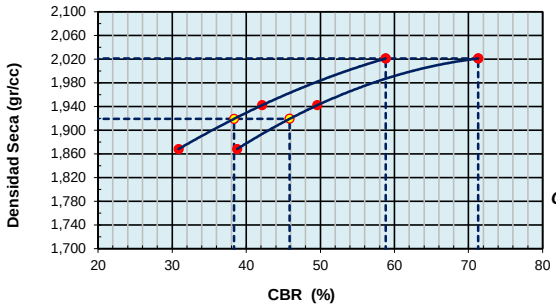
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
CANTERA	: Pampa Colorada
MATERIAL	: De Cantera
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

MUESTRA : M - 1

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



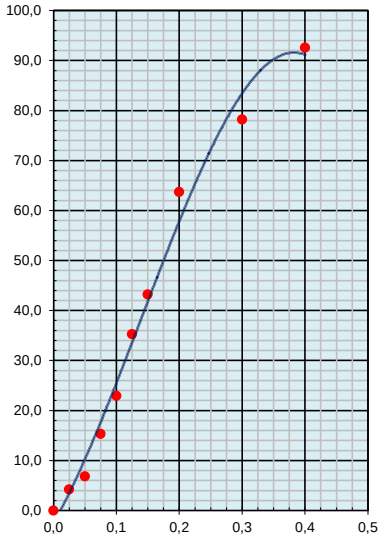
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 58,8**	**0.2": 71,3**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 38,4**	**0.2": 45,9**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2,020	gr/cc
Optimo Humedad	10,16	%

OBSERVACIONES:

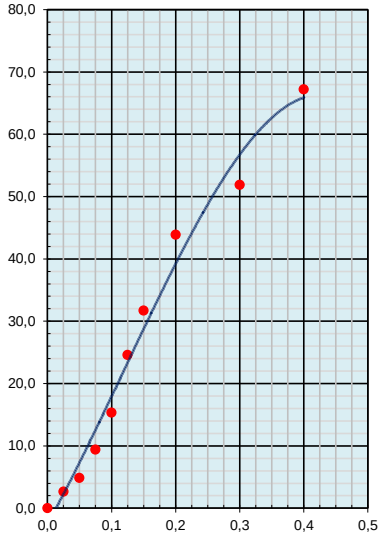
EC = 56 GOLPES

$y = -1854{,}6x^3 + 774{,}8x^2 + 220{,}97x - 2{,}4997$



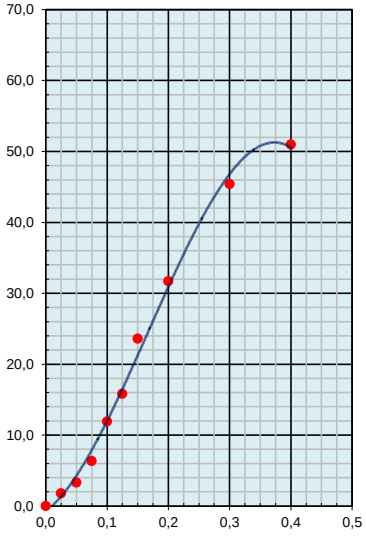
EC = 25 GOLPES

$y = -770{,}75x^3 + 274{,}36x^2 + 184{,}51x - 2{,}4971$



EC = 12 GOLPES

$y = -1524{,}4x^3 + 764{,}7x^2 + 66{,}341x - 0{,}754$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

(NORMA MTC E - 207)

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

CANTERA : Pampa Colorada **RESP. LAB** : S.B.F.

MATERIAL : : De Cantera **TEC. LAB.** : D.A.B.

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara . **FECHA** : 26/06/2015

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ		GRADUACIONES N° 8 - 1 1/2"			
PASA	RETIENE	A			
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1250			
1"	3/4"	1250			
3/4"	1/2"	1250			
1/2"	3/8"	1250			
3/8"	1/4"				
1/4"	No 4				
PESO TOTAL		5000			
PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12		3478			
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO		1522			
Nº DE ESFERAS		12			
PESO DE LAS ESFERAS		5013			
% DE DESGASTE		**30,4**			

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
CANTERA	: Pampa Colorada
MATERIAL	: De Cantera
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 29/06/2015

DATOS DE LA OBRA

MUESTRA : M - 2

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	1000			
TARA + SUELO SECO	:	839			
PESO DEL AGUA	:	161			
PESO DEL SUELO SECO	:	839			
% DE HUMEDAD	:	19,2			**19,2**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

CANTERA : Pampa Colorada

MATERIAL : De Cantera

RESP. LAB : S.B.F.

TEC. LAB. : D.A.B.

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

FECHA : 29/06/2015

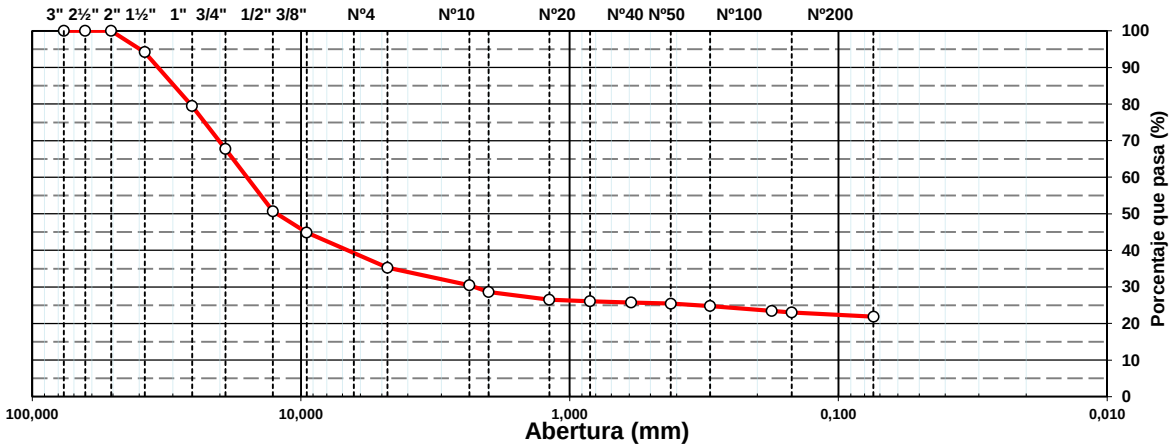
MUESTRA : M - 2

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76,200					PESO TOTAL	=	8984,0	gr
2 1/2"	63,500								
2"	50,800				100,0	PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr
1 1/2"	38,100	521	5,8	5,8	94,2	LIMITE LIQUIDO	=	36,7	%
1"	25,400	1325	14,8	20,6	79,5	LIMITE PLASTICO	=	18,2	%
3/4"	19,100	1052,0	11,7	32,3	67,7	INDICE PLASTICO	=	18,4	%
1/2"	12,700	1532,0	17,1	49,3	50,7	CLASF. AASHTO	=	A-2-6	(1)
3/8"	9,520	524,0	5,8	55,1	44,9	CLASF. SUCS	=	**GC**	
1/4"	6,350								
# 4	4,760	865,0	9,6	64,8	35,2				
# 8	2,360	68,2	4,8	69,6	30,4				
# 10	2,000	25,3	1,8	71,4	28,6				
# 16	1,190	30,2	2,1	73,5	26,5				
# 20	0,840	6,2	0,4	73,9	26,1				
# 30	0,590	5,2	0,4	74,3	25,7				
# 40	0,420	4,1	0,3	74,6	25,4				
# 50	0,300	9,2	0,6	75,2	24,8	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
# 80	0,177	19,2	1,4	76,6	23,4		1000	839	19,2 %
# 100	0,149	6,2	0,4	77,0	23,0				
# 200	0,074	16,2	1,1	78,2	21,8				
< # 200	FONDO	310,0	21,8	100,0	0,0				

Observaciones		Coef. Uniformidad	Indice de Consistencia
TOTAL		Coef. Curvatura	
Descripción suelo:	**GRAVA ARCILLOSA**	Pot. de expansión	

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

CANTERA : Pampa Colorada

MATERIAL : De Cantera

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

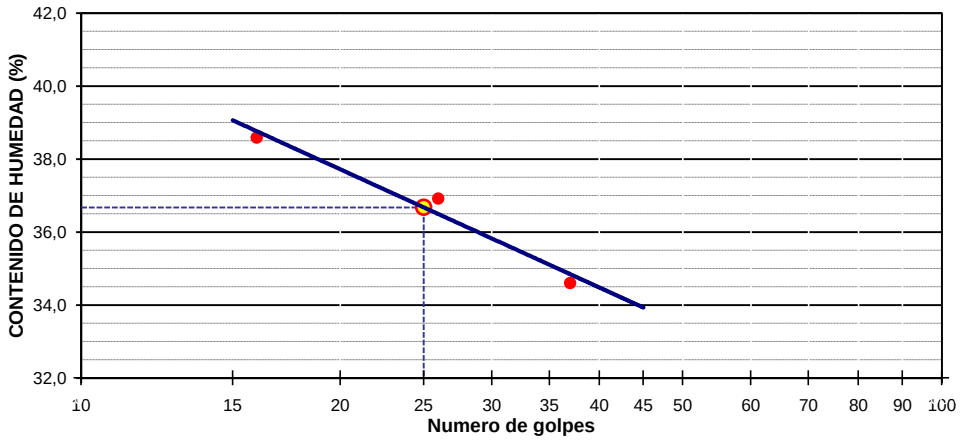
RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 30/06/2015

MUESTRA : M - 2

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	3	6	8	
TARRO + SUELO HUMEDO	33,65	34,62	36,21	
TARRO + SUELO SECO	28,36	29,40	31,02	
AGUA	5,29	5,22	5,19	
PESO DEL TARRO	14,65	15,26	16,02	
PESO DEL SUELO SECO	13,71	14,14	15,00	
% DE HUMEDAD	38,58	36,92	34,60	
Nº DE GOLPES	16	26	37	
LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	12	4		
TARRO + SUELO HUMEDO	14,23	13,62		
TARRO + SUELO SECO	13,02	12,52		
AGUA	1,21	1,10		
PESO DEL TARRO	6,32	6,55		
PESO DEL SUELO SECO	6,70	5,97		
% DE HUMEDAD	18,06	18,43		
LL : 36,7 %	**LP : 18,2 %**		**IP : 18,4 %**	

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
CANTERA	: Pampa Colorada		
MATERIAL	: De Cantera	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	30/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M - 2

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	123,51	115,11			
(2) Peso Tarro + agua + sal	173,51	165,11			
(3) Peso Tarro Seco + sal	123,69	115,30			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,18	0,19			
(5) Peso de Agua (2-3)	50,00	51,20			
(6) Porcentaje de Sal	0,37 %	0,37 %			0,37 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

CANTERA : Pampa Colorada

MATERIAL : De Cantera

RESP. LAB : S.B.F.

TEC. LAB. : D.A.B.

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

FECHA : : 29/06/2015

MUESTRA : M - 2

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

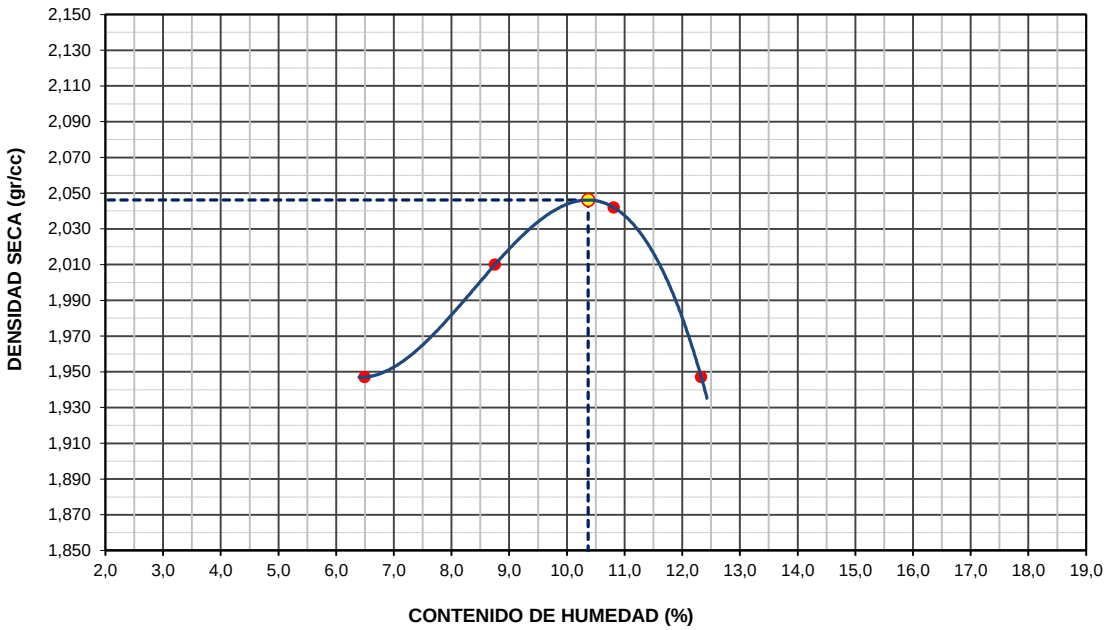
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	11185	11423	11585	11425	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4377	4615	4777	4617	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2,073	2,186	2,263	2,187	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	410,0	410,0	410,0	410,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	385,0	377,0	370,0	365,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	25,0	33,0	40,0	45,0	
PESO DE SUELO SECO	385,0	377,0	370,0	365,0	
CONTENIDO DE AGUA	**6,49**	**8,75**	**10,81**	**12,33**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,947**	**2,010**	**2,042**	**1,947**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2,046 gr/cm^3 | **HUMEDAD OPTIMA: 10,37 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

CANTERA : **Pampa Colorada**

MATERIAL : **De Cantera**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 29-jun-15

MUESTRA : M - 2

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	16		20		28	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12205	12285	12920	13054	12350	12512
PESO DE MOLDE	7406	7406	8316	8316	7931	7931
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4799	4879	4604	4738	4419	4581
VOLUMEN DEL MOLDE	2132	2132	2134	2134	2120	2120
DENSIDAD HÚMEDA	2,251	2,288	2,157	2,220	2,084	2,161
% DE HUMEDAD	10,29	12,36	10,38	14,07	10,46	15,38
DENSIDAD SECA	2,041	2,036	1,954	1,946	1,887	1,873
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0
TARRO + SUELO SECO	272,0	267,0	271,8	263,0	271,6	260,0
PESO DEL AGUA	28,0	33,0	28,2	37,0	28,4	40,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	272,0	267,0	271,8	263,0	271,6	260,0
% DE HUMEDAD	10,29	12,36	10,38	14,07	10,46	15,38

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
29/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30/06/15	10:36	24	14,0	0,36	0,3	24,0	0,61	0,5	35,0	0,89	0,8
01/07/15	10:36	48	26,0	0,66	0,6	40,0	1,02	0,9	51,0	1,30	1,1
02/07/15	10:36	72	38,0	0,97	0,8	54,0	1,37	1,2	66,0	1,68	1,5

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº			16	MOLDE Nº			20	MOLDE Nº			28
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		72,0	4			48,0	2			31,2	2		
0,050		125,0	6			90,0	5			59,0	3		
0,075		286,0	15			172,0	9			120,2	6		
0,100	70,3	432,0	22	37,5	53,4	280,0	14	27,5	39,2	221,0	11	20,7	29,4
0,125		625,0	32			451,0	23			300,0	15		
0,150		802,0	41			586,0	30			421,0	21		
0,200	105,5	1145,0	58	68,8	65,2	802,0	41	48,3	45,8	602,0	31	38,5	36,5
0,300		1432,0	73			935,0	47			824,0	42		
0,400		1702,0	86			1285,0	65			980,0	50		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

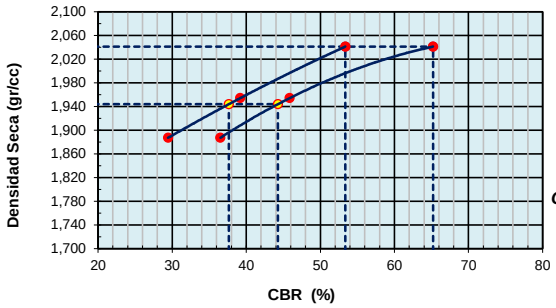
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
CANTERA	: Pampa Colorada
MATERIAL	: De Cantera
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 29-jun-15

MUESTRA : M - 2

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



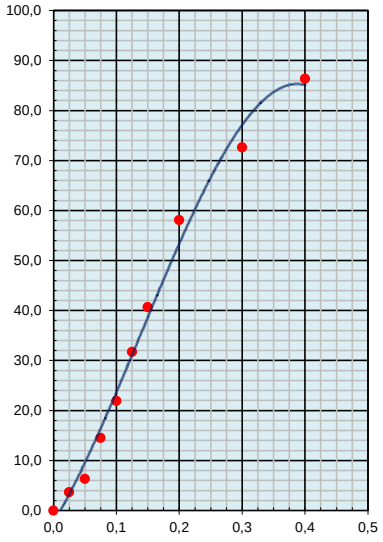
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 53,4**	**0.2": 65,2**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 37,7**	**0.2": 44,3**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2,046	gr/cc
Optimo Humedad	10,37	%

OBSERVACIONES:

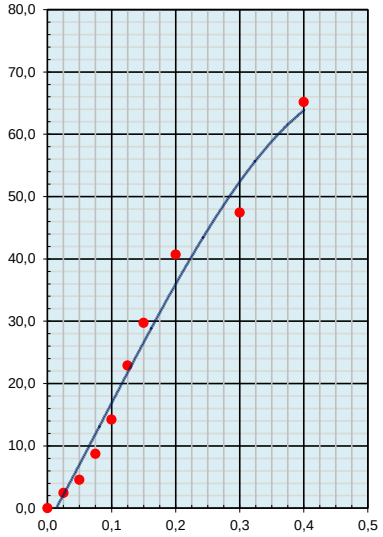
EC = 56 GOLPES

$y = -1621,7x^3 + 672,93x^2 + 209x - 2,3678$



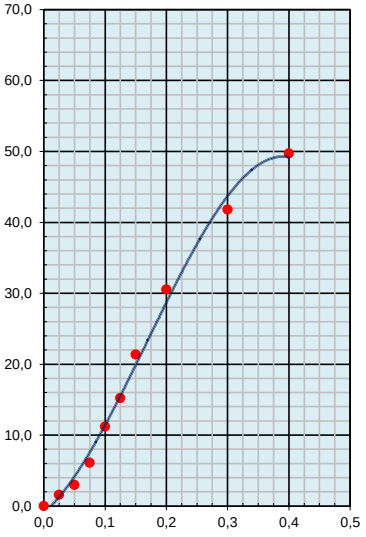
EC = 25 GOLPES

$y = -387,65x^3 + 99,127x^2 + 188,42x - 2,6016$



EC = 12 GOLPES

$y = -1206,2x^3 + 608,94x^2 + 74,754x - 0,9528$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

(NORMA MTC E - 207)

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

CANTERA : Pampa Colorada **RESP. LAB** : S.B.F.

MATERIAL : : De Cantera **TEC. LAB.** : D.A.B.

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara . **FECHA** : 29/06/2015

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ		GRADUACIONES N° 8 - 1 1/2"			
PASA	RETIENE	A			
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1250			
1"	3/4"	1250			
3/4"	1/2"	1250			
1/2"	3/8"	1250			
3/8"	1/4"				
1/4"	No 4				
PESO TOTAL		5000			
PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12		3485			
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO		1515			
Nº DE ESFERAS		12			
PESO DE LAS ESFERAS		5013			
% DE DESGASTE		**30,3**			

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
CANTERA	: De Rio	**RESP. LAB :**	S.B.F.
MATERIAL	: Hormigón Limpio	**TEC. LAB. :**	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	29/06/2015

DATOS DE LA OBRA

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	1000			
TARA + SUELO SECO	:	976			
PESO DEL AGUA	:	24			
PESO DEL SUELO SECO	:	976			
% DE HUMEDAD	:	2,5			**2,5**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

CANTERA : De Rio — **RESP. LAB :** S.B.F.

MATERIAL : Hormigón Limpio — **TEC. LAB. :** D.A.B.

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara . — **FECHA :** 29/06/2015

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				100,0
2"	50,800	1393	19,4	19,4	80,7
1 1/2"	38,100	715	9,9	29,3	70,7
1"	25,400	624	8,7	38,0	62,1
3/4"	19,100	619,0	8,6	46,6	53,5
1/2"	12,700	618,0	8,6	55,1	44,9
3/8"	9,520	287,0	4,0	59,1	40,9
1/4"	6,350				
# 4	4,760	522,0	7,3	66,4	33,6
# 8	2,360	6,9	0,5	66,8	33,2
# 10	2,000	1,4	0,1	66,9	33,1
# 16	1,190	4,5	0,3	67,2	32,8
# 20	0,840	2,5	0,2	67,4	32,6
# 30	0,590	5,6	0,4	67,8	32,2
# 40	0,420	16,0	1,1	68,9	31,1
# 50	0,300	70,1	4,7	73,6	26,4
# 80	0,177	180,5	12,1	85,7	14,3
# 100	0,149	42,0	2,8	88,5	11,5
# 200	0,074	99,1	6,7	95,2	4,8
< # 200	FONDO	71,4	4,8	100,0	0,0

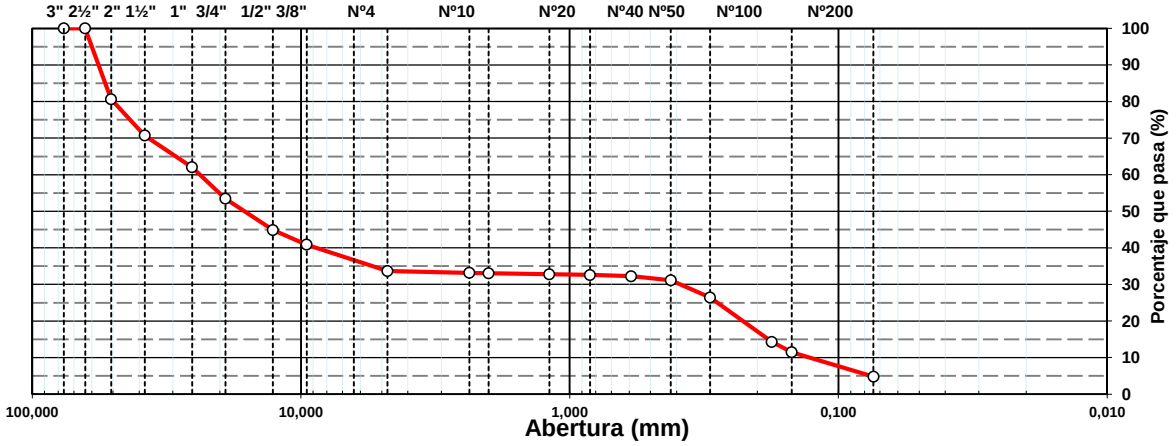
DESCRIPCION DE LA MUESTRA

PESO TOTAL	=	7199,0	gr
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr
LIMITE LIQUIDO	=	16,2	%
LIMITE PLASTICO	=	NP	%
INDICE PLASTICO	=	NP	%
CLASF. AASHTO	=	A-1-b (0)	
CLASF. SUCS	=	**GP**	

% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
	1000	976	2,5 %

Observaciones		Coef. Uniformidad	Indice de Consistencia
TOTAL		Coef. Curvatura	
Descripción suelo:	**GRAVA POBREMENTE GRADADA CON ARENA**	Pot. de expansión	

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

CANTERA : De Rio **RESP. LAB** : S.B.F.

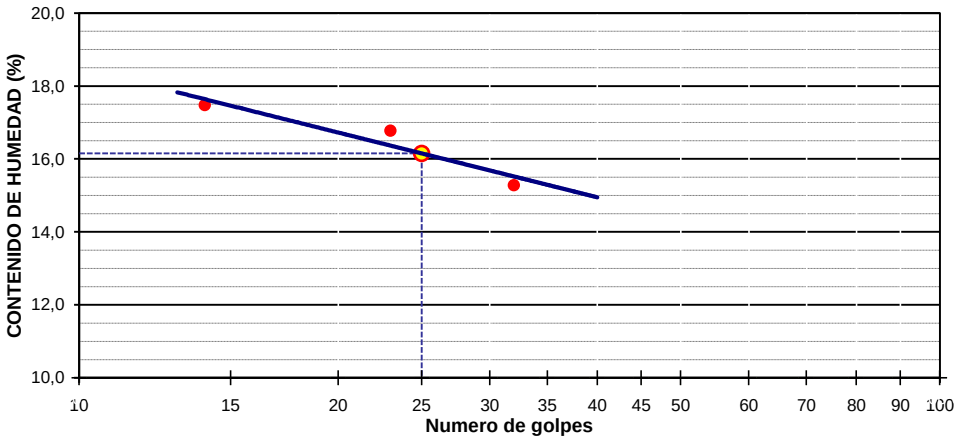
MATERIAL : Hormigón Limpio **TEC. LAB.** : D.A.B.

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara . **FECHA** : 30/06/2015

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	48	38	40	
TARRO + SUELO HUMEDO	34,03	34,53	33,63	
TARRO + SUELO SECO	31,54	31,88	31,00	
AGUA	2,49	2,65	2,63	
PESO DEL TARRO	15,24	16,08	15,95	
PESO DEL SUELO SECO	16,30	15,80	15,05	
% DE HUMEDAD	15,28	16,77	17,48	
Nº DE GOLPES	32	23	14	
LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
LL : 16,2 %	**LP : NP %**		**IP : NP %**	

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba,		
CANTERA	: De Rio	**RESP. LAB :**	S.B.F.
MATERIAL	: Hormigón Limpio	**TEC. LAB. :**	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	30/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	98,56	103,21			
(2) Peso Tarro + agua + sal	148,56	153,21			
(3) Peso Tarro Seco + sal	98,62	103,27			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,06	0,06			
(5) Peso de Agua (2-3)	50,00	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,12 %	0,11 %			0,12 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

DESCRIPCION	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
MATERIAL	: De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara.	**FECHA :**	29/06/2015

DATOS DE LA OBRA

MUESTRA : 01

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	700			
TARA + SUELO SECO	:	640			
PESO DEL AGUA	:	60			
PESO DEL SUELO SECO	:	640			
% DE HUMEDAD	:	9,4			**9,4**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

DESCRIPCION : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

MATERIAL : De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.

RESP. LAB S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 29/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara.

MUESTRA : 01

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION
3"	76,200					
2 1/2"	63,500					
2"	50,800				100,0	100 - 100
1 1/2"	38,100	607	4,5	4,5	95,5	
1"	25,400	1095	8,1	12,6	87,4	90 - 100
3/4"	19,100	1011	7,5	20,1	79,9	65 - 100
1/2"	12,700	1805	13,4	33,5	66,5	
3/8"	9,520	1487	11,0	44,6	55,5	45 - 80
1/4"	6,350					
# 4	4,760	3220,0	23,9	68,4	31,6	30 - 65
# 8	2,360					
# 10	2,000	89,4	5,6	74,1	25,9	22 - 52
# 16	1,190					
# 20	0,840					
# 30	0,590					
# 40	0,420	89,6	5,7	79,7	20,3	15 - 35
# 50	0,300					
# 80	0,177					
# 100	0,149					
# 200	0,074	206,3	13,0	92,8	7,2	5 - 20
< # 200	FONDO	114,7	7,2	100,0		

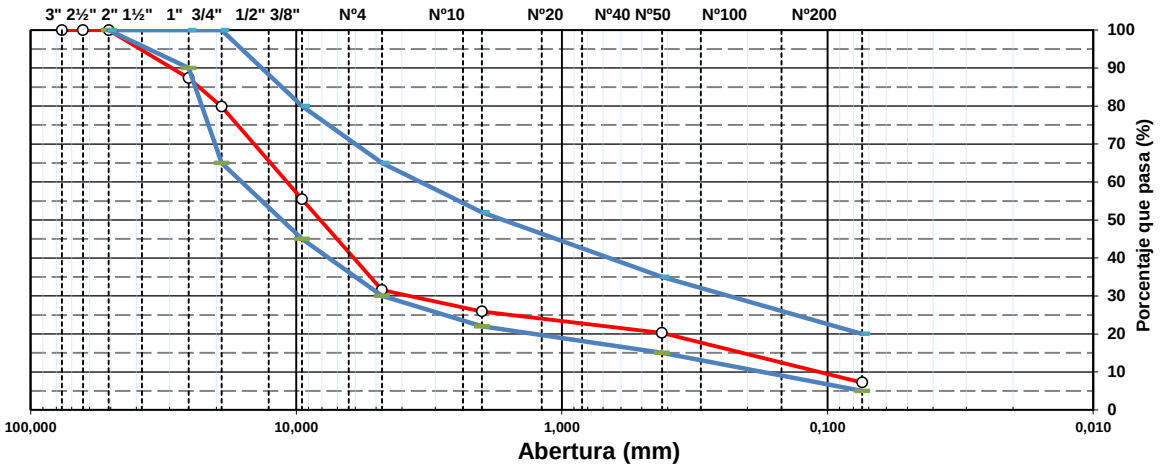
DESCRIPCION DE LA MUESTRA

PESO TOTAL	=	13476	gr
PESO FRACCIÓN FINO	=	500,0	gr
LIMITE LIQUIDO	=	26,5	%
LIMITE PLASTICO	=	18,5	%
INDICE PLASTICO	=	7,9	%
CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)
CLASF. SUCS	=	**GP - GC**	
MAX. DENS. SECA	=	**2,207**	gr/cc
HUMEDAD OPT.	=	**7,77**	%

% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.	
	700	640	9,4	**%**

Observaciones	Coef. Uniformidad		Indice de Consistencia
TOTAL	Coef. Curvatura		
Descripción suelo:	Pot. de expansión		

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

DESCRIPCION : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

MATERIAL : De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.

RESP. LAB S.B.F.

TEC. LAB. : D.A.B.

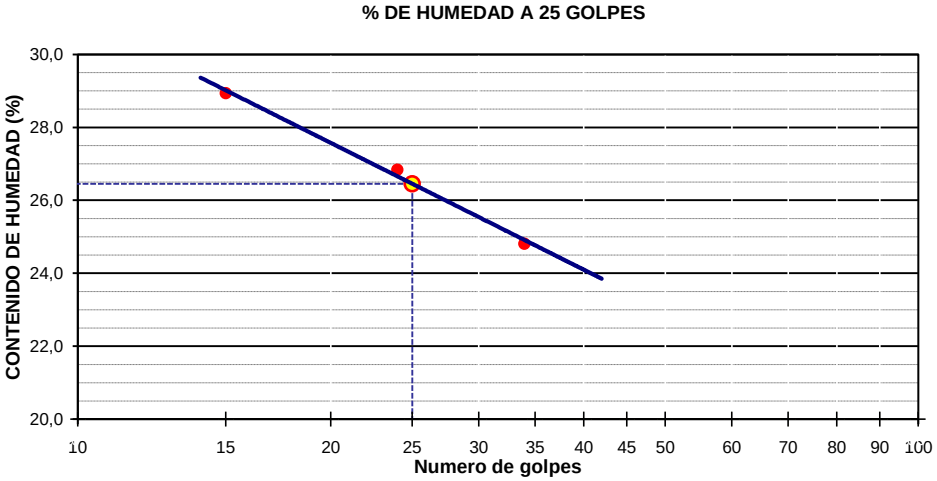
SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara.

FECHA : 29/06/2015

MUESTRA : 01

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	18	45	33	
TARRO + SUELO HUMEDO	39,92	43,18	44,45	
TARRO + SUELO SECO	35,40	37,45	38,15	
AGUA	4,52	5,73	6,30	
PESO DEL TARRO	17,18	16,10	16,38	
PESO DEL SUELO SECO	18,22	21,35	21,77	
% DE HUMEDAD	24,81	26,84	28,94	
Nº DE GOLPES	34	24	15	
LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	5	20		
TARRO + SUELO HUMEDO	16,21	16,38		
TARRO + SUELO SECO	14,90	15,03		
AGUA	1,31	1,35		
PESO DEL TARRO	7,71	7,86		
PESO DEL SUELO SECO	7,19	7,17		
% DE HUMEDAD	18,22	18,83		
LL : 26,5 %	**LP : 18,5 %**		**IP : 7,9 %**	



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

(NORMA MTC E - 207)

DESCRIPCION : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

MATERIAL : De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara.

RESP. LAB S.B.F.

TEC. LAB. : D.A.B.

FECHA : 29/06/2015

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ		GRADUACIONES N° 8 - 1 1/2"			
PASA	RETIENE	A			
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1250			
1"	3/4"	1250			
3/4"	1/2"	1250			
1/2"	3/8"	1250			
3/8"	1/4"				
1/4"	No 4				
PESO TOTAL		5000			
PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12		3516			
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO		1484			
Nº DE ESFERAS		12			
PESO DE LAS ESFERAS		5013			
% DE DESGASTE		**29,7**			

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba,		
UBICACIÓN	: De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
		FECHA :	29/06/2015
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara.		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : 01

AGREGADO GRUESO

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA					
(1) Peso Tarro (Biker 250 ml.) Pyres					
(2) Peso Tarro + agua + sal					
(3) Peso Tarro Seco + sal					
(4) Peso de Sal (3 -1)					
(5) Peso de Agua (2-3)					
(6) Porcentaje de Sal					

AGREGADO FINO

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	98,57	95,26			
(2) Peso Tarro + agua + sal	133,57	130,26			
(3) Peso Tarro Seco + sal	98,64	95,33			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,07	0,07			
(5) Peso de Agua (2-3)	35,00	35,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,20 %	0,21 %			0,21 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

DESCRIPCION : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

MATERIAL : De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 29/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara.

MUESTRA : 01

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

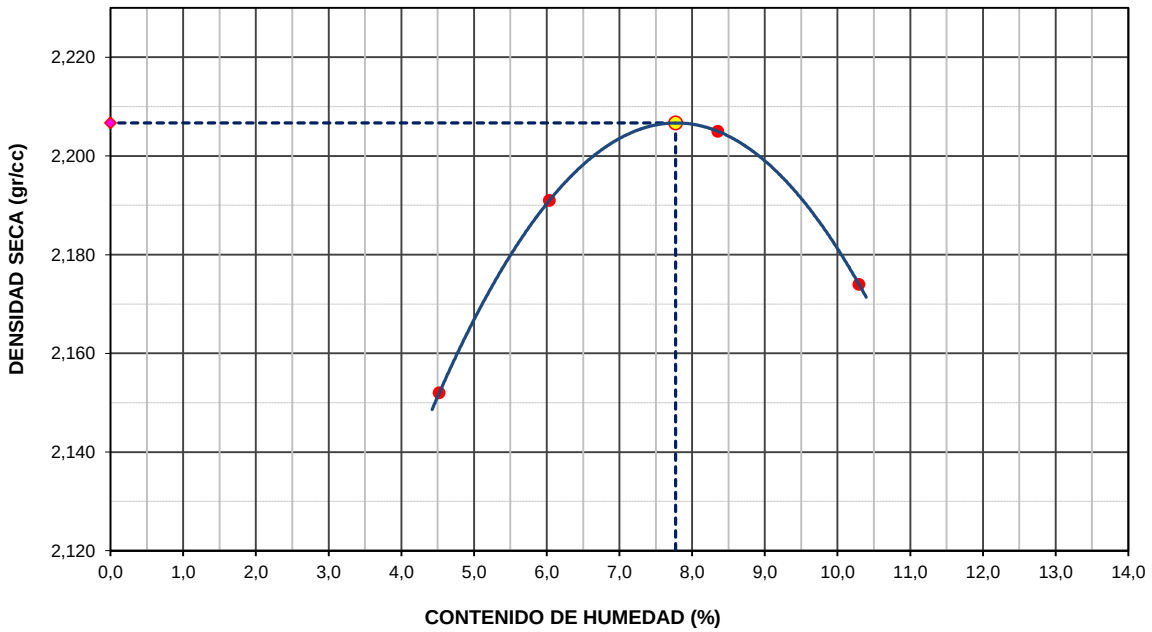
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2114	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6480	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	11234	11392	11530	11548	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4754	4912	5050	5068	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2,249	2,324	2,389	2,397	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	312,0	404,0	428,0	300,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	298,5	381,0	395,0	272,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	13,5	23,0	33,0	28,0	
PESO DE SUELO SECO	298,5	381,0	395,0	272,0	
CONTENIDO DE AGUA	**4,52**	**6,04**	**8,35**	**10,29**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**2,152**	**2,191**	**2,205**	**2,174**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2,207 gr/cm^3 **HUMEDAD OPTIMA: 7,8 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
MTC E-132

DESCRIPCION : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

MATERIAL : **De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara.**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 29-jun-15

MUESTRA : 01
LADO : derecho

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	13		5		4	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	11411	11488	11841	11975	10828	11045
PESO DE MOLDE	6387	6387	7092	7092	6144	6144
PESO DEL SUELO HÚMEDO	5024	5101	4749	4883	4684	4901
VOLUMEN DEL MOLDE	2109	2109	2059	2059	2110	2110
DENSIDAD HÚMEDA	2,382	2,419	2,306	2,372	2,220	2,323
% DE HUMEDAD	7,84	9,34	7,80	11,52	7,74	13,63
DENSIDAD SECA	2,209	2,212	2,139	2,127	2,061	2,044
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.)	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0	550,0
TARRO + SUELO SECO	510,0	503,0	510,2	493,2	510,5	484,0
PESO DEL AGUA	40,0	47,0	39,8	56,8	39,5	66,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	510,0	503,0	510,2	493,2	510,5	484,0
% DE HUMEDAD	7,84	9,34	7,80	11,52	7,74	13,63

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
			DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%

NO EXPANSIVO

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE Nº		13		MOLDE Nº		5		MOLDE Nº		4	
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		193,1	10			83,7	4			54,2	3		
0,050		306,0	16			185,0	9			114,0	6		
0,075		568,0	29			326,0	17			232,0	12		
0,100	70,3	825,0	42	52,6	74,8	514,0	26	38,2	54,4	302,0	15	26,0	37,0
0,125		1165,0	59			784,0	40			465,0	24		
0,150		1401,0	71			954,0	48			632,0	32		
0,200	105,5	1752,0	89	98,3	93,2	1205,0	61	72,4	68,7	806,0	41	49,6	47,0
0,300		2145,0	109			1635,0	83			1125,0	57		
0,400		2545,0	129			1923,4	98			1395,0	71		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

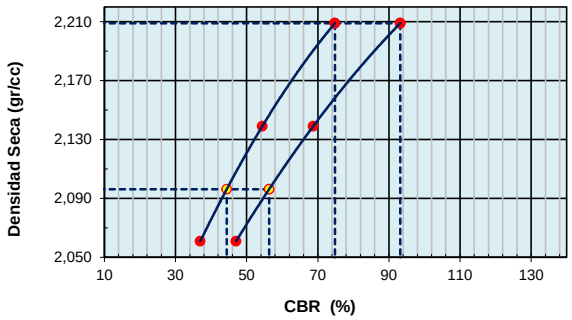
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
MTC E-132

DESCRIPCION	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
UBICACIÓN	: De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara.

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 29-jun-15

MUESTRA : 01
LADO : derecho

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



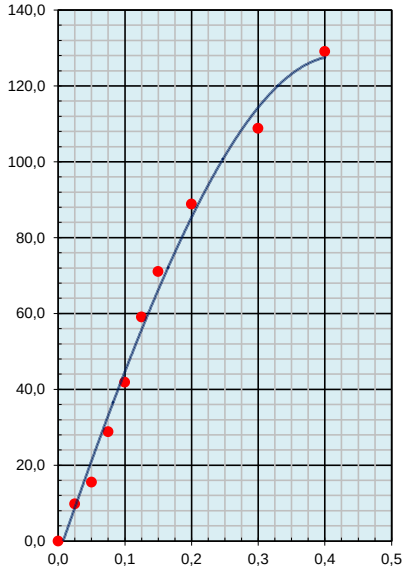
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 74,8**	**0.2": 93,2**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 44,4**	**0.2": 56,3**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2,207	gr/cc
Optimo Humedad	7,77	%

OBSERVACIONES:

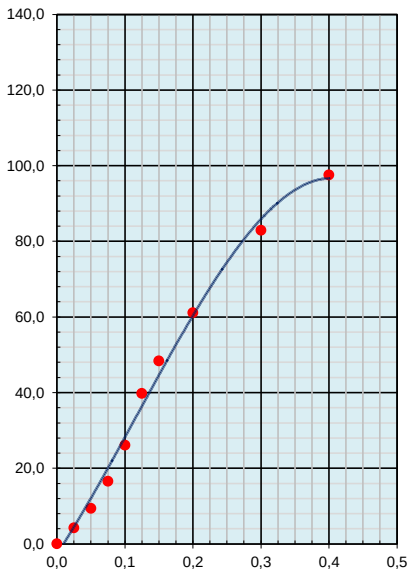
EC = 56 GOLPES

$y = -677{,}26x^3 - 180{,}45x^2 + 508{,}69x - 3{,}7663$



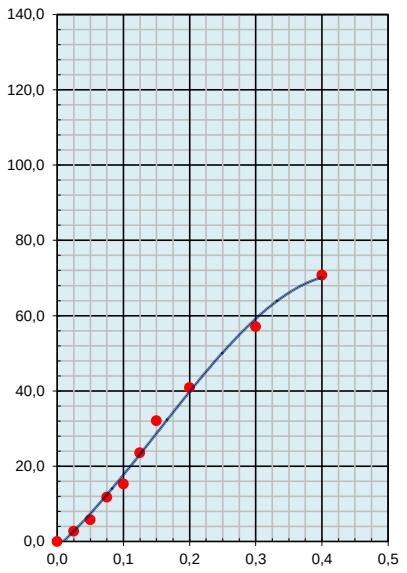
EC = 25 GOLPES

$y = -1331{,}4x^3 + 463{,}85x^2 + 275{,}9x - 2{,}7045$



EC = 12 GOLPES

$y = -943{,}74x^3 + 429{,}69x^2 + 158{,}09x - 1{,}4419$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

DESCRIPCION	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
MATERIAL	: De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	29/06/2015

DATOS DE LA OBRA

MUESTRA : 02

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	700			
TARA + SUELO SECO	:	645			
PESO DEL AGUA	:	55			
PESO DEL SUELO SECO	:	645			
% DE HUMEDAD	:	8,5			**8,5**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

DESCRIPCION : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

MATERIAL : De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.

RESP. LAB S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 29/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

MUESTRA : 02

DATOS DE ENSAYO

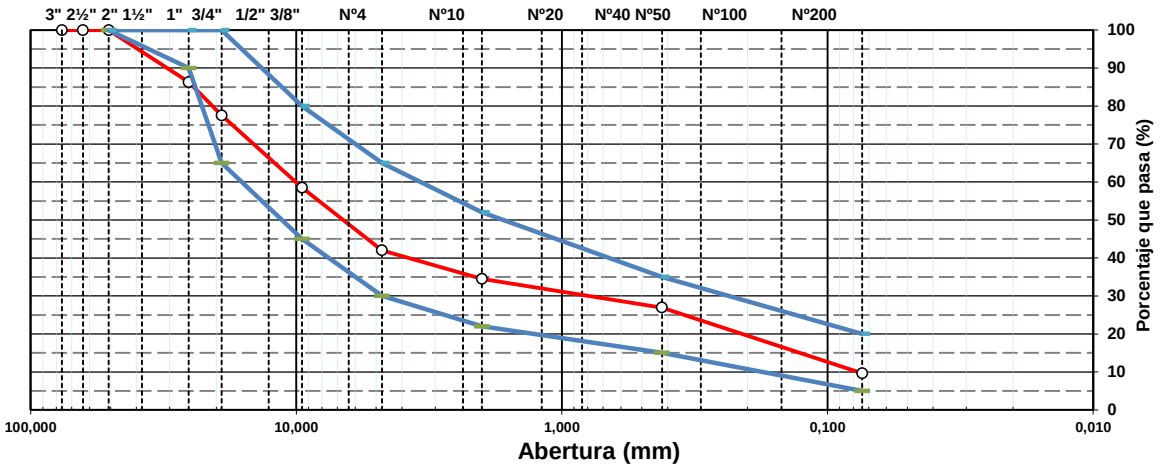
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION
3"	76,200					
2 1/2"	63,500					
2"	50,800				100,0	100 - 100
1 1/2"	38,100	865	5,6	5,6	94,4	
1"	25,400	1265	8,1	13,7	86,3	90 - 100
3/4"	19,100	1362	8,8	22,5	77,6	65 - 100
1/2"	12,700	1724	11,1	33,5	66,5	
3/8"	9,520	1241	8,0	41,5	58,5	45 - 80
1/4"	6,350					
# 4	4,760	2565,0	16,5	58,0	42,0	30 - 65
# 8	2,360					
# 10	2,000	89,4	7,5	65,5	34,5	22 - 52
# 16	1,190					
# 20	0,840					
# 30	0,590					
# 40	0,420	89,6	7,5	73,0	27,0	15 - 35
# 50	0,300					
# 80	0,177					
# 100	0,149					
# 200	0,074	206,3	17,3	90,4	9,6	5 - 20
< # 200	FONDO	114,7	9,6	100,0		

DESCRIPCION DE LA MUESTRA				
PESO TOTAL	=	15554	gr	
PESO FRACCIÓN FINO	=	500,0	gr	
LIMITE LIQUIDO	=	27,2	%	
LIMITE PLASTICO	=	18,7	%	
INDICE PLASTICO	=	8,5	%	
CLASF. AASHTO	=	A-2-4	(0)	
CLASF. SUCS	=	**GP - GC**		
MAX. DENS. SECA	=	**2,216**	gr/cc	
HUMEDAD OPT.	=	**8,32**	%	

% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.	
	700	645	8,5	%

Observaciones	Coef. Uniformidad		Indice de Consistencia
TOTAL	Coef. Curvatura		
Descripción suelo:	Pot. de expansión		

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

DESCRIPCION : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

MATERIAL : De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.

RESP. LAB S.B.F.

TEC. LAB. : D.A.B.

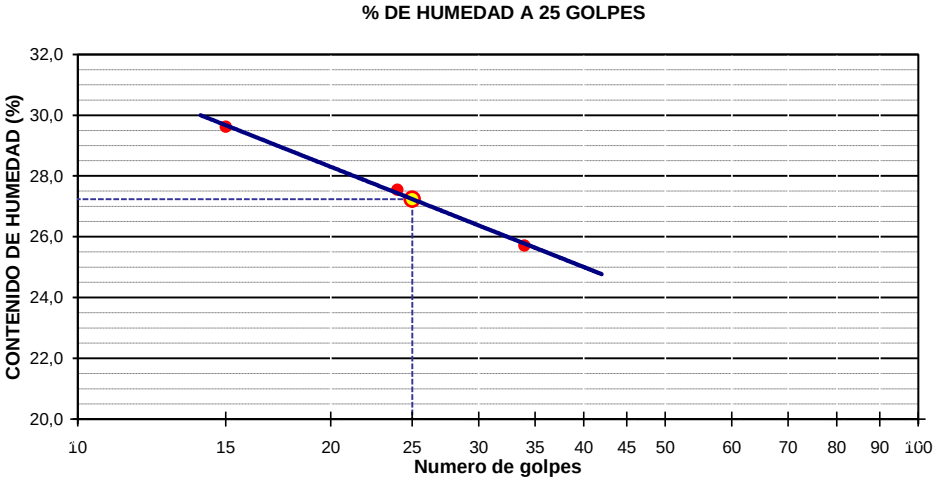
SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

FECHA : 29/06/2015

MUESTRA : 02

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	11	8	21	
TARRO + SUELO HUMEDO	38,76	40,86	41,32	
TARRO + SUELO SECO	34,15	35,75	35,52	
AGUA	4,61	5,11	5,80	
PESO DEL TARRO	16,22	17,20	15,94	
PESO DEL SUELO SECO	17,93	18,55	19,58	
% DE HUMEDAD	25,71	27,55	29,62	
Nº DE GOLPES	34	24	15	
LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	18	5		
TARRO + SUELO HUMEDO	15,34	17,28		
TARRO + SUELO SECO	14,20	15,73		
AGUA	1,14	1,55		
PESO DEL TARRO	8,16	7,36		
PESO DEL SUELO SECO	6,04	8,37		
% DE HUMEDAD	18,87	18,52		
LL : 27,2 %	**LP : 18,7 %**		**IP : 8,5 %**	



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES)

(NORMA MTC E - 207)

DESCRIPCION : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

MATERIAL : De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB S.B.F.

TEC. LAB. : D.A.B.

FECHA : 29/06/2015

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ		GRADUACIONES N° 8 - 1 1/2"			
PASA	RETIENE	A			
3"	2 1/2"				
2 1/2"	2"				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"	1250			
1"	3/4"	1250			
3/4"	1/2"	1250			
1/2"	3/8"	1250			
3/8"	1/4"				
1/4"	No 4				
PESO TOTAL		5000			
PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12		3471			
PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO		1529			
Nº DE ESFERAS		12			
PESO DE LAS ESFERAS		5013			
% DE DESGASTE		**30,6**			

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba,		
UBICACIÓN	: De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
		FECHA :	29/06/2015
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : 02

AGREGADO GRUESO

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA					
(1) Peso Tarro (Biker 250 ml.) Pyres					
(2) Peso Tarro + agua + sal					
(3) Peso Tarro Seco + sal					
(4) Peso de Sal (3 -1)					
(5) Peso de Agua (2-3)					
(6) Porcentaje de Sal					

AGREGADO FINO

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	105,22	98,34			
(2) Peso Tarro + agua + sal	135,22	128,34			
(3) Peso Tarro Seco + sal	105,29	98,41			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,07	0,06			
(5) Peso de Agua (2-3)	30,00	30,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,23 %	0,22 %			0,23 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

DESCRIPCION : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

MATERIAL : De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 29/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

MUESTRA : 02

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

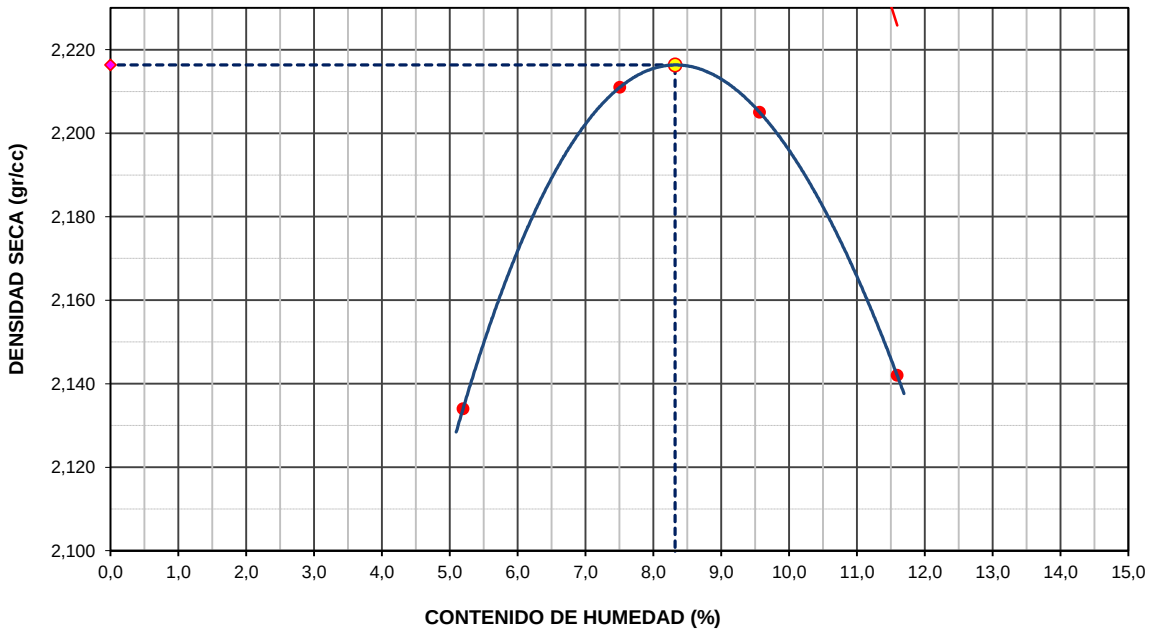
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2114	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6480	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	11226	11505	11588	11533	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4746	5025	5108	5053	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2,245	2,377	2,416	2,390	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	324,0	444,0	481,0	308,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	308,0	413,0	439,0	276,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	16,0	31,0	42,0	32,0	
PESO DE SUELO SECO	308,0	413,0	439,0	276,0	
CONTENIDO DE AGUA	**5,19**	**7,51**	**9,57**	**11,59**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**2,134**	**2,211**	**2,205**	**2,142**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2,216 gr/cm^3 | **HUMEDAD OPTIMA: 8,3 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
MTC E-132

DESCRIPCION : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

MATERIAL : **De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 29-jun-15

MUESTRA : 02
LADO : derecho

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	13		5		4	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	11455	11523	11881	12018	10884	11132
PESO DE MOLDE	6387	6387	7092	7092	6144	6144
PESO DEL SUELO HÚMEDO	5068	5136	4789	4926	4740	4988
VOLUMEN DEL MOLDE	2109	2109	2059	2059	2110	2110
DENSIDAD HÚMEDA	2,403	2,435	2,326	2,392	2,246	2,364
% DE HUMEDAD	8,43	10,29	8,36	12,22	8,28	14,50
DENSIDAD SECA	2,216	2,208	2,147	2,132	2,074	2,065
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.)	450,0	450,0	450,0	450,0	450,0	450,0
TARRO + SUELO SECO	415,0	408,0	415,3	401,0	415,6	393,0
PESO DEL AGUA	35,0	42,0	34,7	49,0	34,4	57,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	415,0	408,0	415,3	401,0	415,6	393,0
% DE HUMEDAD	8,43	10,29	8,36	12,22	8,28	14,50

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSION DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	EXPANSION DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	EXPANSION DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
					NO EXPANSIVO						

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE Nº 13				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 4			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		185,0	9			80,3	4			48,0	2		
0,050		309,0	16			178,2	9			116,0	6		
0,075		545,0	28			305,0	15			225,0	11		
0,100	70,3	802,0	41	51,1	72,7	495,3	25	38,1	54,1	295,0	15	25,1	35,7
0,125		1085,0	55			771,2	39			465,0	24		
0,150		1356,0	69			902,0	46			602,0	31		
0,200	105,5	1702,0	86	94,9	90,0	1195,0	61	71,7	68,0	785,0	40	47,8	45,3
0,300		2018,0	102			1588,0	81			1084,0	55		
0,400		2485,0	126			1887,0	96			1325,0	67		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

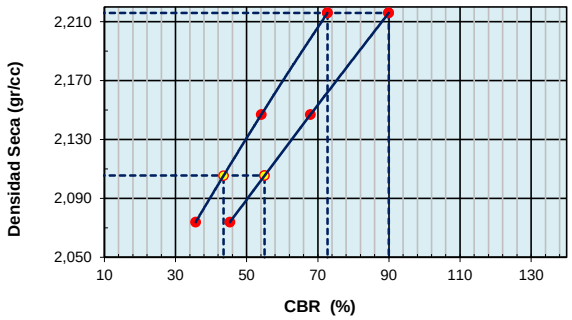
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)
MTC E-132

DESCRIPCION	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
UBICACIÓN	: De Mezcla 50% cantera Pampa Colorada + 50% Hormigon limpio de rio.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 29-jun-15

MUESTRA : 02
LADO : derecho

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

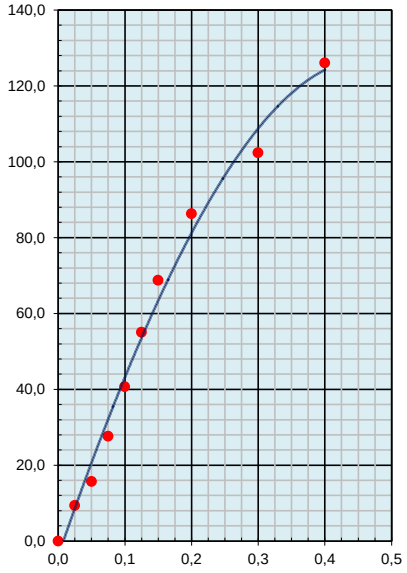


C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 72,7**	**0.2": 90,0**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 43,5**	**0.2": 55,0**

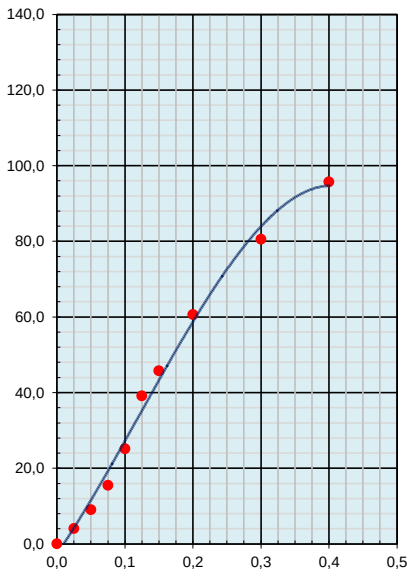
Datos del Proctor		
Densidad Seca	2,216	gr/cc
Optimo Humedad	8,32	%

OBSERVACIONES:

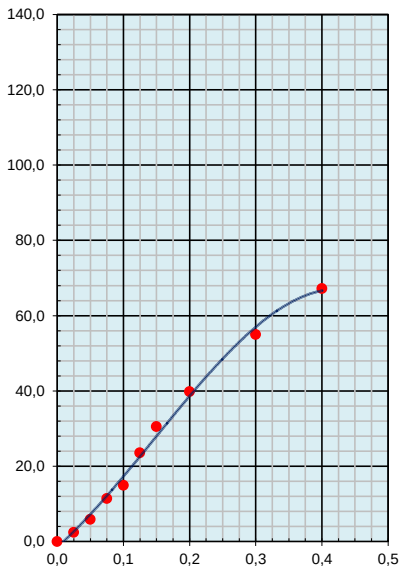
EC = 56 GOLPES
$y = -259{,}99x^3 - 369{,}81x^2 + 509{,}8x - 3{,}87$



EC = 25 GOLPES
$y = -1332{,}4x^3 + 481{,}64x^2 + 264{,}02x - 2{,}6748$



EC = 12 GOLPES
$y = -940{,}61x^3 + 412{,}49x^2 + 155{,}71x - 1{,}453$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

PROYECTO

Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

CUADRO RESUMEN

MUESTRA	CANTERA	HUMEDAD NATURAL	GRANULOMETRIA		CLASIFICACION		LIMITES			SALES (%)	ABRASION	MAXIMA DENSIDAD SECA	HUMEDAD OPTIMA	CBR (95%)	CBR (100%)
			PASA % N°4	PASA % N°200	AASHTO	SUCS	L.L	L.P	I.P						
01	*Pampa Colorada*	18,5	30,5	17,4	*A-2-7(0)*	GC	41,8	24,3	17,5	0,38	30,4	2,020	10,2	38,4	58,8
02	*Pampa Colorada*	19,2	35,2	21,8	*A-2-6(1)*	GC	36,7	18,2	18,4	0,37	30,3	2,046	10,4	37,7	53,4
01	*De Rio*	2,5	33,6	4,8	*A-1.b(0)*	GP	16,152	NP	NP	0,12	_	_	_	_	_
01	*Material de Mezcla*	*9,4*	*31,6*	*7,2*	*A-2-4(0)*	*GP - GC*	*26,5*	*18,5*	*7,9*	*0,21*	*29,7*	*2,207*	*7,8*	*44,4*	*74,8*
02	*Material de Mezcla*	*8,5*	*42,0*	*9,6*	*A-2-4(0)*	*GP - GC*	*27,2*	*18,7*	*8,5*	*0,23*	*30,6*	*2,216*	*8,3*	*43,5*	*72,7*

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos
- Asfalto en Caliente
- Cimentaciones
- Viga Benkelman
- Emulsiones Asfálticas
- Laboratorio
- Concreto
- Canteras
- Autopistas
- Roturas de Testigos
- Proyectos de Canteras
- Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 / 632606 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

Proyecto

Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

JUNIO DEL 2015

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA OBRA VIAL

INFORME TÉCNICO

SOLICITADO POR:

Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

PROYECTO

Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS SAC

EMP – LABORATORIOS

CHICLAYO 2015

INFORME DE MECANICA DE SUELOS

I. INTRODUCCION

II. GENERALIDADES

2.1 OBJETO DEL ESTUDIO

2.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

III. INVESTIGACIONES DE CAMPO

3.1 CALICATAS O POZOS A CIELO ABIERTO

3.2 MUESTREO Y REGISTROS DE EXPLORACION

IV. ENSAYOS DE LABORATORIO

4.1 ENSAYOS REALIZADOS

4.2 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS.

I. Registros de Campo

II. Ensayos de Laboratorio de Suelos

I. INTRODUCCION

El estudio de Mecánica de Suelos es indispensable en todo tipo de obra civil, dado que con éste, se determinan las características físicas mecánicas del suelo donde se desarrollará el proyecto, por tal motivo, se ha contratado los servicios de la empresa Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos SAC, para realizar el Estudio de mecánica de Suelos para el proyecto: "Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015".

II. GENERALIDADES.

2.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente informe es investigar el subsuelo del terreno donde se desarrollará el proyecto, por medio de trabajos de campo a través de calicatas, ensayos de laboratorio estándar y especiales, y labores de gabinete; a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, así como sus propiedades de resistencia y la agresividad química de sus componentes, dando como resultado las recomendaciones generales para el diseño de la estructura del pavimento.

2.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El presente estudio comprende entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas.

III. INVESTIGACIONES DE CAMPO

3.1. CALICATAS O POZOS A CIELO ABIERTO

Se realizaron diez (10) calicatas, designada como C-1, C-2 y C-3…..Y C-10, ubicadas en las siguientes Progresivas.

CALICATA	KILOMETRO
C – 1	0+500
C – 2	1+000
C – 3	1+500
C – 4	2+100
C – 5	2+700
C – 6	3+200

C – 7	3+700
C – 8	4+200
C – 9	4+800
C – 10	5+400

3.2. MUESTREO Y REGISTRO DE EXPLORACIÓN

De las calicatas exploradas se tomó muestra disturbada representativa de los estratos encontrados, para realizar los ensayos de identificación y clasificación e igualmente para el análisis químico de sustancias agresivas al concreto. Además se tomó muestra disturbada para determinar las propiedades mecánicas del suelo y la capacidad de soporte del suelo.

Para lelamente al muestreo se realizaron los registros de exploración, en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, plasticidad, etc. Los formatos se adjuntan en el anexo I.

IV. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los Ensayos de Laboratorio se realizaron en las instalaciones de Servicios de Laboratorios de Suelos y Pavimentos S.A.C, ubicado en la Av. Chiclayo N°1825, P.J. San Miguel del distrito de José Leonardo Ortiz, en donde se encuentra nuestro laboratorio principal y las labores de gabinete en la oficina ubicada en la calle Juan Pablo 682 Urb. Las Brisas – Chiclayo.

4.1 ENSAYOS REALIZADOS

- Análisis Granulométrico por Tamizado, norma ASTM D-422
- Límite Líquido y Límite Plástico, norma ASTM D-4318
- Contenido de Humedad, norma ASTM D-2216
- Contenido de sales solubles, norma MTC 219
- Proctor Modificado, norma MTC E115
- CBR, norma ASTM D-1883

4.2 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

A partir de la muestra ensayada en el Laboratorio, se realizó la clasificación del mismo de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) – Norma ASTM D-2487, la misma que se basa en la granulometría del material y en su plasticidad. Además se realizó la clasificación AASHTO En el siguiente cuadro de resumen, se muestra los resultados de cada ensayo realizado en el laboratorio.

CUADRO RESUMEN

N° CALICATA	PROGRESIVA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	HUMEDAD NATURAL	GRANULOMETRIA		CLASIFICACION		LIMITES			SALES (%)	MAXIMA DENSIDAD SECA	HUMEDAD OPTIMA	CBR (95%)	CBR (100%)
					PASA % N°4	PASA % N°200	AASHTO	SUCS	L.L	L.P	I.P					
01	0+500	M-1	0.00 - 1.50	16,3	97,3	57,0	A-4(5)	CL	29,5	20,4	9,1	0,09	1,854	13,1	5,9	8,5
02	1+000	M-1	0.00 - 1.50	15,3	97,0	53,3	A-4(4)	CL	28,1	19,3	8,8	0,07	1,864	12,5	4,3	8,6
03	1+500	M-1	0.00 - 1.50	11,1	59,8	52,2	A-7-6(11)	CH	55,0	29,2	25,8	0,25	1,754	20,8	4,1	6,9
04	2+100	M-1	0.00 - 1.50	21,7	99,9	96,6	A-7-6(14)	CL	47,8	26,3	21,5	0,19	1,772	16,6	2,7	4,8
05	2+700	M-1	0.00 - 1.50	21,5	99,8	95,5	A-7-6(13)	CL	43,1	23,3	19,8	0,12	1,767	16,4	2,8	4,8
06	3+200	M-1	0.00 - 1.50	12,7	71,9	69,5	A-6(9)	CL	38,5	23,2	15,4	0,05	1,750	15,5	5,8	10,2
07	3+700	M-1	0.00 - 1.50	8,1	51,4	38,3	A-6(1)	GC	35,7	22,4	13,3	0,09	2,069	10,4	7,4	14,2
08	4+200	M-1	0.00 - 1.50	10,7	58,7	46,9	A-6(3)	GC	34,1	22,5	11,7	0,09	2,054	10,5	8,1	15,3
09	4+800	M-1	0.00 - 1.50	12,1	73,8	70,8	A-6(9)	CL	35,6	21,4	14,2	0,07	1,763	16,4	6,2	10,4
10	5+400	M-1	0.00 - 1.50	19,4	99,8	96,2	A-7-6(14)	CL	48,3	26,3	22,0	0,16	1,780	17,6	2,6	4,6

Los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio se adjuntan en el anexo II.

4.3. PERFIL ESTRATIGRAFICO

Según los trabajos de campo y laboratorio, el terreno en estudio presenta el siguiente perfil estratigráfico.

Calicata N°01, km. 0+500

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla arenosa, presenta plasticidad de 9.1%, una humedad natural de 16.3%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

Calicata N°02, km. 1+000

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla arenosa, presenta plasticidad de 8.8%, una humedad natural de 15.3%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

Calicata N°03, km. 1+500

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla gravosa de alta plasticidad, presenta plasticidad de 25.8%, una humedad natural de 11.1%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CH.

Calicata N°04, km. 2+100

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla inorganica, presenta plasticidad de 21.5%, una humedad natural de 21.7%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

Calicata N°05, km. 2+700

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla inorganica, presenta plasticidad de 19.8%, una humedad natural de 21.5%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

Calicata N°06, km. 3+200

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla gravosa con arena, presenta plasticidad de 15.4%, una humedad natural de 12.7%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

Calicata N°07, km. 3+700

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Grava arcillosa, presenta plasticidad de 13.3%, una humedad natural de 8.1%, es de consistencia compacta. Identificada en el sistema SUCS como un GC.

Calicata N°08, km. 4+200

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Grava arcillosa, presenta plasticidad de 11.7%, una humedad natural de 10.7%, es de consistencia compacta. Identificada en el sistema SUCS como un GC.

Calicata N°09, km. 4+800

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla con grava, presenta plasticidad de 14.2%, una humedad natural de 12.1%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

Calicata N°10, km. 5+400

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla inorganica, presenta plasticidad de 22.0%, una humedad natural de 19.4%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las muestras Fueron traídas a Laboratorio por el solicitante.
- El proyecto considera en mejoramiento la transitabilidad Vial a nivel de afirmado, entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas.
- La geodinámica externa no evidencia zonas asociadas a ocurrencias de fenómenos tales como deslizamientos, reptación de suelos, hundimientos, etc., que hagan peligrar el proyecto. Sin embargo se ha podido apreciar varias quebradas que en periodo de lluvias pueden dañar la carretera por presencia de corrientes de agua.
- Del tramo km. 0+000 al km. 3+700 en promedio el suelo esta compuesto de arcillas gravosas con arena, presenta una plasticidad que va de media ha alta, Humedad media y consistencia semi compacto.

- Del tramo km. 3+700 al km. 4+800 en promedio el suelos esta compuesto por grava arcillosa, presenta una plasticidad media, humedad media de consistencia que va de semi compacta a compacta.
- Del tramo km. 4+800 al km. 5+400 en promedio el suelo esta compuesto por arcilla inorgánica, presenta una plasticidad de mia ha alta, humedad mediade consistencia semi compacta.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el tramo km. 0+000 al km. 3+700 el ensayo de CBR al 95% de la máxima densidad seca presenta un promedio de 4.3%, calificada como Debil para sub rasante.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el tramo km. 3+700 al km. 4+800 el ensayo de CBR al 95% de la máxima densidad seca presenta un promedio de 7.2%, calificada como regular para sub rasante.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el tramo km. 4+800 al km. 5+400 el ensayo de CBR al 95% de la máxima densidad seca presenta un promedio de 2.6%, calificada como debil para sub rasante.
- Se recomienda realizar un mejoramiento de la sub rasante en el tramo km. 0+000 al km. 3+700 y tramo km. 4+800 al km. 5+400, un espesor minimo de 0.30cm. dicho mejoramiento será remplasado con material granular de cantera.
- Para el tramo km. 3+700 al km. 4+800, se recomienda cortar hasta el nivel de la sub rasante luego escarificar un espesor minimo de 0.10 cm, humedecer hasta el optimo contenido de humedad de acuerdo al proctor midificado.
- La sub rasante deberá tener una compactación mínima de 95% de acuerdo a la máxima densidad seca, encontrada en laboratorio.
- Una vez trabajada y aprobada la sub rasante, se colocará la capa de afirmado, debidamente compactada, hasta alcanzar el 98% de la máxima densidad seca encontrada en laboratorio.
- El contenido de sales del suelo es de 0.25% que lo califica como insignificante.

- Los materiales a utilizar en cada una de las capas antes mencionadas deberán ser verificadas por control de calidad, a fin que cumplan con los requisitos mínimos establecidos en el RNE.

ANEXOS

ANEXO I REGISTROS DE EXPLORACION

ANEXO II ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS

- ENSAYOS ESTANDAR

- ENSAYOS ESPECIALES

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

PROYECTO

Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

CUADRO RESUMEN

N° CALICATA	PROGRESIVA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	HUMEDAD NATURAL	GRANULOMETRIA		CLASIFICACION		LIMITES			SALES (%)	MAXIMA DENSIDAD SECA	HUMEDAD OPTIMA	CBR (95%)	CBR (100%)
					PASA % N°4	PASA % N°200	AASHTO	SUCS	L.L	L.P	I.P					
01	0+500	M-1	0.00 - 1.50	16,3	97,3	57,0	A-4(5)	CL	29,5	20,4	9,1	0,09	1,854	13,1	5,9	8,5
02	1+000	M-1	0.00 - 1.50	15,3	97,0	53,3	A-4(4)	CL	28,1	19,3	8,8	0,07	1,864	12,5	4,3	8,6
03	1+500	M-1	0.00 - 1.50	11,1	59,8	52,2	A-7-6(11)	CH	55,0	29,2	25,8	0,25	1,754	20,8	4,1	6,9
04	2+100	M-1	0.00 - 1.50	21,7	99,9	96,6	A-7-6(14)	CL	47,8	26,3	21,5	0,19	1,772	16,6	2,7	4,8
05	2+700	M-1	0.00 - 1.50	21,5	99,8	95,5	A-7-6(13)	CL	43,1	23,3	19,8	0,12	1,767	16,4	2,8	4,8
06	3+200	M-1	0.00 - 1.50	12,7	71,9	69,5	A-6(9)	CL	38,5	23,2	15,4	0,05	1,750	15,5	5,8	10,2
07	3+700	M-1	0.00 - 1.50	8,1	51,4	38,3	A-6(1)	GC	35,7	22,4	13,3	0,09	2,069	10,4	7,4	14,2
08	4+200	M-1	0.00 - 1.50	10,7	58,7	46,9	A-6(3)	GC	34,1	22,5	11,7	0,09	2,054	10,5	8,1	15,3
09	4+800	M-1	0.00 - 1.50	12,1	73,8	70,8	A-6(9)	CL	35,6	21,4	14,2	0,07	1,763	16,4	6,2	10,4
10	5+400	M-1	0.00 - 1.50	19,4	99,8	96,2	A-7-6(14)	CL	48,3	26,3	22,0	0,16	1,780	17,6	2,6	4,6

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

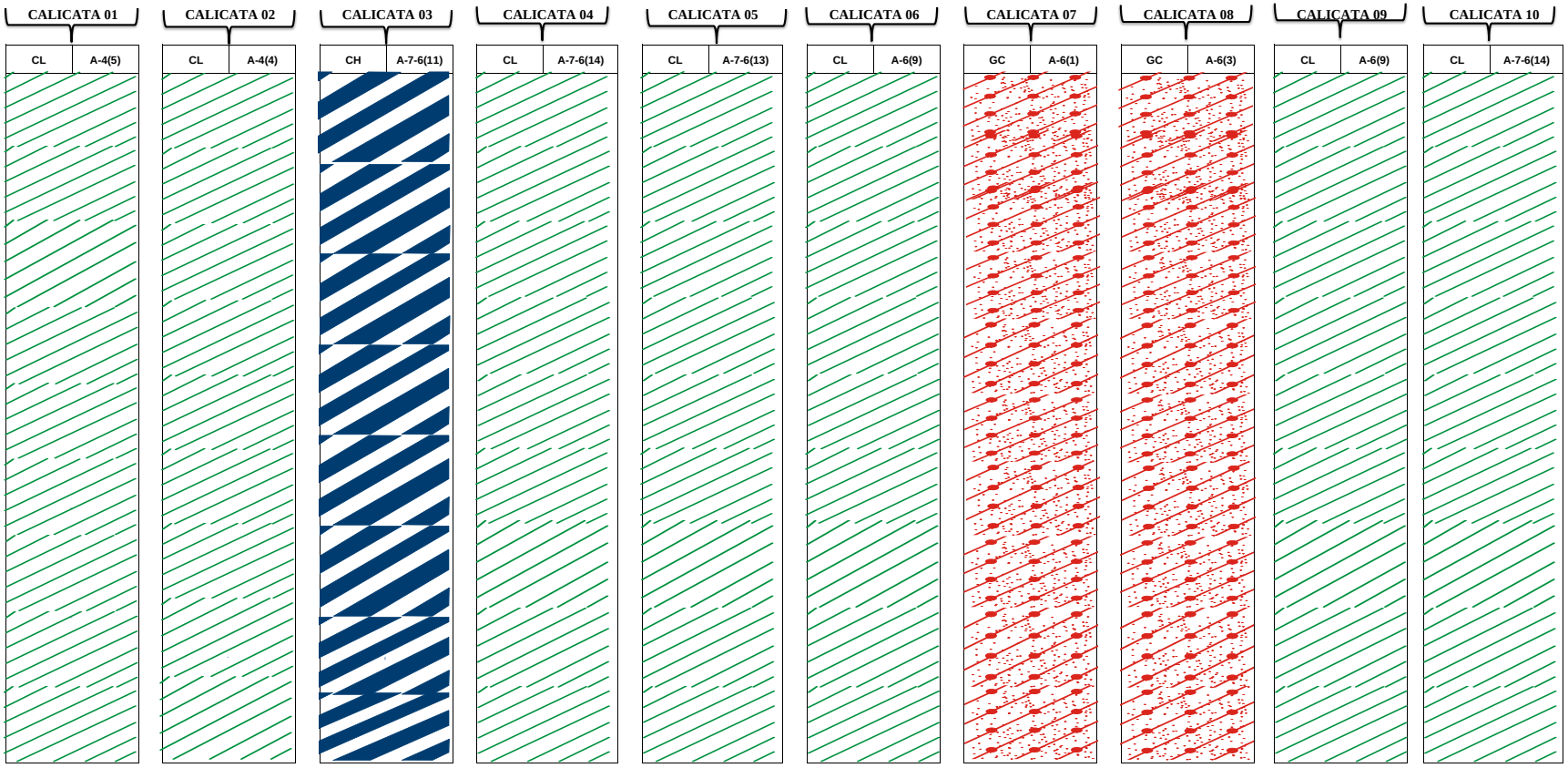
- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

Perfil Estratigrafico

Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 0+500
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25/06/2015

DATOS DE LA OBRA

CALICATA	: 01
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	1000			
TARA + SUELO SECO	:	860			
PESO DEL AGUA	:	140			
PESO DEL SUELO SECO	:	860			
% DE HUMEDAD	:	16,3			**16,3**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 0+500

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 01
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,100				100,0
1/2"	12,700	3,2	0,1	0,1	99,9
3/8"	9,520	16,2	0,5	0,6	99,4
1/4"	6,350				
# 4	4,760	66,2	2,1	2,8	97,3
# 8	2,360	65,2	12,7	15,4	84,6
# 10	2,000	9,6	1,9	17,3	82,7
# 16	1,190	18,2	3,5	20,8	79,2
# 20	0,840	5,2	1,0	21,8	78,2
# 30	0,590	10,2	2,0	23,8	76,2
# 40	0,420	6,5	1,3	25,1	74,9
# 50	0,300	12,3	2,4	27,5	72,5
# 80	0,177	29,2	5,7	33,2	66,8
# 100	0,149	10,2	2,0	35,2	64,8
# 200	0,074	40,2	7,8	43,0	57,0
< # 200	FONDO	293,2	57,0	100,0	0,0

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

PESO TOTAL	=	3103,6	gr
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr
LIMITE LIQUIDO	=	29,5	%
LIMITE PLASTICO	=	20,4	%
INDICE PLASTICO	=	9,1	%
CLASF. AASHTO	=	A-4 (5)	
CLASF. SUCS	=	**CL**	

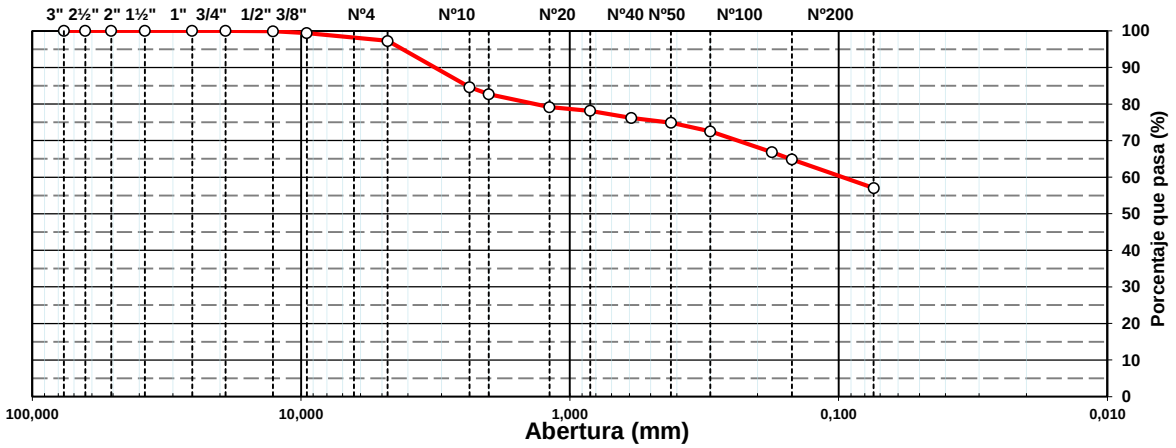
% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
	1000	860	16,3 %

Observaciones
TOTAL

Descripción suelo: **ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD**

Coef. Uniformidad		Indice de Consistencia
Coef. Curvatura		
Pot. de expansión		

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 0+500

MATERIAL : Terreno Existente

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

CALICATA : 01
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

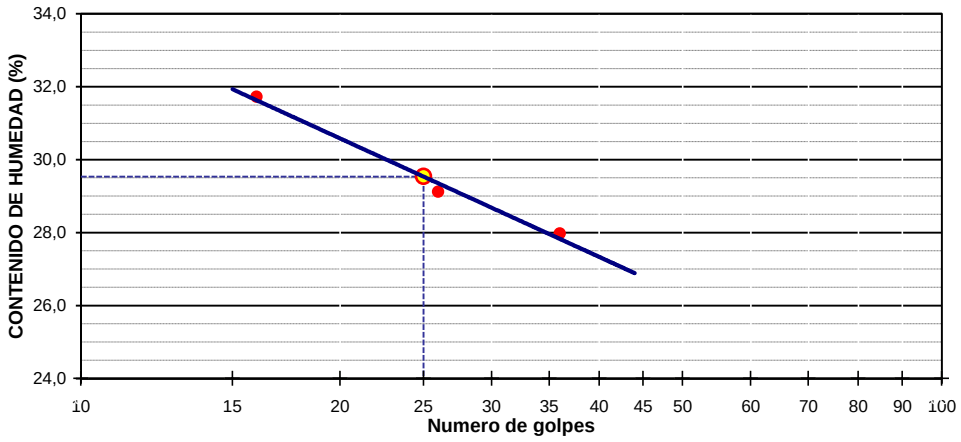
DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	1	3	9	
TARRO + SUELO HUMEDO	30,21	32,15	29,32	
TARRO + SUELO SECO	25,15	27,20	25,60	
AGUA	5,06	4,95	3,72	
PESO DEL TARRO	9,20	10,20	12,30	
PESO DEL SUELO SECO	15,95	17,00	13,30	
% DE HUMEDAD	31,72	29,12	27,97	
Nº DE GOLPES	16	26	36	

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	20	32		
TARRO + SUELO HUMEDO	15,20	14,21		
TARRO + SUELO SECO	14,02	13,55		
AGUA	1,18	0,66		
PESO DEL TARRO	8,25	10,32		
PESO DEL SUELO SECO	5,77	3,23		
% DE HUMEDAD	20,45	20,43		

LL : 29,5 % | **LP : 20,4 %** | **IP : 9,1 %**

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 0+500		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	26/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 01
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	121,30	102,32			
(2) Peso Tarro + agua + sal	171,30	152,32			
(3) Peso Tarro Seco + sal	121,35	102,37			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,05	0,05			
(5) Peso de Agua (2-3)	50,27	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,09 %	0,09 %			0,09 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C
- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 0+500		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB**	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA**	: : 25/06/2015
CALICATA	: 01		
MUESTRA	: M - 1		
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50		

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

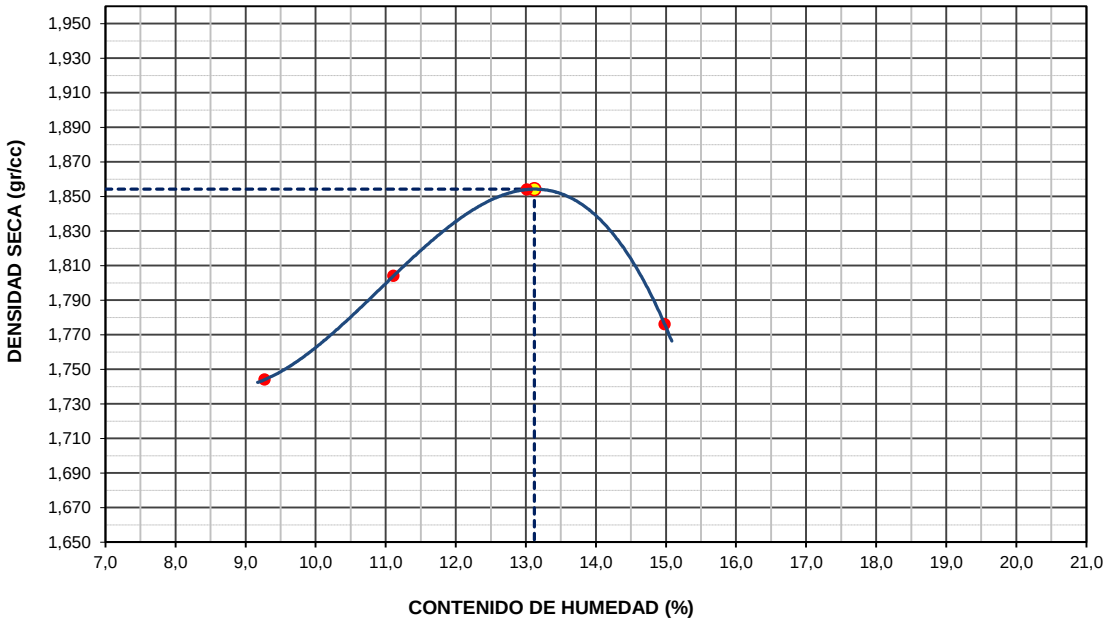
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	10832	11040	11230	11120	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4024	4232	4422	4312	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1,906	2,005	2,095	2,043	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	330,0	330,0	330,0	330,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	302,0	297,0	292,0	287,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	28,0	33,0	38,0	43,0	
PESO DE SUELO SECO	302,0	297,0	292,0	287,0	
CONTENIDO DE AGUA	**9,27**	**11,11**	**13,01**	**14,98**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,744**	**1,804**	**1,854**	**1,776**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1,854 gr/cm^3 | **HUMEDAD OPTIMA: 13,12 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 0+500

MATERIAL : Terreno Existente

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25-jun-15

CALICATA : 01
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	14		15		16	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	10170	10220	11850	11975	11510	11698
PESO DE MOLDE	5709	5709	7576	7576	7406	7406
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4461	4511	4274	4399	4104	4292
VOLUMEN DEL MOLDE	2123	2123	2123	2123	2132	2132
DENSIDAD HÚMEDA	2,101	2,125	2,013	2,072	1,925	2,013
% DE HUMEDAD	13,21	15,07	13,15	17,32	13,12	18,98
DENSIDAD SECA	1,856	1,847	1,779	1,766	1,702	1,692

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	420,0	420,0	420,0	420,0	420,0	420,0
TARRO + SUELO SECO	371,0	365,0	371,2	358,0	371,3	353,0
PESO DEL AGUA	49,0	55,0	48,8	62,0	48,7	67,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	371,0	365,0	371,2	358,0	371,3	353,0
% DE HUMEDAD	13,21	15,07	13,15	17,32	13,12	18,98

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
25/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26/06/15	10:36	24	15,0	0,38	0,3	20,0	0,51	0,4	31,0	0,79	0,7
27/06/15	10:36	48	36,0	0,91	0,8	48,0	1,22	1,1	65,0	1,65	1,4
28/06/15	10:36	72	65,0	1,65	1,4	78,0	1,98	1,7	103,0	2,62	2,3

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº			14	MOLDE Nº			15	MOLDE Nº			16
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		29,3	1			20,0	1			13,2	1		
0,050		86,2	4			62,0	3			28,6	1		
0,075		102,0	5			82,3	4			42,0	2		
0,100	70,3	132,0	7	6,0	8,5	98,2	5	4,5	6,3	60,0	3	3,2	4,5
0,125		165,0	8			108,2	5			82,0	4		
0,150		210,0	11			145,0	7			89,0	5		
0,200	105,5	232,0	12	11,4	10,8	178,0	9	8,4	8,0	108,0	5	5,7	5,4
0,300		285,0	14			215,3	11			128,2	7		
0,400		306,0	16			236,2	12			142,2	7		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

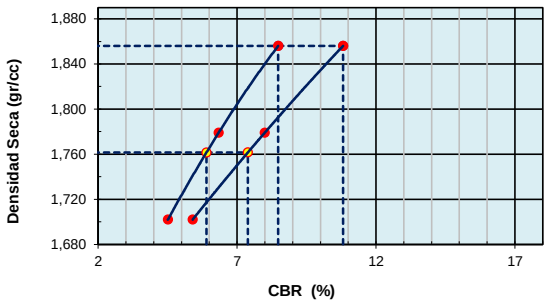
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 0+500
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25-jun-15

CALICATA	: 01
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



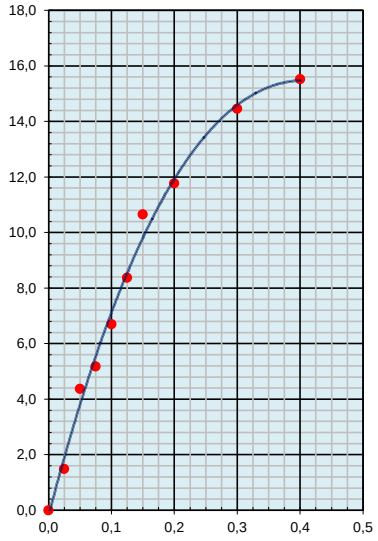
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 8,5**	**0.2": 10,8**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 5,9**	**0.2": 7,4**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1,854	gr/cc
Optimo Humedad	13,12	%

OBSERVACIONES:

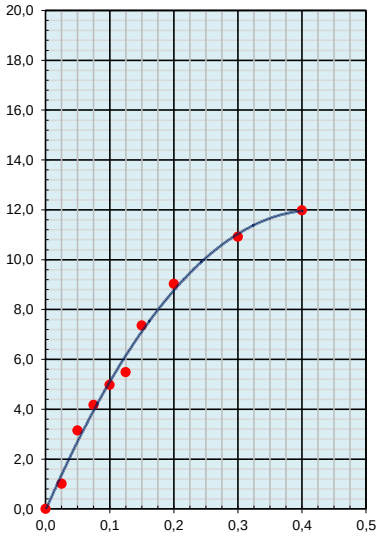
EC = 56 GOLPES

$y = 60{,}555x^3 - 143{,}43x^2 + 86{,}86x - 0{,}1938$



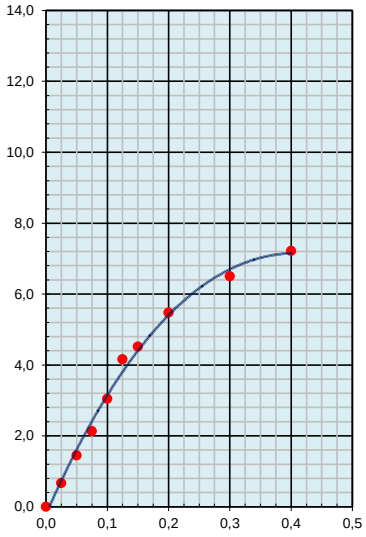
EC = 25 GOLPES

$y = 11{,}355x^3 - 77{,}172x^2 + 59{,}088x - 0{,}0543$



EC = 12 GOLPES

$y = 21{,}483x^3 - 61{,}223x^2 + 39{,}462x - 0{,}2108$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 1+000
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25/06/2015

DATOS DE LA OBRA

CALICATA	: 02
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	1100			
TARA + SUELO SECO	:	954			
PESO DEL AGUA	:	146			
PESO DEL SUELO SECO	:	954			
% DE HUMEDAD	:	15,3			**15,3**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 1+000

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 02
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,100				100,0
1/2"	12,700	4,8	0,2	0,2	99,9
3/8"	9,520	13,9	0,5	0,6	99,4
1/4"	6,350				
# 4	4,760	75,6	2,4	3,0	97,0
# 8	2,360	72,4	14,0	17,1	82,9
# 10	2,000	8,3	1,6	18,7	81,3
# 16	1,190	15,3	3,0	21,6	78,4
# 20	0,840	7,0	1,4	23,0	77,0
# 30	0,590	8,0	1,6	24,6	75,4
# 40	0,420	8,0	1,6	26,1	73,9
# 50	0,300	15,6	3,0	29,1	70,9
# 80	0,177	31,2	6,1	35,2	64,8
# 100	0,149	13,3	2,6	37,8	62,2
# 200	0,074	46,2	9,0	46,7	53,3
< # 200	FONDO	274,7	53,3	100,0	0,0

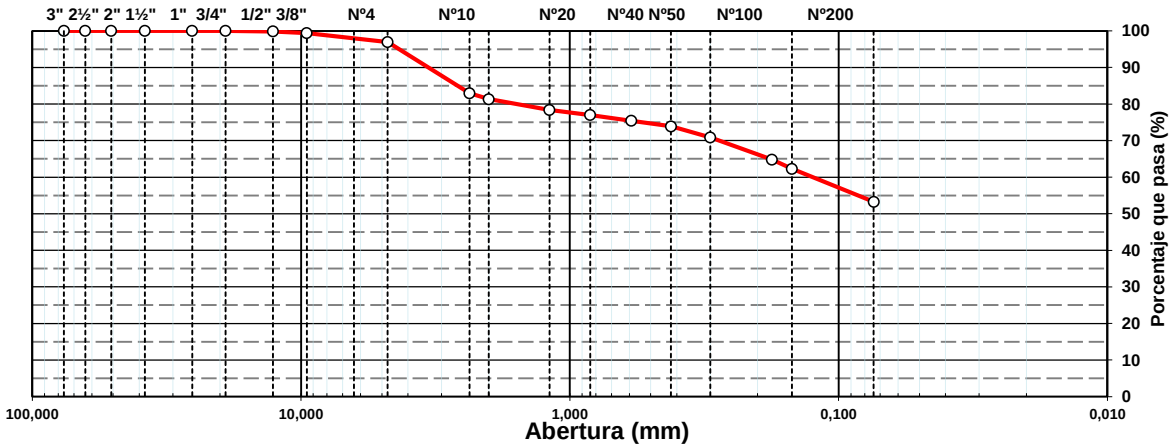
DESCRIPCION DE LA MUESTRA

PESO TOTAL	=	3112,3	gr
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr
LIMITE LIQUIDO	=	28,1	%
LIMITE PLASTICO	=	19,3	%
INDICE PLASTICO	=	8,8	%
CLASF. AASHTO	=	A-4	(4)
CLASF. SUCS	=	**CL**	

% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
	1100	954	15,3 %

Observaciones		Coef. Uniformidad	Indice de Consistencia
TOTAL		Coef. Curvatura	
Descripción suelo:	**ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD**	Pot. de expansión	

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 1+000

MATERIAL : Terreno Existente

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

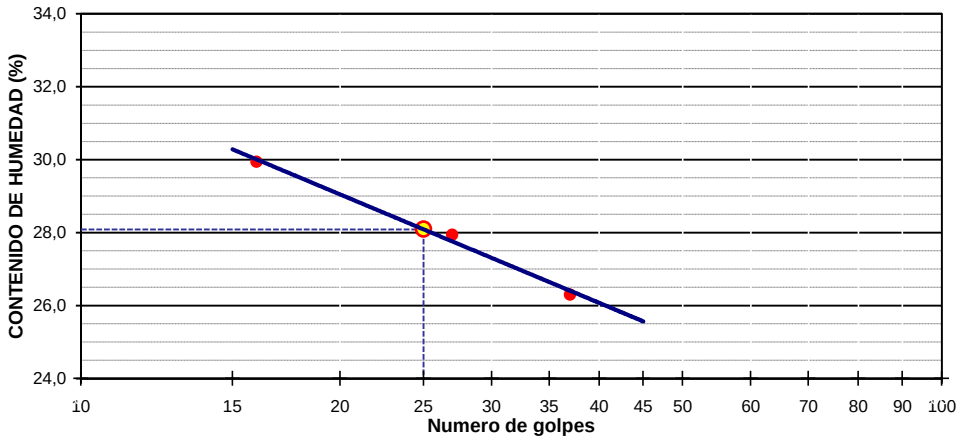
RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

CALICATA : 02
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	33	16	18	
TARRO + SUELO HUMEDO	29,80	22,03	25,08	
TARRO + SUELO SECO	24,95	19,18	21,68	
AGUA	4,85	2,85	3,40	
PESO DEL TARRO	8,75	8,98	8,75	
PESO DEL SUELO SECO	16,20	10,20	12,93	
% DE HUMEDAD	29,94	27,94	26,30	
Nº DE GOLPES	16	27	37	
LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	12	10		
TARRO + SUELO HUMEDO	21,79	19,05		
TARRO + SUELO SECO	20,22	17,62		
AGUA	1,57	1,43		
PESO DEL TARRO	12,10	10,21		
PESO DEL SUELO SECO	8,12	7,41		
% DE HUMEDAD	19,33	19,30		
LL : 28,1 %	**LP : 19,3 %**		**IP : 8,8 %**	

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 1+000		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	26/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 02
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	98,96	102,32			
(2) Peso Tarro + agua + sal	148,96	152,32			
(3) Peso Tarro Seco + sal	99,00	102,36			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,04	0,04			
(5) Peso de Agua (2-3)	50,27	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,07 %	0,08 %			0,07 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 1+000		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB**	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA**	: : 25/06/2015

CALICATA : 02
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

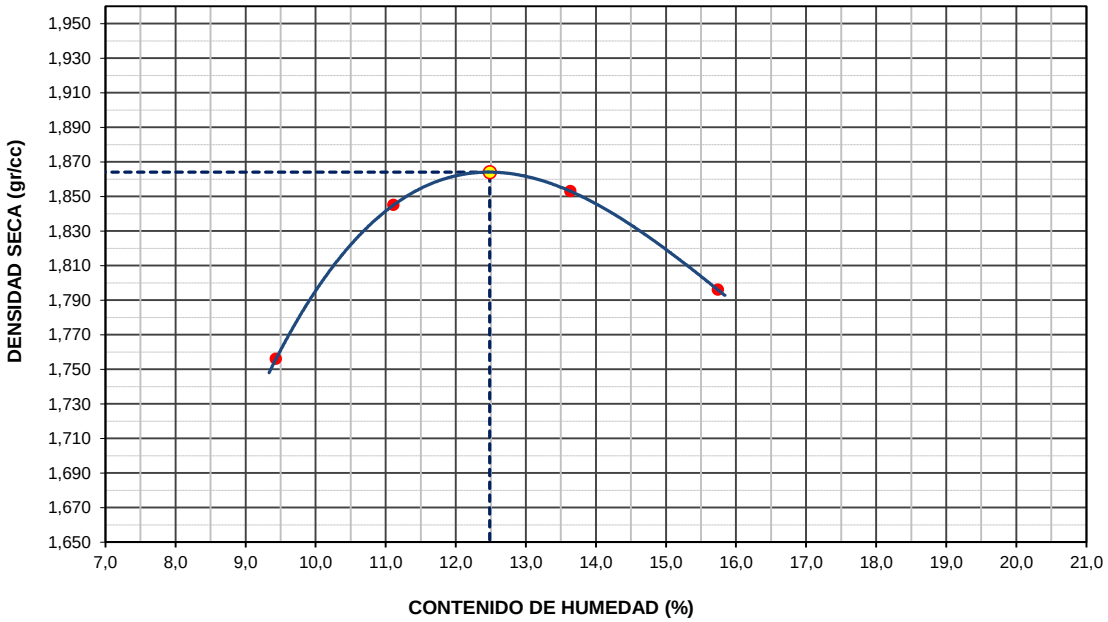
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	10865	11135	11253	11197	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4057	4327	4445	4389	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1,922	2,050	2,106	2,079	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	232,0	200,0	200,0	250,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	212,0	180,0	176,0	216,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	20,0	20,0	24,0	34,0	
PESO DE SUELO SECO	212,0	180,0	176,0	216,0	
CONTENIDO DE AGUA	**9,43**	**11,11**	**13,64**	**15,74**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,756**	**1,845**	**1,853**	**1,796**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1,864 gr/cm^3 | **HUMEDAD OPTIMA: 12,48 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

PROGRESIVA : **km. 1+000**

MATERIAL : **Terreno Existente**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25-jun-15

CALICATA : 02
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	22		7		12	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12755	12785	11955	12084	11971	12175
PESO DE MOLDE	8299	8299	7631	7631	8045	8045
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4456	4486	4324	4453	3926	4130
VOLUMEN DEL MOLDE	2119	2119	2143	2143	2025	2025
DENSIDAD HÚMEDA	2,103	2,117	2,018	2,078	1,939	2,040
% DE HUMEDAD	12,58	14,29	12,49	16,62	12,42	19,05
DENSIDAD SECA	1,868	1,852	1,794	1,782	1,725	1,714
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0
TARRO + SUELO SECO	355,3	350,0	355,6	343,0	355,8	336,0
PESO DEL AGUA	44,7	50,0	44,4	57,0	44,2	64,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	355,3	350,0	355,6	343,0	355,8	336,0
% DE HUMEDAD	12,58	14,29	12,49	16,62	12,42	19,05

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
25/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26/06/15	10:36	24	12,0	0,30	0,3	17,0	0,43	0,4	28,0	0,71	0,6
27/06/15	10:36	48	38,0	0,97	0,8	45,0	1,14	1,0	61,0	1,55	1,3
28/06/15	10:36	72	63,0	1,60	1,4	73,0	1,85	1,6	97,0	2,46	2,1

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº			22	MOLDE Nº			7	MOLDE Nº			12
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		32,5	2			29,7	2			15,2	1		
0,050		82,2	4			45,0	2			28,2	1		
0,075		105,0	5			62,0	3			34,2	2		
0,100	70,3	128,0	6	6,0	8,6	85,0	4	3,5	5,0	40,2	2	2,2	3,1
0,125		152,0	8			105,0	5			55,2	3		
0,150		182,0	9			123,0	6			62,3	3		
0,200	105,5	237,0	12	11,2	10,6	145,0	7	6,9	6,5	78,6	4	3,8	3,6
0,300		285,0	14			182,0	9			88,2	4		
0,400		321,0	16			215,0	11			98,2	5		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

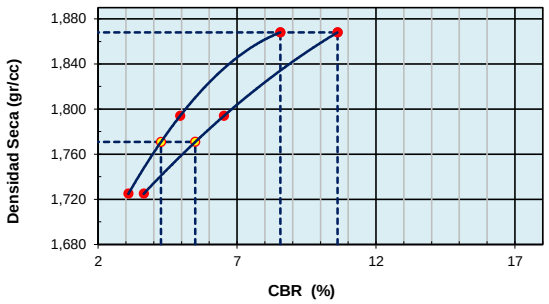
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 1+000
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25-jun-15

CALICATA	: 02
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



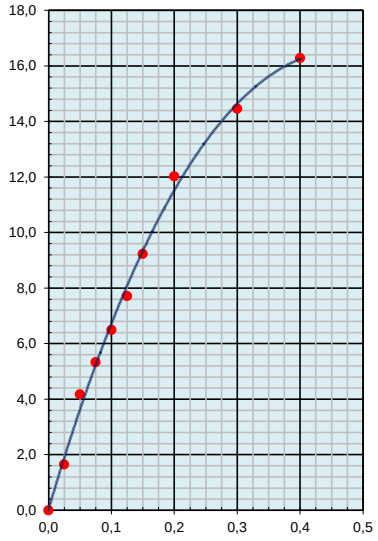
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 8,6**	**0.2": 10,6**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 4,3**	**0.2": 5,5**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1,864	gr/cc
Optimo Humedad	12,48	%

OBSERVACIONES:

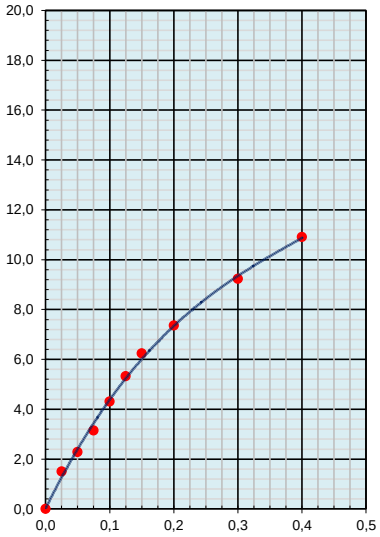
EC = 56 GOLPES

$y = 31{,}848x^3 - 103{,}72x^2 + 76{,}937x + 0{,}0311$



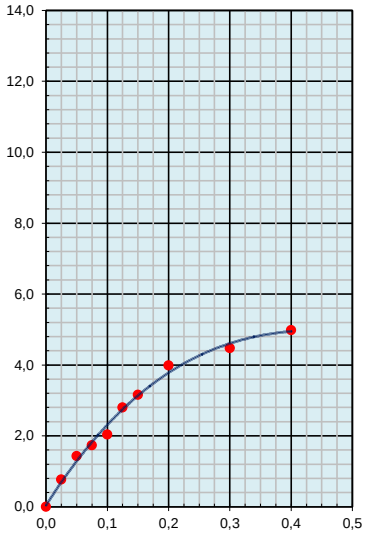
EC = 25 GOLPES

$y = 76{,}354x^3 - 93{,}154x^2 + 52{,}177x + 0{,}018$



EC = 12 GOLPES

$y = 25{,}997x^3 - 47{,}663x^2 + 27{,}169x + 0{,}0443$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 1+500
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25/06/2015

DATOS DE LA OBRA

CALICATA	: 03
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	2000			
TARA + SUELO SECO	:	1800			
PESO DEL AGUA	:	200			
PESO DEL SUELO SECO	:	1800			
% DE HUMEDAD	:	11,1			**11,1**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 1+500

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 03
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

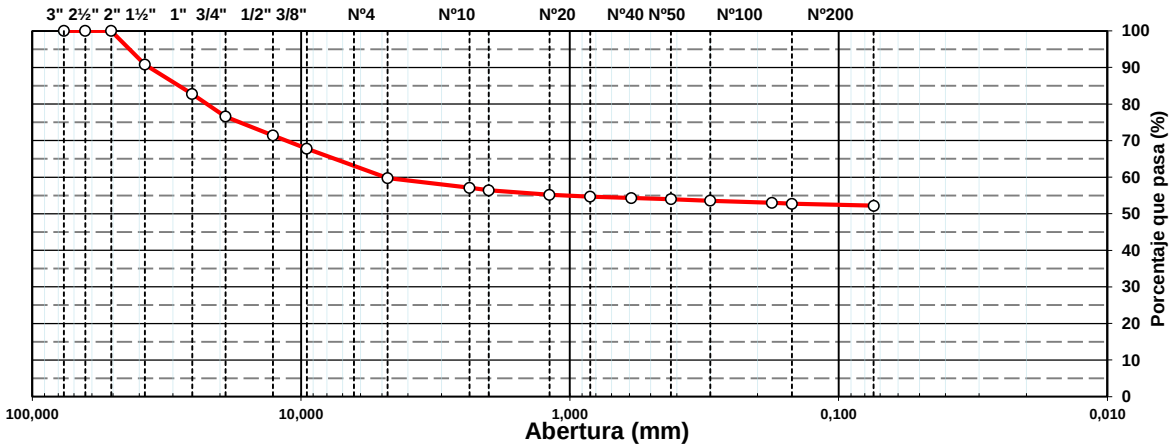
DATOS DE ENSAYO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				100,0
1 1/2"	38,100	152	9,2	9,2	90,8
1"	25,400	132	8,0	17,2	82,8
3/4"	19,100	102,0	6,2	23,4	76,6
1/2"	12,700	85,0	5,2	28,6	71,4
3/8"	9,520	60,0	3,6	32,2	67,8
1/4"	6,350				
# 4	4,760	132,0	8,0	40,2	59,8
# 8	2,360	22,2	2,7	42,9	57,1
# 10	2,000	5,9	0,7	43,6	56,4
# 16	1,190	10,1	1,2	44,8	55,2
# 20	0,840	4,1	0,5	45,3	54,7
# 30	0,590	3,4	0,4	45,7	54,3
# 40	0,420	2,7	0,3	46,0	54,0
# 50	0,300	3,4	0,4	46,4	53,6
# 80	0,177	5,0	0,6	47,0	53,0
# 100	0,149	2,0	0,2	47,3	52,7
# 200	0,074	4,5	0,5	47,8	52,2
< # 200	FONDO	436,7	52,2	100,0	0,0

DESCRIPCION DE LA MUESTRA				
PESO TOTAL	=	1647,0	gr	
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr	
LIMITE LIQUIDO	=	55,0	%	
LIMITE PLASTICO	=	29,2	%	
INDICE PLASTICO	=	25,8	%	
CLASF. AASHTO	=	A-7-6	(11)	
CLASF. SUCS	=	**CH**		
% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.	
	2000	1800	11,1	**%**

Observaciones	Coef. Uniformidad		Indice de Consistencia
TOTAL	Coef. Curvatura		
Descripción suelo: ARCILLA GRAVOSA DE ALTA PLASTICIDAD CON AREN	Pot. de expansión		

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 1+500

MATERIAL : Terreno Existente

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

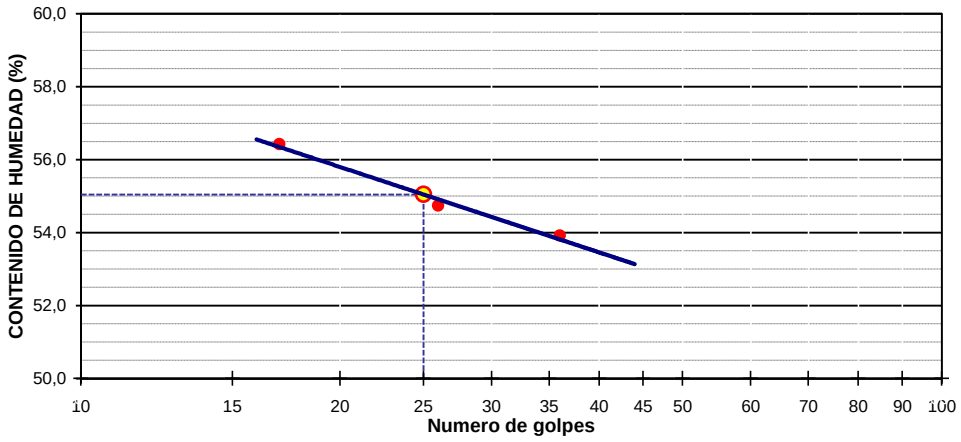
RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

CALICATA : 03
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	41	28	31	
TARRO + SUELO HUMEDO	38,28	36,83	24,51	
TARRO + SUELO SECO	30,29	29,49	17,90	
AGUA	7,99	7,34	6,61	
PESO DEL TARRO	16,13	16,08	5,64	
PESO DEL SUELO SECO	14,16	13,41	12,26	
% DE HUMEDAD	56,43	54,74	53,92	
Nº DE GOLPES	17	26	36	
LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	12	13		
TARRO + SUELO HUMEDO	16,64	18,82		
TARRO + SUELO SECO	14,47	16,38		
AGUA	2,17	2,44		
PESO DEL TARRO	7,06	8,02		
PESO DEL SUELO SECO	7,41	8,36		
% DE HUMEDAD	29,28	29,19		
LL : 55,0 %	**LP : 29,2 %**		**IP : 25,8 %**	

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 1+500		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	26/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 03
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	91,46	96,00			
(2) Peso Tarro + agua + sal	141,46	146,00			
(3) Peso Tarro Seco + sal	91,59	96,12			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,13	0,12			
(5) Peso de Agua (2-3)	50,00	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,25 %	0,24 %			0,25 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 1+500		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB**	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA**	: : 25/06/2015

CALICATA : 03
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

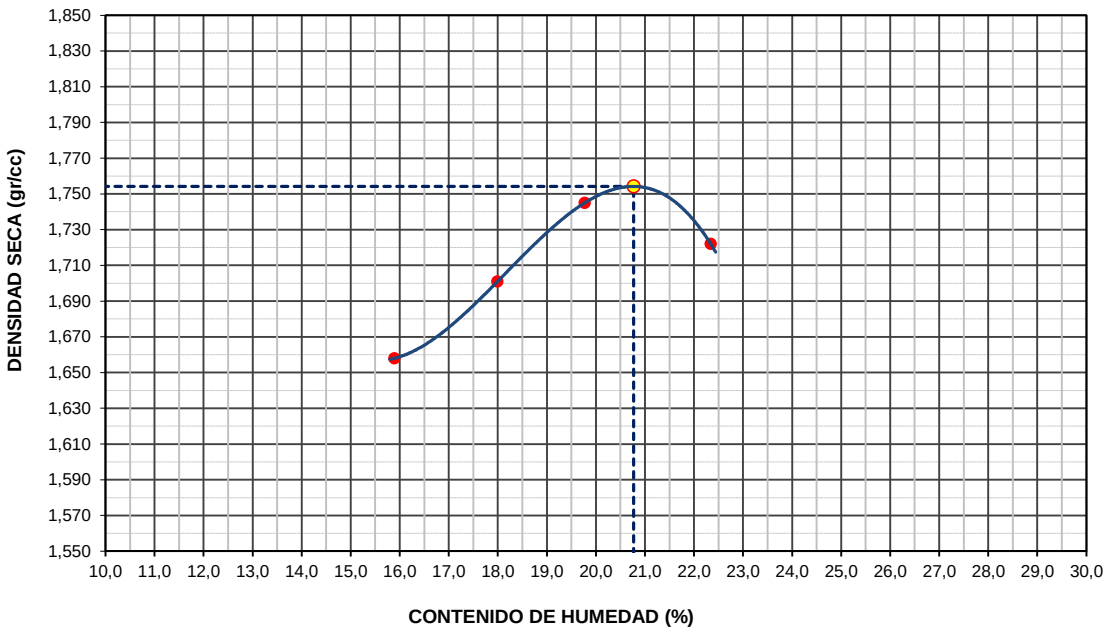
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	10865	11045	11220	11254	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4057	4237	4412	4446	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1,922	2,007	2,090	2,106	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	350,0	400,0	315,0	230,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	302,0	339,0	263,0	188,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	48,0	61,0	52,0	42,0	
PESO DE SUELO SECO	302,0	339,0	263,0	188,0	
CONTENIDO DE AGUA	**15,89**	**17,99**	**19,77**	**22,34**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,658**	**1,701**	**1,745**	**1,722**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1,754 gr/cm^3 | **HUMEDAD OPTIMA: 20,77 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 1+500

MATERIAL : Terreno Existente

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25-jun-15

CALICATA : 03
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	12		21		8	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12540	12612	12572	12733	11846	12102
PESO DE MOLDE	8038	8038	8305	8305	7741	7741
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4502	4574	4267	4428	4105	4361
VOLUMEN DEL MOLDE	2132	2132	2104	2104	2115	2115
DENSIDAD HÚMEDA	2,112	2,145	2,028	2,105	1,941	2,062
% DE HUMEDAD	20,63	22,98	20,56	25,83	20,48	28,38
DENSIDAD SECA	1,751	1,744	1,682	1,673	1,611	1,606
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	380,0	380,0	380,0	380,0	380,0	380,0
TARRO + SUELO SECO	315,0	309,0	315,2	302,0	315,4	296,0
PESO DEL AGUA	65,0	71,0	64,8	78,0	64,6	84,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	315,0	309,0	315,2	302,0	315,4	296,0
% DE HUMEDAD	20,63	22,98	20,56	25,83	20,48	28,38

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
25/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26/06/15	10:36	24	93,0	2,36	2,0	116,0	2,95	2,6	151,0	3,84	3,3
27/06/15	10:36	48	185,0	4,70	4,1	204,0	5,18	4,5	277,0	7,04	6,1
28/06/15	10:36	72	273,0	6,93	6,0	317,0	8,05	7,0	378,0	9,60	8,3

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº			12	MOLDE Nº			21	MOLDE N°			8
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		37,8	2			26,1	1			15,6	1		
0,050		48,3	2			36,4	2			23,7	1		
0,075		64,9	3			50,2	3			33,0	2		
0,100	70,3	84,3	4	4,8	6,9	68,0	3	3,3	4,6	46,7	2	1,7	2,4
0,125		106,4	5			83,0	4			52,0	3		
0,150		135,4	7			93,6	5			63,0	3		
0,200	105,5	184,9	9	9,3	8,8	129,4	7	6,2	5,9	72,0	4	3,4	3,2
0,300		216,0	11			160,0	8			81,0	4		
0,400		253,2	13			192,0	10			94,0	5		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

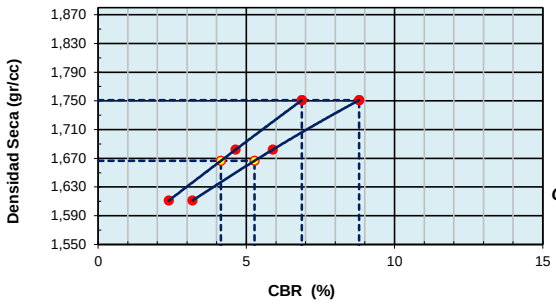
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 1+500
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25-jun-15

CALICATA	: 03
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



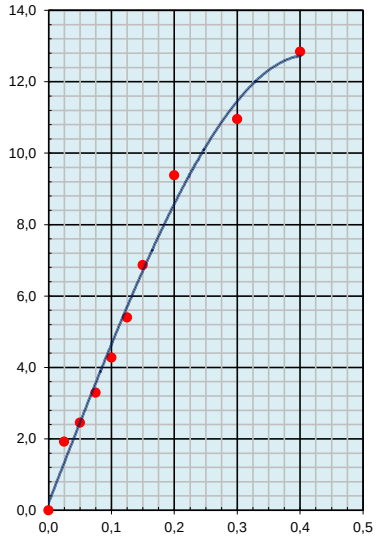
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 6,9**	**0.2": 8,8**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 4,1**	**0.2": 5,3**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1,754	gr/cc
Optimo Humedad	20,77	%

OBSERVACIONES:

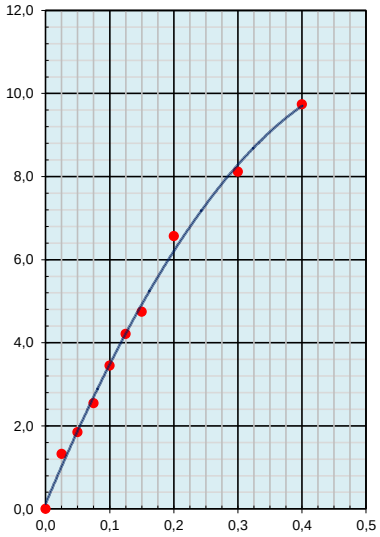
EC = 56 GOLPES

$y = -91{,}103x^3 + 1{,}781x^2 + 45{,}163x + 0{,}2052$



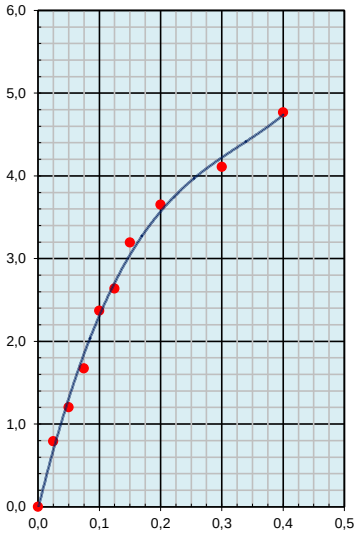
EC = 25 GOLPES

$y = -2{,}9094x^3 - 30{,}518x^2 + 36{,}611x + 0{,}1267$



EC = 12 GOLPES

$y = 78{,}245x^3 - 77{,}29x^2 + 30{,}302x - 0{,}0257$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 2+100
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25/06/2015

DATOS DE LA OBRA

CALICATA	: 04
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	1100			
TARA + SUELO SECO	:	904			
PESO DEL AGUA	:	196			
PESO DEL SUELO SECO	:	904			
% DE HUMEDAD	:	21,7			**21,7**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 2+100

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 04
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

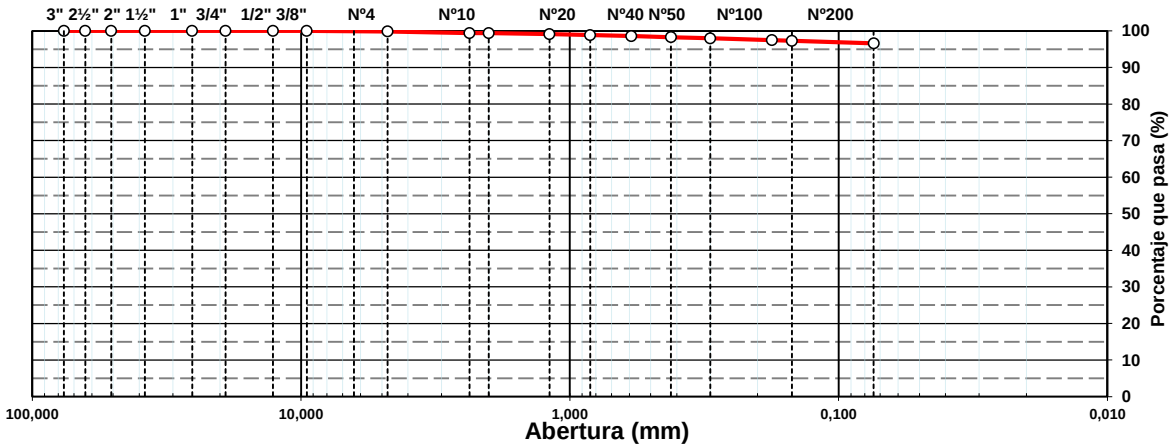
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,100				
1/2"	12,700				
3/8"	9,520				100,0
1/4"	6,350				
# 4	4,760	0,7	0,1	0,1	99,9
# 8	2,360	2,2	0,4	0,6	99,4
# 10	2,000	0,2	0,0	0,6	99,4
# 16	1,190	1,4	0,3	0,9	99,1
# 20	0,840	1,2	0,2	1,1	98,9
# 30	0,590	1,5	0,3	1,4	98,6
# 40	0,420	1,4	0,3	1,7	98,3
# 50	0,300	1,5	0,3	2,0	98,0
# 80	0,177	2,5	0,5	2,5	97,5
# 100	0,149	0,9	0,2	2,7	97,3
# 200	0,074	3,6	0,7	3,4	96,6
< # 200	FONDO	482,9	96,6	100,0	0,0

DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
PESO TOTAL	=	500,0	gr
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr
LIMITE LIQUIDO	=	47,8	%
LIMITE PLASTICO	=	26,3	%
INDICE PLASTICO	=	21,5	%
CLASF. AASHTO	=	A-7-6	(14)
CLASF. SUCS	=	CL	

% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
	1100	904	21,7 %

Observaciones	Coef. Uniformidad	Indice de Consistencia
TOTAL	Coef. Curvatura	
Descripción suelo: **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD**	Pot. de expansión	

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 2+100

MATERIAL : Terreno Existente

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

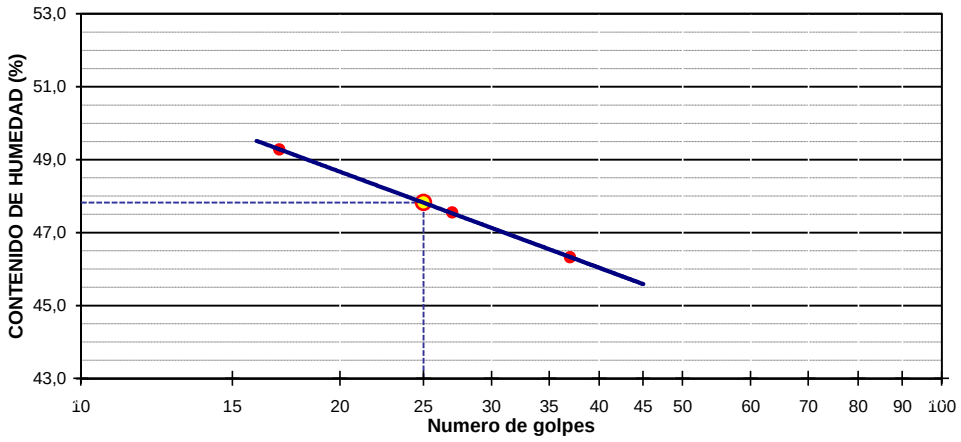
RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

CALICATA : 04
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	12	8	11	
TARRO + SUELO HUMEDO	24,26	20,60	23,72	
TARRO + SUELO SECO	18,80	15,75	18,81	
AGUA	5,46	4,85	4,91	
PESO DEL TARRO	7,72	5,55	8,21	
PESO DEL SUELO SECO	11,08	10,20	10,60	
% DE HUMEDAD	49,28	47,55	46,32	
Nº DE GOLPES	17	27	37	
LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	43	40		
TARRO + SUELO HUMEDO	15,83	17,38		
TARRO + SUELO SECO	13,86	15,23		
AGUA	1,97	2,15		
PESO DEL TARRO	6,35	7,08		
PESO DEL SUELO SECO	7,51	8,15		
% DE HUMEDAD	26,23	26,38		
LL : 47,8 %	**LP : 26,3 %**		**IP : 21,5 %**	

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 2+100		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	26/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 04
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	165,40	136,52			
(2) Peso Tarro + agua + sal	215,40	186,52			
(3) Peso Tarro Seco + sal	165,50	136,62			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,10	0,09			
(5) Peso de Agua (2-3)	50,00	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,20 %	0,19 %			0,19 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 2+100		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB**	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA**	: : 25/06/2015

CALICATA : 04
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

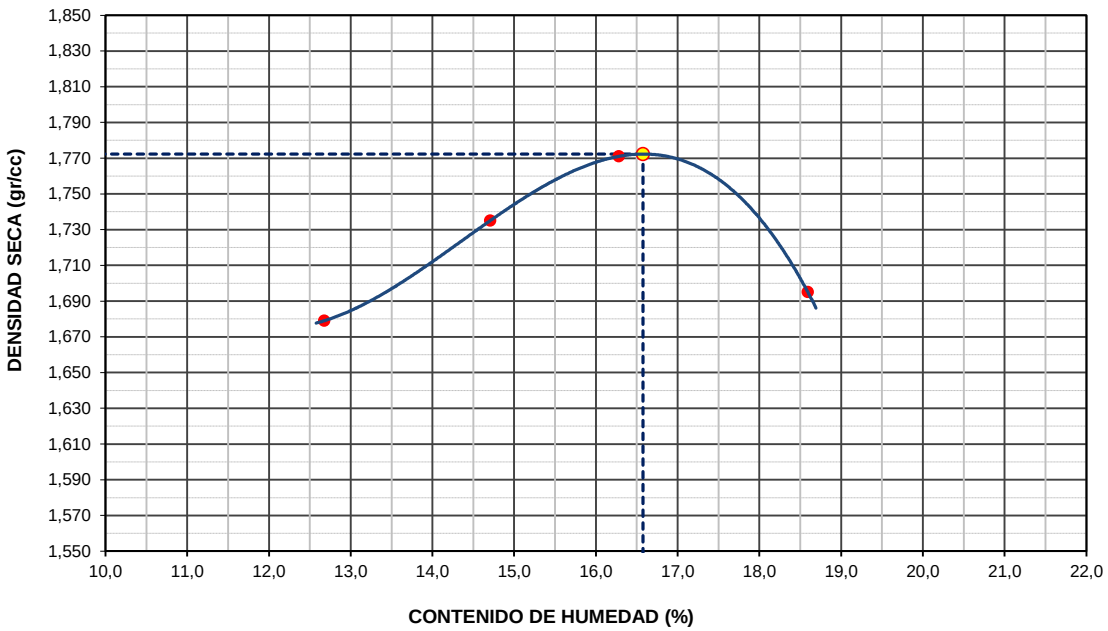
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	10802	11010	11155	11052	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3994	4202	4347	4244	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1,892	1,991	2,059	2,010	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	320,0	312,0	250,0	236,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	284,0	272,0	215,0	199,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	36,0	40,0	35,0	37,0	
PESO DE SUELO SECO	284,0	272,0	215,0	199,0	
CONTENIDO DE AGUA	**12,68**	**14,71**	**16,28**	**18,59**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,679**	**1,735**	**1,771**	**1,695**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1,772 gr/cm^3 | **HUMEDAD OPTIMA: 16,58 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

PROGRESIVA : **km. 2+100**

MATERIAL : **Terreno Existente**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25-jun-15

CALICATA : 04
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	10		6		14	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	10440	10493	12116	12235	9762	9945
PESO DE MOLDE	6033	6033	7912	7912	5709	5709
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4407	4460	4204	4323	4053	4236
VOLUMEN DEL MOLDE	2123	2123	2114	2114	2123	2123
DENSIDAD HÚMEDA	2,076	2,101	1,989	2,045	1,909	1,995
% DE HUMEDAD	16,67	18,98	16,60	20,69	16,57	22,81
DENSIDAD SECA	1,779	1,766	1,706	1,694	1,638	1,624
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	420,0	420,0	420,0	420,0	420,0	420,0
TARRO + SUELO SECO	360,0	353,0	360,2	348,0	360,3	342,0
PESO DEL AGUA	60,0	67,0	59,8	72,0	59,7	78,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	360,0	353,0	360,2	348,0	360,3	342,0
% DE HUMEDAD	16,67	18,98	16,60	20,69	16,57	22,81

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
25/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26/06/15	10:36	24	32,0	0,81	0,7	44,0	1,12	1,0	62,0	1,57	1,4
27/06/15	10:36	48	75,0	1,91	1,6	88,0	2,24	1,9	102,0	2,59	2,3
28/06/15	10:36	72	92,0	2,34	2,0	115,0	2,92	2,5	162,0	4,11	3,6

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº			10	MOLDE Nº			6	MOLDE N°			14
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		28,2	1			17,4	1			10,2	1		
0,050		45,0	2			28,0	1			16,0	1		
0,075		53,0	3			35,0	2			22,0	1		
0,100	70,3	68,0	3	3,4	4,8	44,0	2	2,2	3,1	31,0	2	1,4	2,0
0,125		86,2	4			52,0	3			36,0	2		
0,150		99,2	5			64,0	3			46,0	2		
0,200	105,5	136,0	7	6,4	6,1	86,0	4	4,1	3,8	51,0	3	2,6	2,4
0,300		175,0	9			99,0	5			64,0	3		
0,400		205,0	10			106,0	5			73,0	4		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

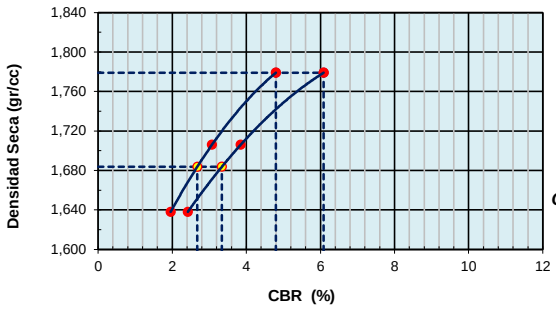
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 2+100
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25-jun-15

CALICATA	: 04
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



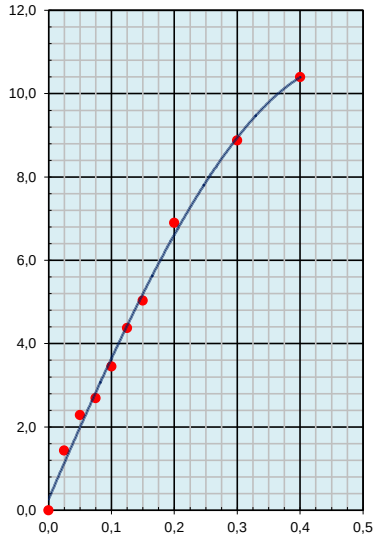
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 4,8**	**0.2": 6,1**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 2,7**	**0.2": 3,3**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1,772	gr/cc
Optimo Humedad	16,58	%

OBSERVACIONES:

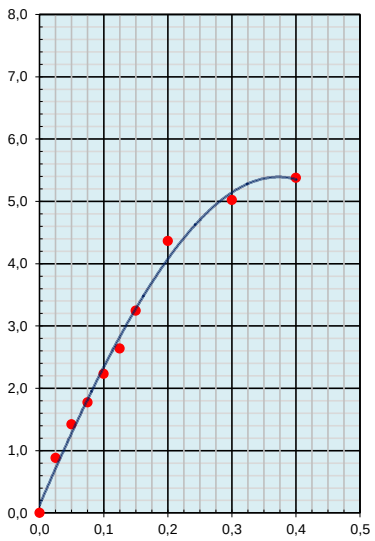
EC = 56 GOLPES

$y = -39{,}27x^3 - 8{,}6173x^2 + 35{,}056x + 0{,}2622$



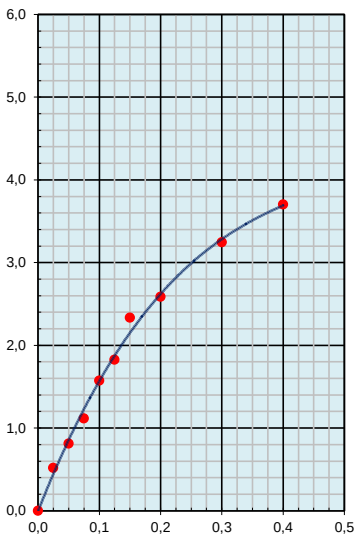
EC = 25 GOLPES

$y = -31{,}857x^3 - 14{,}224x^2 + 23{,}85x + 0{,}1276$



EC = 12 GOLPES

$y = 22{,}02x^3 - 32{,}642x^2 + 18{,}771x - 0{,}0044$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 2+700
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25/06/2015

DATOS DE LA OBRA

CALICATA	: 05
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	1200			
TARA + SUELO SECO	:	988			
PESO DEL AGUA	:	212			
PESO DEL SUELO SECO	:	988			
% DE HUMEDAD	:	21,5			**21,5**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 2+700

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 05
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

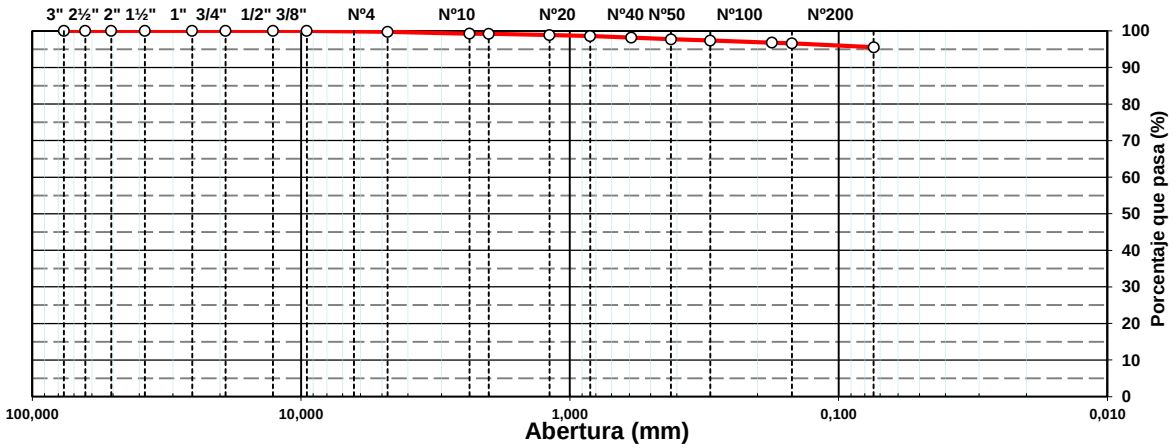
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,100				
1/2"	12,700				
3/8"	9,520				100,0
1/4"	6,350				
# 4	4,760	1,2	0,2	0,2	99,8
# 8	2,360	2,6	0,5	0,8	99,2
# 10	2,000	0,3	0,1	0,8	99,2
# 16	1,190	1,6	0,3	1,1	98,9
# 20	0,840	1,4	0,3	1,4	98,6
# 30	0,590	2,0	0,4	1,8	98,2
# 40	0,420	2,3	0,5	2,3	97,7
# 50	0,300	1,8	0,4	2,6	97,4
# 80	0,177	2,8	0,6	3,2	96,8
# 100	0,149	1,1	0,2	3,4	96,6
# 200	0,074	5,2	1,0	4,5	95,5
< # 200	FONDO	477,7	95,5	100,0	0,0

DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
PESO TOTAL	=	500,0	gr
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr
LIMITE LIQUIDO	=	43,1	%
LIMITE PLASTICO	=	23,3	%
INDICE PLASTICO	=	19,8	%
CLASF. AASHTO	=	A-7-6	(13)
CLASF. SUCS	=	CL	

% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
	1200	988	21,5 %

Observaciones		Coef. Uniformidad		Indice de Consistencia
TOTAL		Coef. Curvatura		
Descripción suelo:	**ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD**	Pot. de expansión		

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 2+700

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 05
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

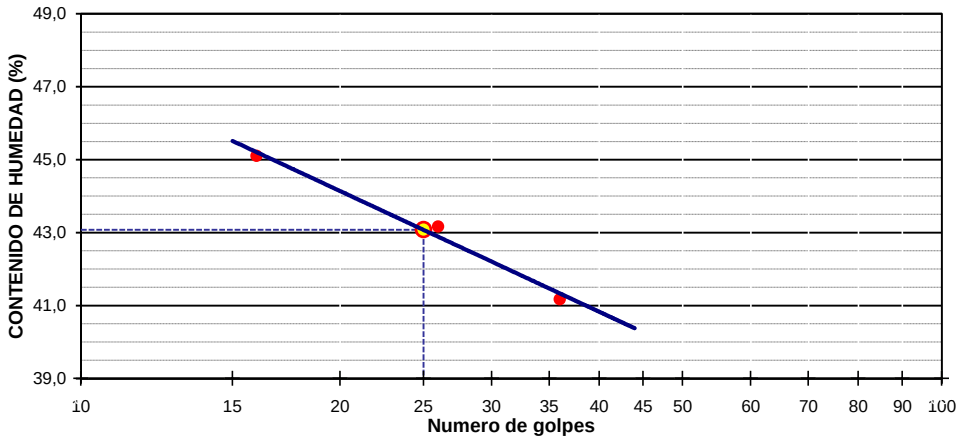
DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	10	13	20	
TARRO + SUELO HUMEDO	30,21	29,62	31,42	
TARRO + SUELO SECO	24,00	23,50	25,80	
AGUA	6,21	6,12	5,62	
PESO DEL TARRO	10,23	9,32	12,15	
PESO DEL SUELO SECO	13,77	14,18	13,65	
% DE HUMEDAD	45,10	43,16	41,17	
Nº DE GOLPES	16	26	36	

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	6	6		
TARRO + SUELO HUMEDO	16,25	15,62		
TARRO + SUELO SECO	14,65	14,25		
AGUA	1,60	1,37		
PESO DEL TARRO	7,85	8,32		
PESO DEL SUELO SECO	6,80	5,93		
% DE HUMEDAD	23,53	23,10		

LL : 43,1 % | **LP : 23,3 %** | **IP : 19,8 %**

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 2+700		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	26/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 05
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	146,52	114,23			
(2) Peso Tarro + agua + sal	196,52	164,23			
(3) Peso Tarro Seco + sal	146,58	114,29			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,06	0,06			
(5) Peso de Agua (2-3)	50,00	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,12 %	0,12 %			0,12 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 2+700		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB**	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA**	: : 25/06/2015

CALICATA : 05
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

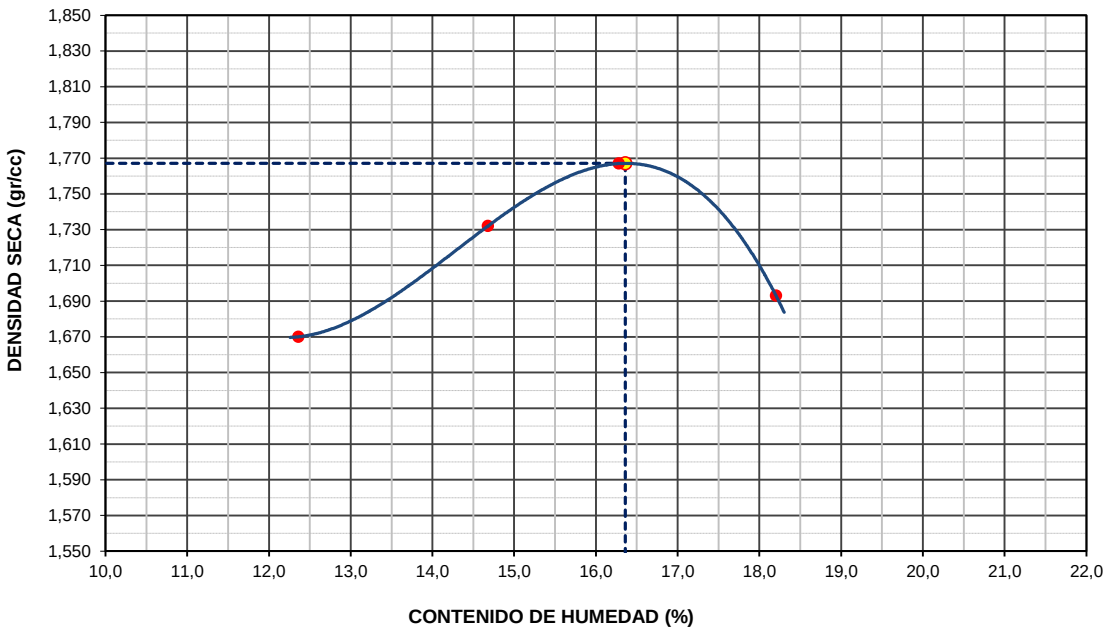
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	10770	11000	11145	11032	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3962	4192	4337	4224	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1,877	1,986	2,054	2,001	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	500,0	500,0	500,0	500,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	445,0	436,0	430,0	423,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	55,0	64,0	70,0	77,0	
PESO DE SUELO SECO	445,0	436,0	430,0	423,0	
CONTENIDO DE AGUA	**12,36**	**14,68**	**16,28**	**18,20**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,670**	**1,732**	**1,767**	**1,693**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1,767 gr/cm^3 | **HUMEDAD OPTIMA: 16,36 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

PROGRESIVA : **km. 2+700**

MATERIAL : **Terreno Existente**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25-jun-15

CALICATA : 05
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	9		11		17	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	11460	11502	12500	12585	11620	11765
PESO DE MOLDE	7145	7145	8299	8299	7645	7645
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4315	4357	4201	4286	3975	4120
VOLUMEN DEL MOLDE	2105	2105	2134	2134	2112	2112
DENSIDAD HÚMEDA	2,050	2,070	1,969	2,008	1,882	1,951
% DE HUMEDAD	16,21	18,01	16,17	19,50	16,10	20,63
DENSIDAD SECA	1,764	1,754	1,695	1,680	1,621	1,617
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	380,0	380,0	380,0	380,0	380,0	380,0
TARRO + SUELO SECO	327,0	322,0	327,1	318,0	327,3	315,0
PESO DEL AGUA	53,0	58,0	52,9	62,0	52,7	65,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	327,0	322,0	327,1	318,0	327,3	315,0
% DE HUMEDAD	16,21	18,01	16,17	19,50	16,10	20,63

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
25/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26/06/15	10:36	24	35,0	0,89	0,8	50,0	1,27	1,1	63,0	1,60	1,4
27/06/15	10:36	48	80,0	2,03	1,8	93,0	2,36	2,0	108,0	2,74	2,4
28/06/15	10:36	72	95,0	2,41	2,1	118,0	3,00	2,6	172,0	4,37	3,8

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº		9		MOLDE Nº		11		MOLDE N°		17	
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		25,3	1			15,2	1			8,2	0		
0,050		41,2	2			25,3	1			15,2	1		
0,075		50,3	3			32,6	2			20,6	1		
0,100	70,3	64,2	3	3,3	4,8	41,2	2	2,1	3,0	29,2	1	1,5	2,1
0,125		88,2	4			50,2	3			35,2	2		
0,150		99,3	5			61,3	3			44,2	2		
0,200	105,5	130,0	7	6,4	6,0	82,5	4	4,0	3,8	50,2	3	2,6	2,5
0,300		172,3	9			94,2	5			62,2	3		
0,400		195,0	10			104,0	5			71,0	4		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

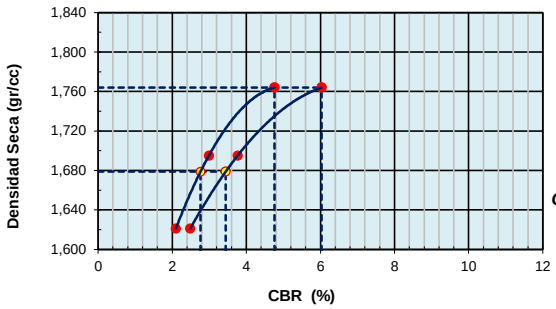
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 2+700
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 25-jun-15

CALICATA	: 05
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



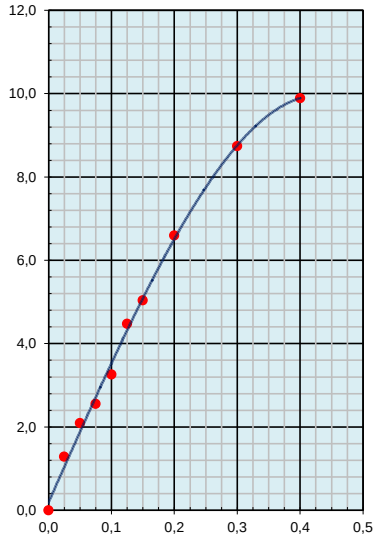
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 4,8**	**0.2": 6,0**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 2,8**	**0.2": 3,4**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1,767	gr/cc
Optimo Humedad	16,36	%

OBSERVACIONES:

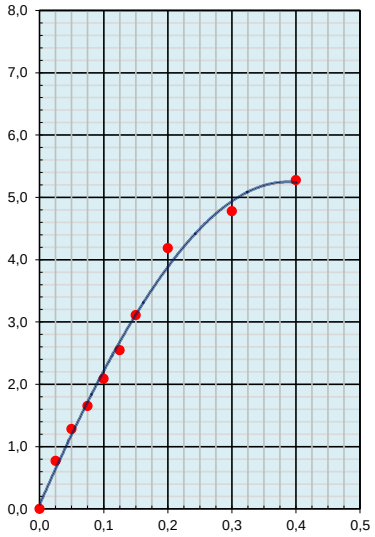
EC = 56 GOLPES

$y = -63{,}161x^3 + 1{,}1348x^2 + 33{,}906x + 0{,}1897$



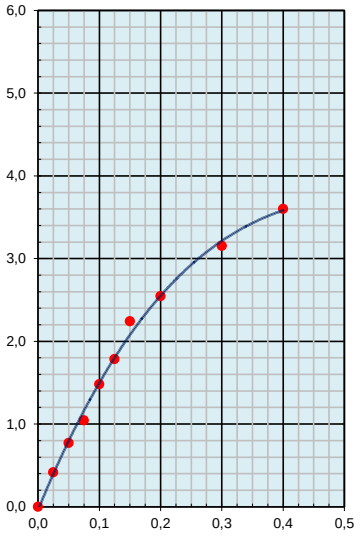
EC = 25 GOLPES

$y = -23{,}047x^3 - 16{,}855x^2 + 23{,}354x + 0{,}07$



EC = 12 GOLPES

$y = 15{,}574x^3 - 28{,}79x^2 + 18{,}076x - 0{,}0377$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 3+200
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

DATOS DE LA OBRA

CALICATA	: 06
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	1100			
TARA + SUELO SECO	:	976			
PESO DEL AGUA	:	124			
PESO DEL SUELO SECO	:	976			
% DE HUMEDAD	:	12,7			**12,7**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 3+200

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 06
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				100,0
3/4"	19,100	100,0	10,3	10,3	89,8
1/2"	12,700	19,0	2,0	12,2	87,8
3/8"	9,520	10,0	1,0	13,2	86,8
1/4"	6,350				
# 4	4,760	145,0	14,9	28,1	71,9
# 8	2,360	4,1	0,6	28,7	71,3
# 10	2,000	0,7	0,1	28,8	71,2
# 16	1,190	1,7	0,2	29,0	71,0
# 20	0,840	0,9	0,1	29,1	70,9
# 30	0,590	0,8	0,1	29,3	70,7
# 40	0,420	0,7	0,1	29,4	70,6
# 50	0,300	1,4	0,2	29,6	70,4
# 80	0,177	2,5	0,4	29,9	70,1
# 100	0,149	0,9	0,1	30,1	69,9
# 200	0,074	2,9	0,4	30,5	69,5
< # 200	FONDO	483,4	69,5	100,0	0,0

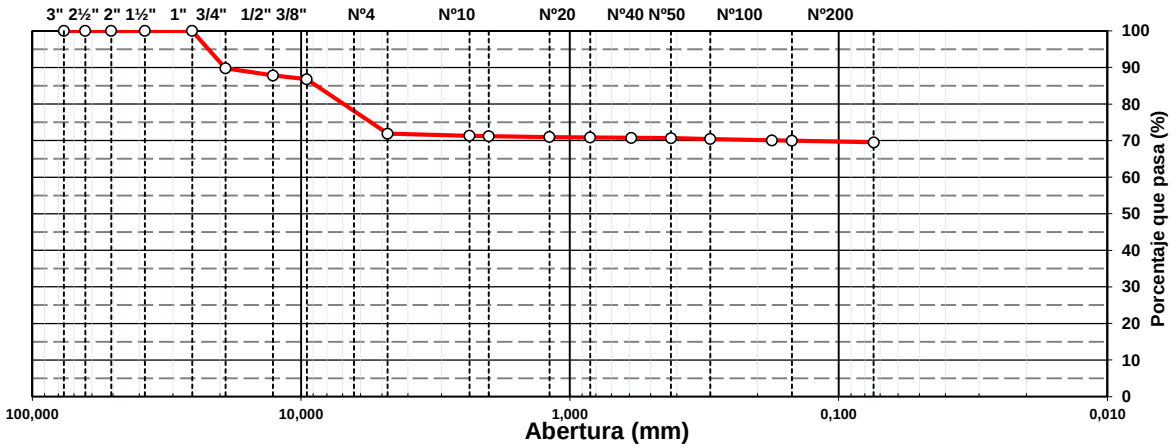
DESCRIPCION DE LA MUESTRA

PESO TOTAL	=	976,0	gr
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr
LIMITE LIQUIDO	=	38,5	%
LIMITE PLASTICO	=	23,2	%
INDICE PLASTICO	=	15,4	%
CLASF. AASHTO	=	A-6 (9)	
CLASF. SUCS	=	**CL**	

% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
	1100	976	12,7 %

Observaciones		Coef. Uniformidad	Indice de Consistencia
TOTAL		Coef. Curvatura	
Descripción suelo:	**ARCILLA GRAVOSA DE BAJA PLASTICIDAD CON AREN**	Pot. de expansión	

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 3+200

MATERIAL : Terreno Existente

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

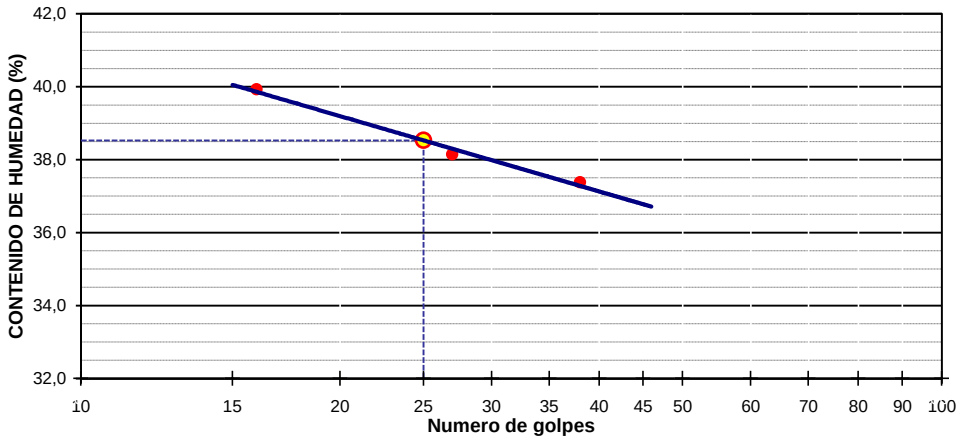
RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 27/06/2015

CALICATA : 06
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	29	12	10	
TARRO + SUELO HUMEDO	25,90	20,54	22,54	
TARRO + SUELO SECO	20,65	16,44	18,26	
AGUA	5,25	4,10	4,28	
PESO DEL TARRO	7,50	5,69	6,81	
PESO DEL SUELO SECO	13,15	10,75	11,45	
% DE HUMEDAD	39,92	38,14	37,38	
Nº DE GOLPES	16	27	38	
LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	14	18		
TARRO + SUELO HUMEDO	20,84	21,51		
TARRO + SUELO SECO	19,19	19,99		
AGUA	1,65	1,52		
PESO DEL TARRO	12,09	13,41		
PESO DEL SUELO SECO	7,10	6,58		
% DE HUMEDAD	23,24	23,10		
LL : 38,5 %	**LP : 23,2 %**		**IP : 15,4 %**	

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 3+200		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	27/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 06
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	220,06	152,21			
(2) Peso Tarro + agua + sal	270,06	202,21			
(3) Peso Tarro Seco + sal	220,09	152,24			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,03	0,03			
(5) Peso de Agua (2-3)	51,15	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,05 %	0,06 %			0,05 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 3+200		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB**	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA**	: : 26/06/2015

CALICATA : 06
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

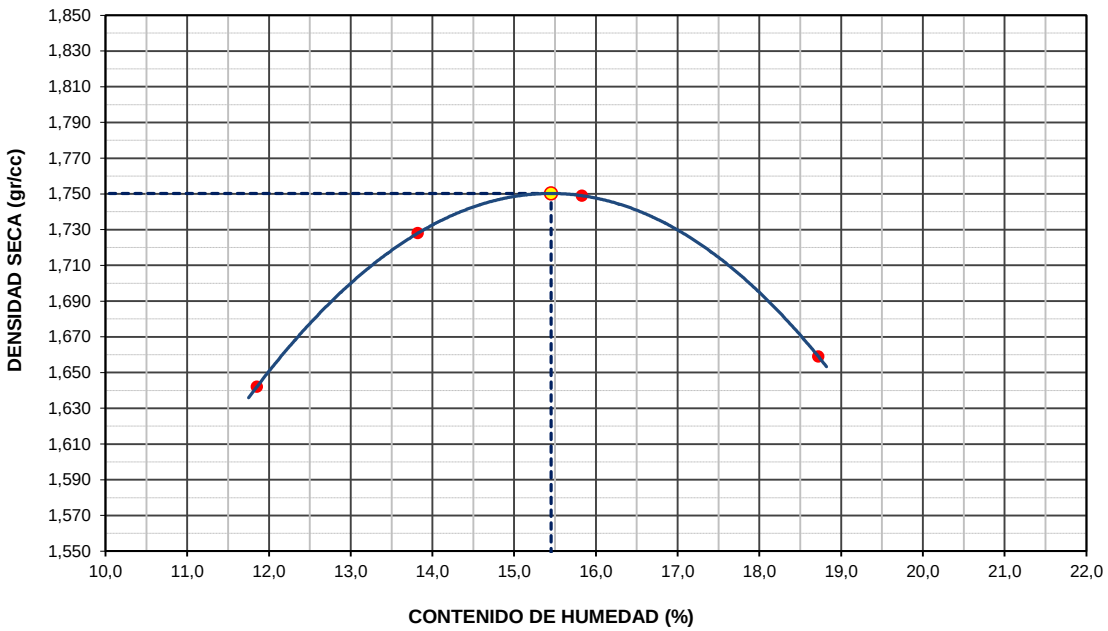
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	10685	10959	11084	10965	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3877	4151	4276	4157	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1,837	1,966	2,026	1,969	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	302,0	280,0	300,0	260,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	270,0	246,0	259,0	219,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	32,0	34,0	41,0	41,0	
PESO DE SUELO SECO	270,0	246,0	259,0	219,0	
CONTENIDO DE AGUA	**11,85**	**13,82**	**15,83**	**18,72**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,642**	**1,728**	**1,749**	**1,659**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1,750 gr/cm^3 **HUMEDAD OPTIMA: 15,45 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

PROGRESIVA : **km. 3+200**

MATERIAL : **Terreno Existente**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

CALICATA : 06
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	18		12		24	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12465	12521	12186	12308	11878	12082
PESO DE MOLDE	8155	8155	8038	8038	7927	7927
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4310	4366	4148	4270	3951	4155
VOLUMEN DEL MOLDE	2123	2123	2132	2132	2126	2126
DENSIDAD HÚMEDA	2,030	2,057	1,946	2,003	1,858	1,954
% DE HUMEDAD	15,67	17,86	15,47	19,57	15,26	21,77
DENSIDAD SECA	1,755	1,745	1,685	1,675	1,612	1,605
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	330,0	330,0	330,0	330,0	330,0	330,0
TARRO + SUELO SECO	285,3	280,0	285,8	276,0	286,3	271,0
PESO DEL AGUA	44,7	50,0	44,2	54,0	43,7	59,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	285,3	280,0	285,8	276,0	286,3	271,0
% DE HUMEDAD	15,67	17,86	15,47	19,57	15,26	21,77

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
26/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27/06/15	10:36	24	19,0	0,48	0,4	28,0	0,71	0,6	35,0	0,89	0,8
28/06/15	10:36	48	32,0	0,81	0,7	42,0	1,07	0,9	67,0	1,70	1,5
29/06/15	10:36	72	52,0	1,32	1,1	70,0	1,78	1,5	90,0	2,29	2,0

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº			18	MOLDE Nº			12	MOLDE Nº			24
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		47,5	2			26,0	1			18,2	1		
0,050		80,0	4			36,2	2			23,2	1		
0,075		112,0	6			56,0	3			31,2	2		
0,100	70,3	145,0	7	7,2	10,2	82,3	4	4,8	6,8	36,2	2	2,5	3,6
0,125		175,0	9			105,0	5			55,2	3		
0,150		205,0	10			132,0	7			73,6	4		
0,200	105,5	285,0	14	13,8	13,1	168,0	9	9,0	8,5	90,2	5	4,8	4,6
0,300		352,0	18			192,0	10			106,2	5		
0,400		402,0	20			232,0	12			124,3	6		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

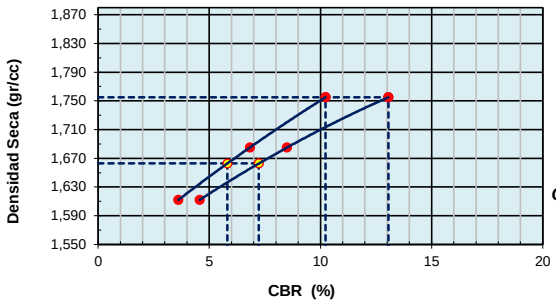
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 3+200
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

CALICATA	: 06
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



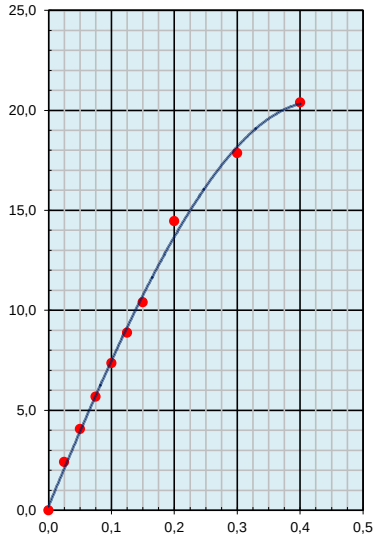
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 10,2**	**0.2": 13,1**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 5,8**	**0.2": 7,2**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1,750	gr/cc
Optimo Humedad	15,45	%

OBSERVACIONES:

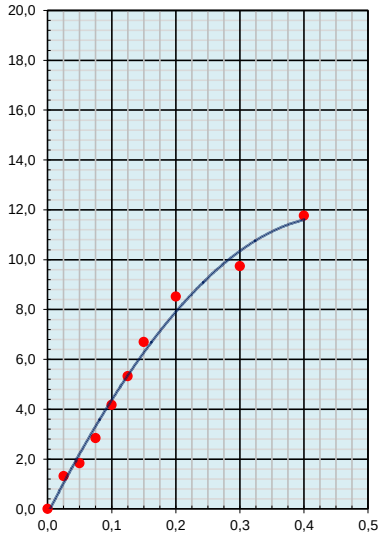
EC = 56 GOLPES

$y = -107{,}22x^3 - 20{,}987x^2 + 75{,}86x + 0{,}2016$



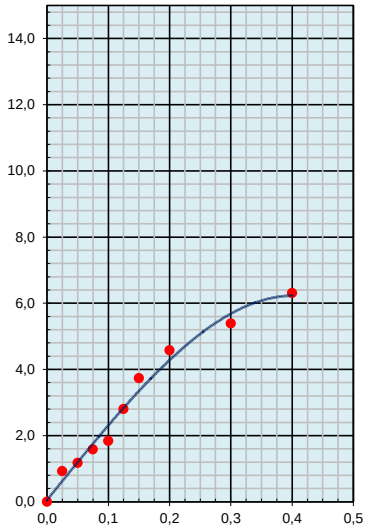
EC = 25 GOLPES

$y = -13{,}573x^3 - 46{,}952x^2 + 50{,}445x - 0{,}1939$



EC = 12 GOLPES

$y = -48{,}169x^3 + 0{,}3584x^2 + 23{,}002x + 0{,}0518$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 3+700
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

DATOS DE LA OBRA

CALICATA	: 07
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	3000			
TARA + SUELO SECO	:	2774			
PESO DEL AGUA	:	226			
PESO DEL SUELO SECO	:	2774			
% DE HUMEDAD	:	8,1			**8,1**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 3+700

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 07
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

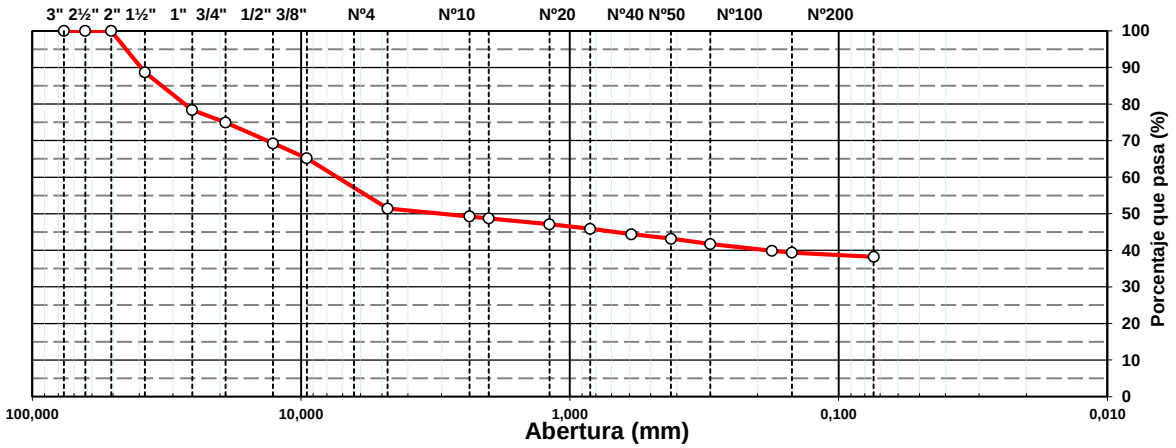
DATOS DE ENSAYO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				100,0
1 1/2"	38,100	314	11,3	11,3	88,7
1"	25,400	286	10,3	21,6	78,4
3/4"	19,100	95,0	3,4	25,1	75,0
1/2"	12,700	158,0	5,7	30,8	69,3
3/8"	9,520	112,0	4,0	34,8	65,2
1/4"	6,350				
# 4	4,760	383,0	13,8	48,6	51,4
# 8	2,360	20,7	2,1	50,7	49,3
# 10	2,000	5,2	0,5	51,3	48,7
# 16	1,190	15,6	1,6	52,9	47,1
# 20	0,840	12,3	1,3	54,1	45,9
# 30	0,590	14,2	1,5	55,6	44,4
# 40	0,420	12,0	1,2	56,8	43,2
# 50	0,300	14,1	1,4	58,3	41,7
# 80	0,177	18,0	1,9	60,1	39,9
# 100	0,149	5,0	0,5	60,6	39,4
# 200	0,074	10,8	1,1	61,7	38,3
< # 200	FONDO	372,1	38,3	100,0	0,0

DESCRIPCION DE LA MUESTRA				
PESO TOTAL	=	2774,0	gr	
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr	
LIMITE LIQUIDO	=	35,7	%	
LIMITE PLASTICO	=	22,4	%	
INDICE PLASTICO	=	13,3	%	
CLASF. AASHTO	=	A-6	(1)	
CLASF. SUCS	=	**GC**		
% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.	
	3000	2774	8,1	**%**

Observaciones	Coef. Uniformidad	Indice de Consistencia
TOTAL	Coef. Curvatura	
Descripción suelo: **GRAVA ARCILLOSA**	Pot. de expansión	

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 3+700

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 27/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

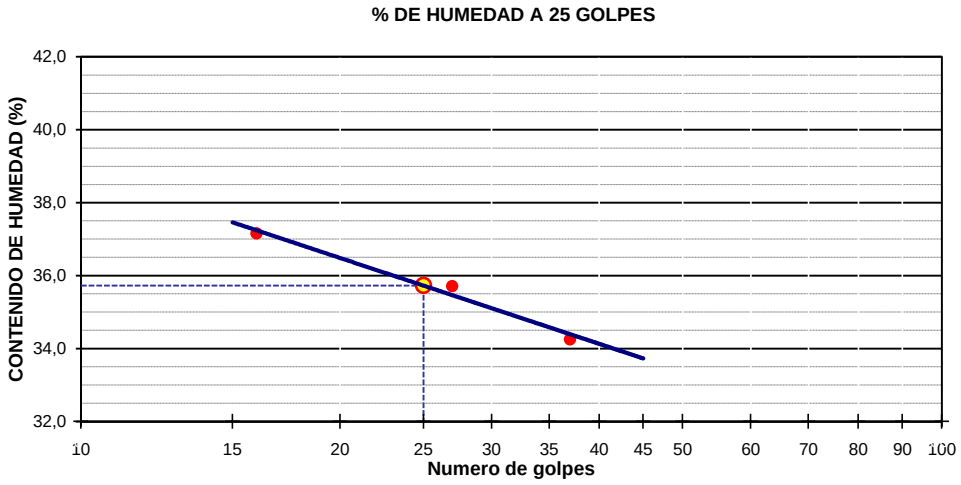
CALICATA : 07
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	14	30	19	
TARRO + SUELO HUMEDO	20,47	22,77	21,51	
TARRO + SUELO SECO	16,45	18,25	17,51	
AGUA	4,02	4,52	4,00	
PESO DEL TARRO	5,63	5,59	5,83	
PESO DEL SUELO SECO	10,82	12,66	11,68	
% DE HUMEDAD	37,15	35,70	34,25	
Nº DE GOLPES	16	27	37	

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	1	17		
TARRO + SUELO HUMEDO	16,39	16,58		
TARRO + SUELO SECO	14,57	14,82		
AGUA	1,82	1,76		
PESO DEL TARRO	6,43	7,00		
PESO DEL SUELO SECO	8,14	7,82		
% DE HUMEDAD	22,36	22,51		

LL : 35,7 % | **LP : 22,4 %** | **IP : 13,3 %**



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 3+700		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	27/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 07
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	165,40	132,62			
(2) Peso Tarro + agua + sal	215,40	182,62			
(3) Peso Tarro Seco + sal	165,45	132,66			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,05	0,04			
(5) Peso de Agua (2-3)	54,72	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,09 %	0,08 %			0,09 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 3+700		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB**	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA**	: : 26/06/2015

CALICATA : 07
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

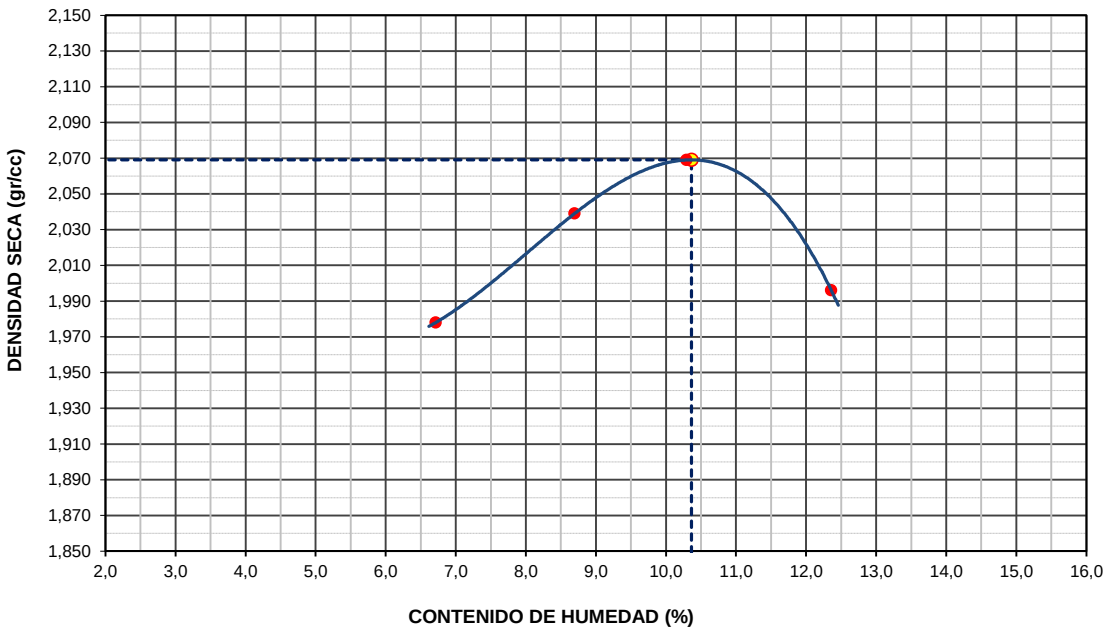
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	11265	11486	11625	11543	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4457	4678	4817	4735	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2,111	2,216	2,282	2,243	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	302,0	300,0	300,0	300,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	283,0	276,0	272,0	267,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	19,0	24,0	28,0	33,0	
PESO DE SUELO SECO	283,0	276,0	272,0	267,0	
CONTENIDO DE AGUA	**6,71**	**8,70**	**10,29**	**12,36**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,978**	**2,039**	**2,069**	**1,996**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2,069 gr/cm^3 | **HUMEDAD OPTIMA: 10,36 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

PROGRESIVA : **km. 3+700**

MATERIAL : **Terreno Existente**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

CALICATA : 07
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	16		25		30	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12980	13035	12580	12730	12380	12625
PESO DE MOLDE	8172	8172	7931	7931	7931	7931
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4808	4863	4649	4799	4449	4694
VOLUMEN DEL MOLDE	2101	2101	2120	2120	2120	2120
DENSIDAD HÚMEDA	2,288	2,315	2,193	2,264	2,099	2,214
% DE HUMEDAD	10,67	12,90	10,54	14,75	10,41	16,67
DENSIDAD SECA	2,067	2,050	1,984	1,973	1,901	1,898
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	280,0	280,0	280,0	280,0	280,0	280,0
TARRO + SUELO SECO	253,0	248,0	253,3	244,0	253,6	240,0
PESO DEL AGUA	27,0	32,0	26,7	36,0	26,4	40,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	253,0	248,0	253,3	244,0	253,6	240,0
% DE HUMEDAD	10,67	12,90	10,54	14,75	10,41	16,67

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
26/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27/06/15	10:36	24	25,0	0,64	0,5	36,0	0,91	0,8	45,0	1,14	1,0
28/06/15	10:36	48	30,0	0,76	0,7	43,0	1,09	0,9	65,0	1,65	1,4
29/06/15	10:36	72	70,0	1,78	1,5	90,0	2,29	2,0	135,0	3,43	3,0

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº		16		MOLDE Nº		25		MOLDE N°		30	
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		14,7	1			8,6	0			6,2	0		
0,050		47,3	2			31,8	2			23,1	1		
0,075		70,7	4			62,0	3			46,2	2		
0,100	70,3	108,7	6	10,0	14,2	96,0	5	5,7	8,1	63,2	3	3,6	5,1
0,125		179,3	9			132,0	7			82,1	4		
0,150		245,4	12			152,0	8			100,2	5		
0,200	105,5	292,0	15	17,7	16,8	183,0	9	10,3	9,8	118,2	6	6,5	6,2
0,300		343,7	17			210,0	11			135,2	7		
0,400		438,4	22			241,0	12			152,3	8		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

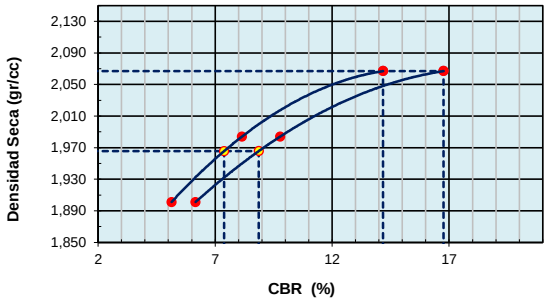
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 3+700
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

CALICATA	: 07
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



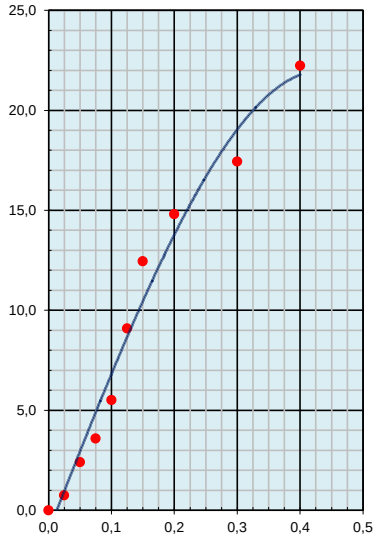
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 14,2**	**0.2": 16,8**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 7,4**	**0.2": 8,9**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2,069	gr/cc
Optimo Humedad	10,36	%

OBSERVACIONES:

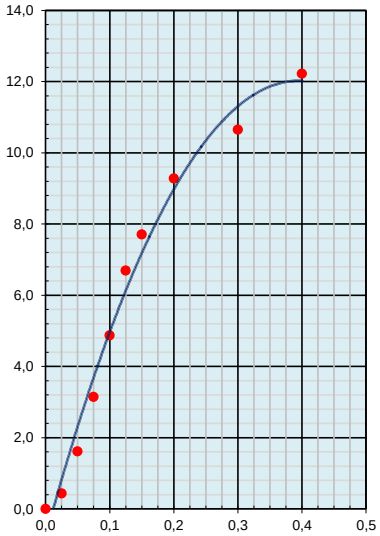
EC = 56 GOLPES

$y = -135{,}46x^3 - 4{,}2098x^2 + 80{,}438x - 1{,}0547$



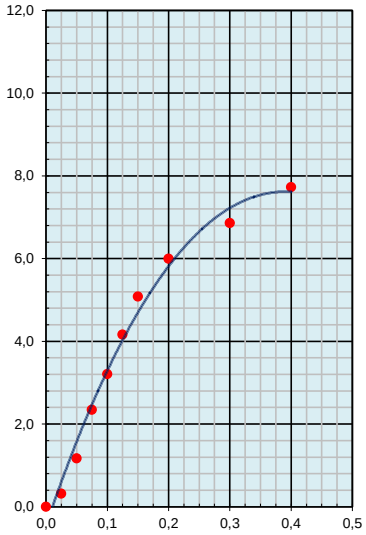
EC = 25 GOLPES

$y = 9{,}7085x^3 - 89{,}583x^2 + 66{,}291x - 0{,}7788$



EC = 12 GOLPES

$y = 16{,}664x^3 - 65{,}86x^2 + 43{,}853x - 0{,}4548$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 4+200		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	26/06/2015

DATOS DE LA OBRA

CALICATA	: 08
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	1500			
TARA + SUELO SECO	:	1355			
PESO DEL AGUA	:	145			
PESO DEL SUELO SECO	:	1355			
% DE HUMEDAD	:	10,7			**10,7**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 4+200

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 08
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				100,0
1 1/2"	38,100	300	11,0	11,0	89,0
1"	25,400	242	8,9	19,9	80,2
3/4"	19,100	106,0	3,9	23,7	76,3
1/2"	12,700	165,0	6,0	29,8	70,2
3/8"	9,520	100,0	3,7	33,4	66,6
1/4"	6,350				
# 4	4,760	215,0	7,9	41,3	58,7
# 8	2,360	18,2	2,1	43,4	56,6
# 10	2,000	6,3	0,7	44,2	55,8
# 16	1,190	10,4	1,2	45,4	54,6
# 20	0,840	9,2	1,1	46,5	53,5
# 30	0,590	10,2	1,2	47,7	52,3
# 40	0,420	10,1	1,2	48,9	51,1
# 50	0,300	13,6	1,6	50,5	49,5
# 80	0,177	11,2	1,3	51,8	48,2
# 100	0,149	3,2	0,4	52,2	47,8
# 200	0,074	8,2	1,0	53,1	46,9
< # 200	FONDO	399,4	46,9	100,0	0,0

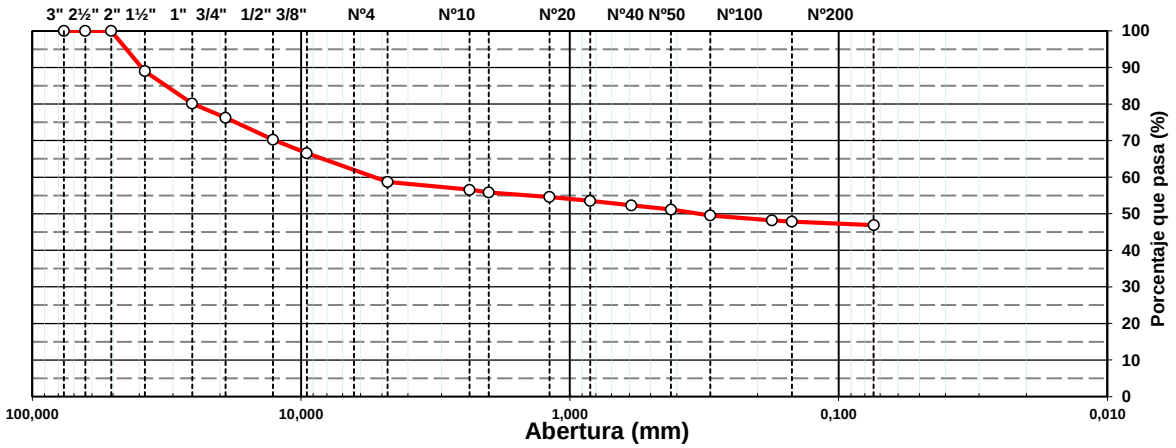
DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
PESO TOTAL	=	2730,0	gr
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr
LIMITE LIQUIDO	=	34,1	%
LIMITE PLASTICO	=	22,5	%
INDICE PLASTICO	=	11,7	%
CLASF. AASHTO	=	A-6 (3)	
CLASF. SUCS	=	**GC**	

% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
	1500	1355	10,7 %

Observaciones
TOTAL
Descripción suelo: GRAVA ARCILLOSA

Coef. Uniformidad		Indice de Consistencia
Coef. Curvatura		
Pot. de expansión		

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 4+200

MATERIAL : Terreno Existente

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 27/06/2015

CALICATA : 08
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

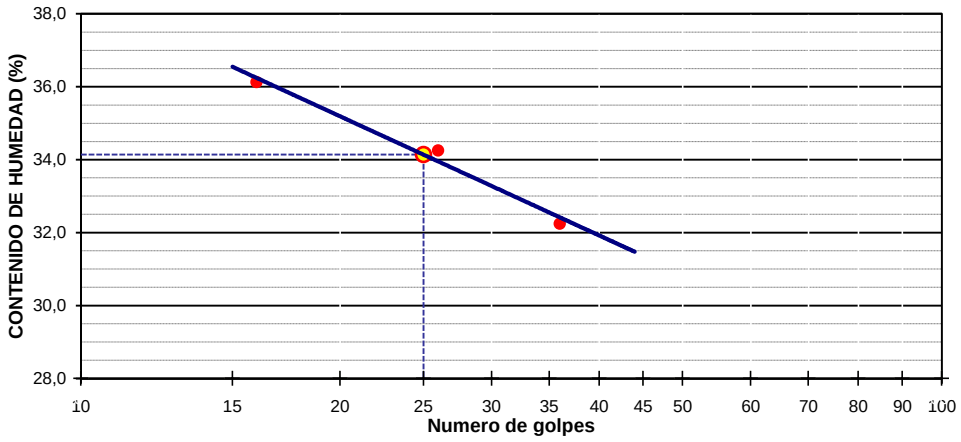
DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	20	10	16	
TARRO + SUELO HUMEDO	28,65	31,62	29,52	
TARRO + SUELO SECO	23,60	26,64	24,40	
AGUA	5,05	4,98	5,12	
PESO DEL TARRO	9,62	12,10	8,52	
PESO DEL SUELO SECO	13,98	14,54	15,88	
% DE HUMEDAD	36,12	34,25	32,24	
Nº DE GOLPES	16	26	36	

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	1	32		
TARRO + SUELO HUMEDO	14,23	15,24		
TARRO + SUELO SECO	13,12	13,80		
AGUA	1,11	1,44		
PESO DEL TARRO	8,21	7,36		
PESO DEL SUELO SECO	4,91	6,44		
% DE HUMEDAD	22,61	22,36		

LL : 34,1 %	LP : 22,5 %	IP : 11,7 %

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 4+200		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	27/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 08
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	95,25	99,23			
(2) Peso Tarro + agua + sal	145,25	149,23			
(3) Peso Tarro Seco + sal	95,30	99,27			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,05	0,04			
(5) Peso de Agua (2-3)	52,00	51,50			
(6) Porcentaje de Sal	0,09 %	0,08 %			0,09 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 4+200		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB**	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA**	: : 26/06/2015

CALICATA : 08
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

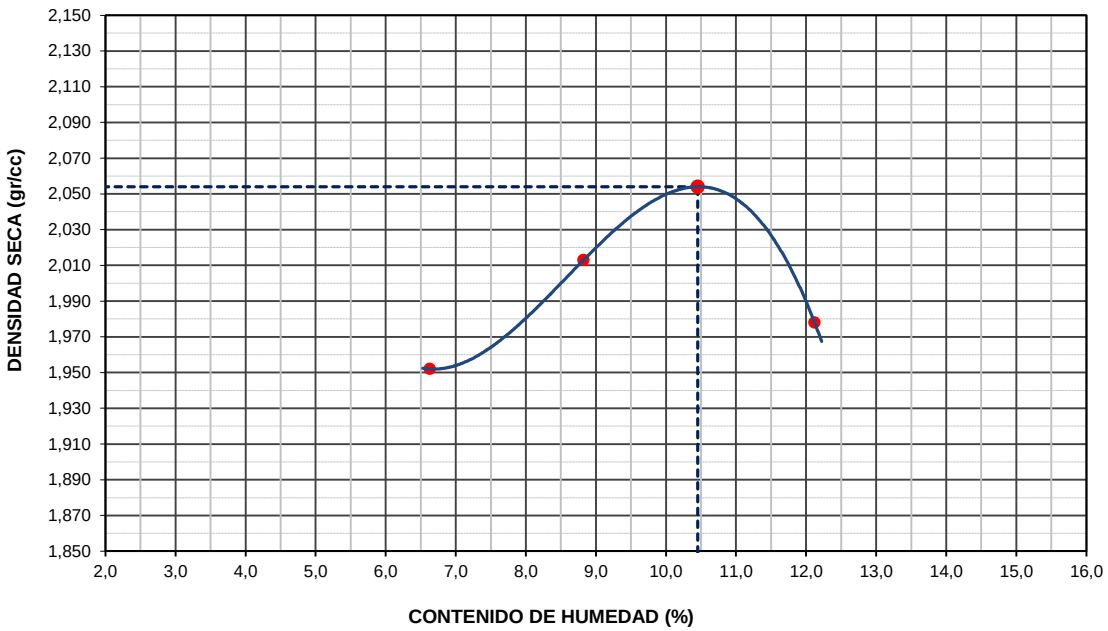
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	11202	11432	11598	11490	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4394	4624	4790	4682	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2,081	2,190	2,269	2,218	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	370,0	370,0	370,0	370,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	347,0	340,0	335,0	330,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	23,0	30,0	35,0	40,0	
PESO DE SUELO SECO	347,0	340,0	335,0	330,0	
CONTENIDO DE AGUA	**6,63**	**8,82**	**10,45**	**12,12**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,952**	**2,013**	**2,054**	**1,978**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 2,054 gr/cm^3 | **HUMEDAD OPTIMA: 10,45 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

PROGRESIVA : **km. 4+200**

MATERIAL : **Terreno Existente**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

CALICATA : 08
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	25		26		27	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12740	12802	12560	12680	12380	12615
PESO DE MOLDE	7931	7931	7931	7931	7931	7931
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4809	4871	4629	4749	4449	4684
VOLUMEN DEL MOLDE	2120	2120	2120	2120	2120	2120
DENSIDAD HÚMEDA	2,268	2,298	2,183	2,240	2,099	2,209
% DE HUMEDAD	10,37	12,24	10,55	14,19	10,52	16,61
DENSIDAD SECA	2,055	2,047	1,975	1,962	1,899	1,894
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	330,0	330,0	330,0	330,0	330,0	330,0
TARRO + SUELO SECO	299,0	294,0	298,5	289,0	298,6	283,0
PESO DEL AGUA	31,0	36,0	31,5	41,0	31,4	47,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	299,0	294,0	298,5	289,0	298,6	283,0
% DE HUMEDAD	10,37	12,24	10,55	14,19	10,52	16,61

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
26/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27/06/15	10:36	24	19,0	0,48	0,4	32,0	0,81	0,7	42,0	1,07	0,9
28/06/15	10:36	48	29,0	0,74	0,6	40,0	1,02	0,9	60,0	1,52	1,3
29/06/15	10:36	72	65,0	1,65	1,4	86,0	2,18	1,9	125,0	3,18	2,8

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº			25	MOLDE Nº			26	MOLDE N°			27
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		20,3	1			13,2	1			9,3	0		
0,050		50,2	3			32,0	2			30,2	2		
0,075		75,0	4			66,3	3			55,2	3		
0,100	70,3	116,0	6	10,8	15,3	109,0	6	6,6	9,3	80,2	4	4,0	5,6
0,125		193,0	10			156,0	8			92,3	5		
0,150		265,0	13			180,0	9			108,2	5		
0,200	105,5	315,0	16	19,2	18,2	202,0	10	11,7	11,1	130,2	7	6,9	6,6
0,300		376,0	19			235,0	12			156,2	8		
0,400		438,4	22			265,0	13			175,2	9		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

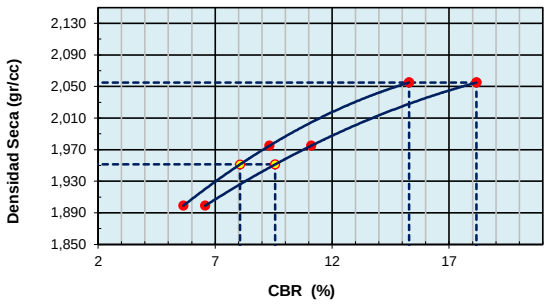
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 4+200
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

CALICATA	: 08
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



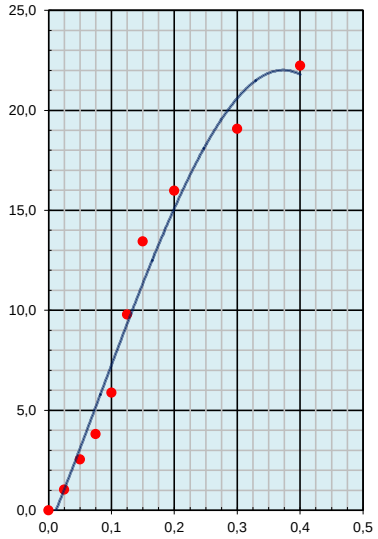
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 15,3**	**0.2": 18,2**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 8,1**	**0.2": 9,6**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2,054	gr/cc
Optimo Humedad	10,45	%

OBSERVACIONES:

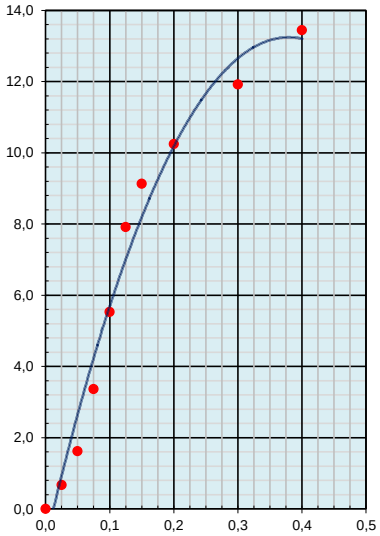
EC = 56 GOLPES

$y = -329{,}6x^3 + 81{,}179x^2 + 77{,}086x - 0{,}9319$



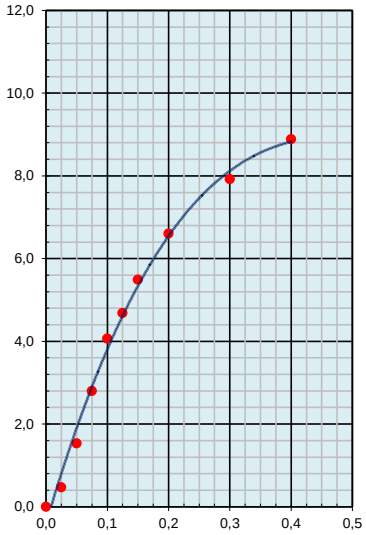
EC = 25 GOLPES

$y = 16{,}983x^3 - 111{,}25x^2 + 77{,}117x - 0{,}9261$



EC = 12 GOLPES

$y = 49{,}661x^3 - 88{,}217x^2 + 50{,}408x - 0{,}4033$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 4+800
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

DATOS DE LA OBRA

CALICATA	: 09
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	1100			
TARA + SUELO SECO	:	981			
PESO DEL AGUA	:	119			
PESO DEL SUELO SECO	:	981			
% DE HUMEDAD	:	12,1			**12,1**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 4+800

MATERIAL : Terreno Existente

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

CALICATA : 09
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				100,0
3/4"	19,100	87,0	9,1	9,1	90,9
1/2"	12,700	22,0	2,3	11,5	88,6
3/8"	9,520	7,8	0,8	12,3	87,7
1/4"	6,350				
# 4	4,760	133,0	14,0	26,2	73,8
# 8	2,360	6,1	0,9	27,1	72,9
# 10	2,000	1,1	0,2	27,3	72,7
# 16	1,190	1,5	0,2	27,5	72,5
# 20	0,840	1,3	0,2	27,7	72,3
# 30	0,590	1,0	0,1	27,9	72,1
# 40	0,420	0,5	0,1	27,9	72,1
# 50	0,300	2,2	0,3	28,3	71,7
# 80	0,177	3,1	0,5	28,7	71,3
# 100	0,149	0,6	0,1	28,8	71,2
# 200	0,074	2,4	0,4	29,2	70,8
< # 200	FONDO	480,2	70,8	100,0	0,0

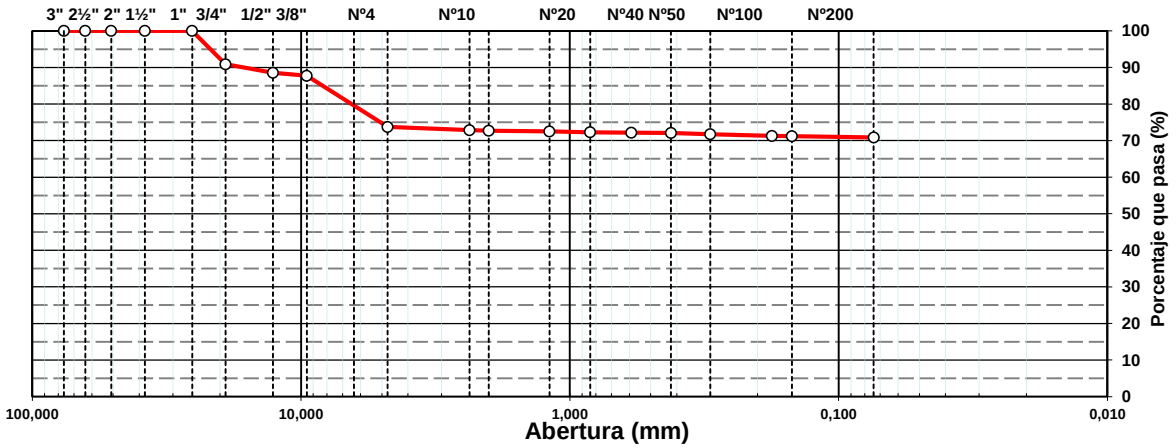
DESCRIPCION DE LA MUESTRA

PESO TOTAL	=	951,8	gr
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr
LIMITE LIQUIDO	=	35,6	%
LIMITE PLASTICO	=	21,4	%
INDICE PLASTICO	=	14,2	%
CLASF. AASHTO	=	A-6 (9)	
CLASF. SUCS	=	**CL**	

% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
	1100	981	12,1 %

Observaciones	Coef. Uniformidad	Indice de Consistencia
TOTAL	Coef. Curvatura	
Descripción suelo: **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON GRAVA**	Pot. de expansión	

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 4+800

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 27/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 09
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

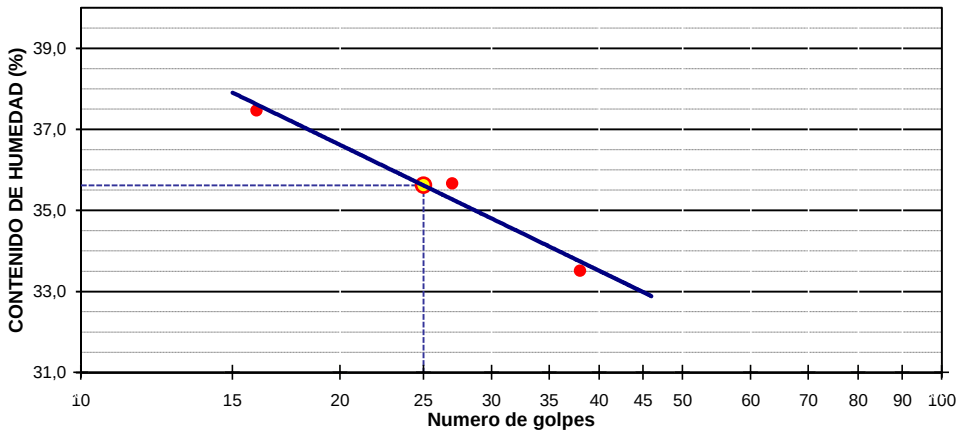
DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	11	23	7	
TARRO + SUELO HUMEDO	27,46	22,29	23,58	
TARRO + SUELO SECO	22,20	18,36	19,70	
AGUA	5,26	3,93	3,88	
PESO DEL TARRO	8,16	7,34	8,12	
PESO DEL SUELO SECO	14,04	11,02	11,58	
% DE HUMEDAD	37,46	35,66	33,51	
Nº DE GOLPES	16	27	38	

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	8	15		
TARRO + SUELO HUMEDO	19,77	20,84		
TARRO + SUELO SECO	18,36	19,21		
AGUA	1,41	1,63		
PESO DEL TARRO	11,84	11,50		
PESO DEL SUELO SECO	6,52	7,71		
% DE HUMEDAD	21,63	21,14		

LL : 35,6 % | **LP : 21,4 %** | **IP : 14,2 %**

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 4+800		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	27/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 09
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	221,33	187,26			
(2) Peso Tarro + agua + sal	271,33	237,26			
(3) Peso Tarro Seco + sal	221,36	187,30			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,03	0,04			
(5) Peso de Agua (2-3)	50,00	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,06 %	0,08 %			0,07 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 4+800		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB**	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA**	: : 26/06/2015

CALICATA : 09
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

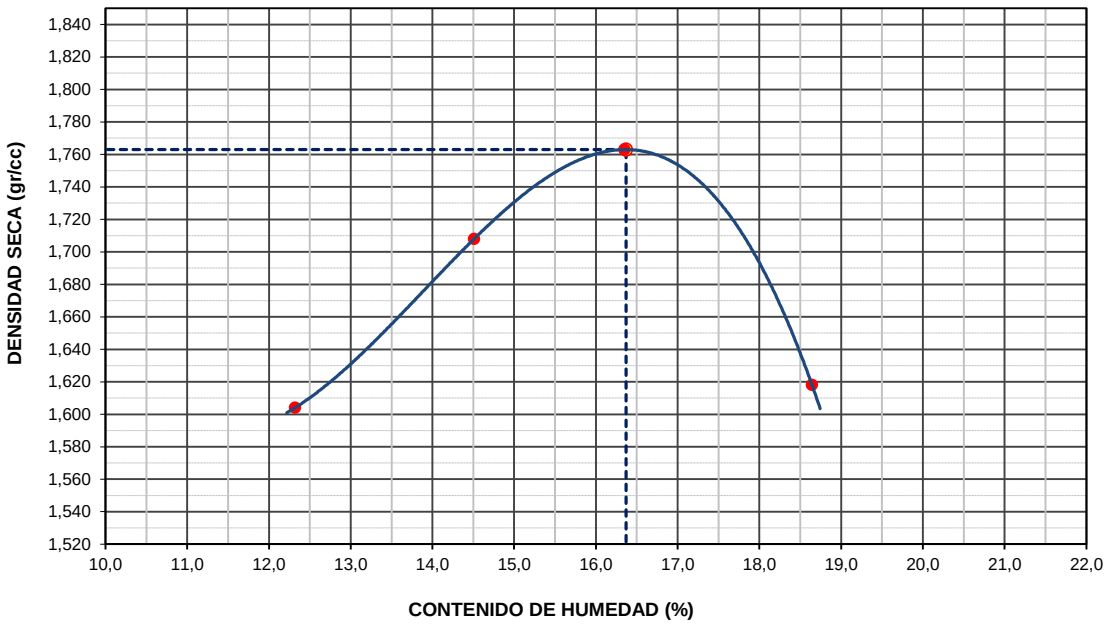
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	10612	10936	11137	10860	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3804	4128	4329	4052	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1,802	1,955	2,051	1,919	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	310,0	292,0	306,0	280,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	276,0	255,0	263,0	236,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	34,0	37,0	43,0	44,0	
PESO DE SUELO SECO	276,0	255,0	263,0	236,0	
CONTENIDO DE AGUA	**12,32**	**14,51**	**16,35**	**18,64**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,604**	**1,708**	**1,763**	**1,618**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1,763 gr/cm^3 | **HUMEDAD OPTIMA: 16,37 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

PROGRESIVA : **km. 4+800**

MATERIAL : **Terreno Existente**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

CALICATA : 09
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	41		12		24	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	12280	12345	12232	12385	11950	12140
PESO DE MOLDE	7931	7931	8038	8038	7927	7927
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4349	4414	4194	4347	4023	4213
VOLUMEN DEL MOLDE	2120	2120	2132	2132	2126	2126
DENSIDAD HÚMEDA	2,051	2,082	1,967	2,039	1,892	1,982
% DE HUMEDAD	16,48	18,50	16,38	20,94	16,35	22,75
DENSIDAD SECA	1,761	1,757	1,690	1,686	1,626	1,615
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	410,0	410,0	410,0	410,0	410,0	410,0
TARRO + SUELO SECO	352,0	346,0	352,3	339,0	352,4	334,0
PESO DEL AGUA	58,0	64,0	57,7	71,0	57,6	76,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	352,0	346,0	352,3	339,0	352,4	334,0
% DE HUMEDAD	16,48	18,50	16,38	20,94	16,35	22,75

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
26/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27/06/15	10:36	24	22,0	0,56	0,5	30,0	0,76	0,7	38,0	0,97	0,8
28/06/15	10:36	48	34,0	0,86	0,7	45,0	1,14	1,0	71,0	1,80	1,6
29/06/15	10:36	72	58,0	1,47	1,3	75,0	1,91	1,6	93,0	2,36	2,1

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº			41	MOLDE Nº			12	MOLDE Nº			24
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		43,0	2			24,0	1			17,2	1		
0,050		78,0	4			30,0	2			21,3	1		
0,075		106,0	5			55,2	3			29,3	1		
0,100	70,3	140,0	7	7,3	10,4	73,2	4	4,8	6,9	35,2	2	2,8	4,0
0,125		172,0	9			96,3	5			55,3	3		
0,150		210,0	11			128,2	7			76,3	4		
0,200	105,5	283,0	14	14,1	13,3	164,2	8	9,0	8,5	94,2	5	5,2	5,0
0,300		352,0	18			188,2	10			108,2	5		
0,400		385,0	20			224,3	11			120,0	6		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

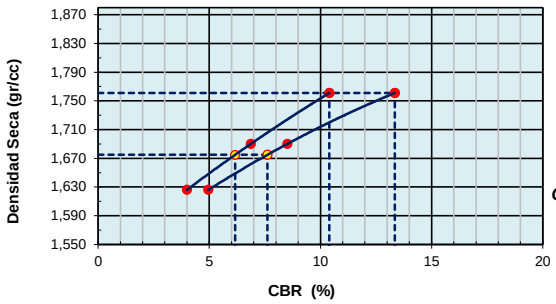
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 4+800
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

CALICATA	: 09
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



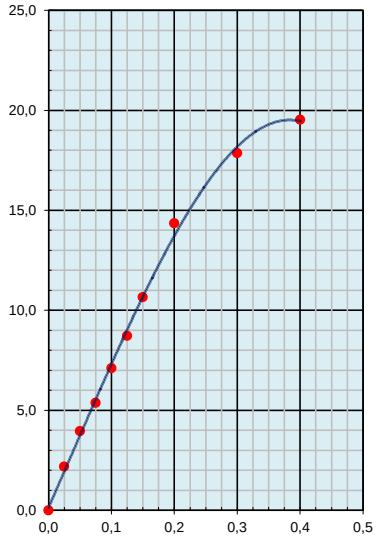
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 10,4**	**0.2": 13,3**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 6,2**	**0.2": 7,6**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1,763	gr/cc
Optimo Humedad	16,37	%

OBSERVACIONES:

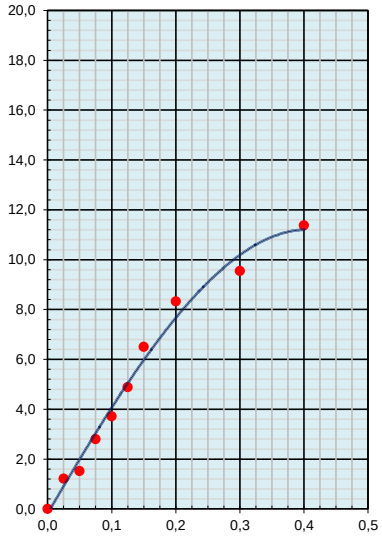
EC = 56 GOLPES

$y = -202{,}73x^3 + 23{,}536x^2 + 71{,}31x + 0{,}142$



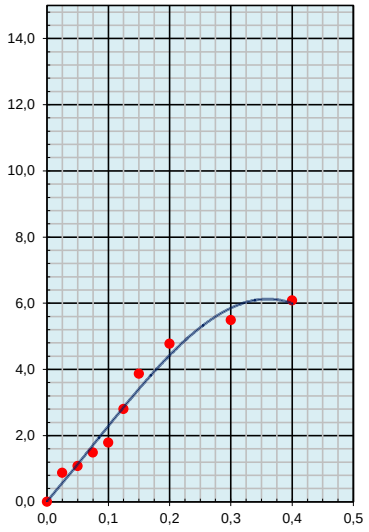
EC = 25 GOLPES

$y = -71{,}696x^3 - 10{,}927x^2 + 44{,}326x - 0{,}1889$



EC = 12 GOLPES

$y = -96{,}737x^3 + 22{,}489x^2 + 21{,}411x + 0{,}0186$



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476

Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE HUMEDAD

(NORMA ASTM D 2216/4643)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 5+400
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

DATOS DE LA OBRA

CALICATA	: 10
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

HUMEDAD NATURAL

MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
N° DE TARA	:	10	S/n	S/n	
PESO DE LA TARA	:				
TARA + SUELO HUMEDO	:	1100			
TARA + SUELO SECO	:	921			
PESO DEL AGUA	:	179			
PESO DEL SUELO SECO	:	921			
% DE HUMEDAD	:	19,4			**19,4**

OBSERVACIONES :

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
MTC E - 107

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 5+400

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26/06/2015

SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 10
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

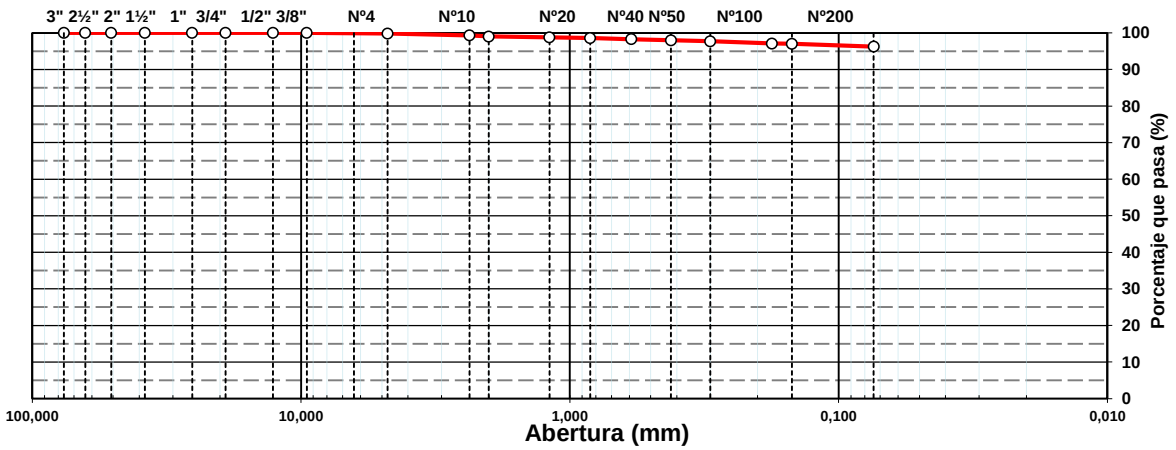
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PAR.	%RET. AC.	% Q' PASA
3"	76,200				
2 1/2"	63,500				
2"	50,800				
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,100				
1/2"	12,700				
3/8"	9,520				100,0
1/4"	6,350				
# 4	4,760	0,9	0,2	0,2	99,8
# 8	2,360	2,5	0,5	0,7	99,3
# 10	2,000	1,6	0,3	1,0	99,0
# 16	1,190	1,1	0,2	1,2	98,8
# 20	0,840	0,8	0,2	1,4	98,6
# 30	0,590	1,7	0,3	1,7	98,3
# 40	0,420	1,6	0,3	2,0	98,0
# 50	0,300	1,3	0,3	2,3	97,7
# 80	0,177	3,0	0,6	2,9	97,1
# 100	0,149	0,5	0,1	3,0	97,0
# 200	0,074	3,8	0,8	3,8	96,2
< # 200	FONDO	481,2	96,2	100,0	0,0

DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
PESO TOTAL	=	500,0	gr
PESO FRACCIÓN FINC	=	500,0	gr
LIMITE LIQUIDO	=	48,3	%
LIMITE PLASTICO	=	26,3	%
INDICE PLASTICO	=	22,0	%
CLASF. AASHTO	=	A-7-6	(14)
CLASF. SUCS	=	CL	

% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humd.
	1100	921	19,4 %

Observaciones		Coef. Uniformidad		Indice de Consistencia
TOTAL		Coef. Curvatura		
Descripción suelo:	**ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD**	Pot. de expansión		

CURVA GRANULOMETRICA



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

MTC E - 110, MTC E 111

PROYECTO : Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.

PROGRESIVA : km. 5+400

MATERIAL : Terreno Existente

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 27/06/2015

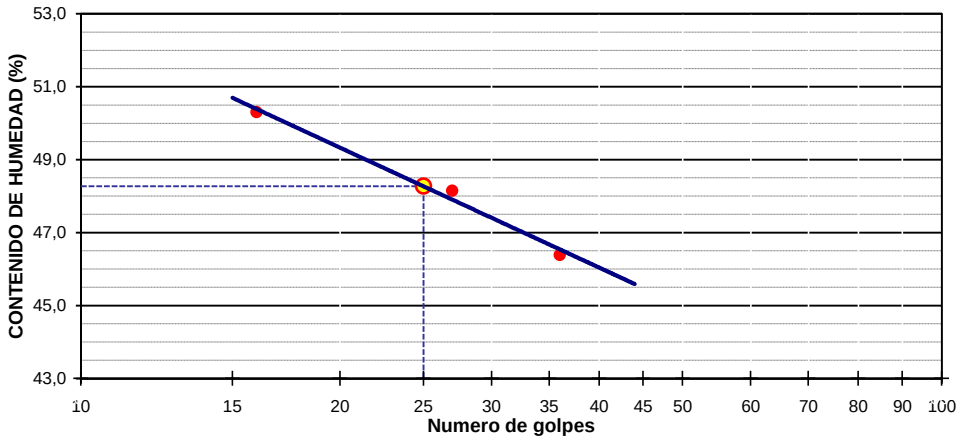
SOLICITANTE : Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

CALICATA : 10
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO	16	5	7	
TARRO + SUELO HUMEDO	26,32	22,60	26,89	
TARRO + SUELO SECO	20,50	17,92	20,86	
AGUA	5,82	4,68	6,03	
PESO DEL TARRO	8,93	8,20	7,86	
PESO DEL SUELO SECO	11,57	9,72	13,00	
% DE HUMEDAD	50,30	48,15	46,38	
Nº DE GOLPES	16	27	36	
LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO	20	15		
TARRO + SUELO HUMEDO	16,20	18,26		
TARRO + SUELO SECO	14,26	16,20		
AGUA	1,94	2,06		
PESO DEL TARRO	7,06	8,16		
PESO DEL SUELO SECO	7,20	8,04		
% DE HUMEDAD	26,94	25,62		
LL : 48,3 %	**LP : 26,3 %**		**IP : 22,0 %**	

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074-619319 - RPM: #948852622 - RPC: 954131476
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@hotmail.com

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS

(NORMA MTC-E- 219)

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 5+400		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB :**	S.B.F.
		TEC. LAB. :	D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA :**	27/06/2015

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: 10
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

	IDENTIFICACION				Promedio
MUESTRA	1	2			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres	205,23	164,15			
(2) Peso Tarro + agua + sal	255,23	214,15			
(3) Peso Tarro Seco + sal	205,31	164,24			
(4) Peso de Sal (3 -1)	0,08	0,09			
(5) Peso de Agua (2-3)	55,00	50,00			
(6) Porcentaje de Sal	0,15 %	0,18 %			0,16 %

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
MTC E - 115

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.		
PROGRESIVA	: km. 5+400		
MATERIAL	: Terreno Existente	**RESP. LAB**	: S.B.F.
		TEC. LAB.	: D.A.B.
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .	**FECHA**	: : 26/06/2015

CALICATA : 10
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

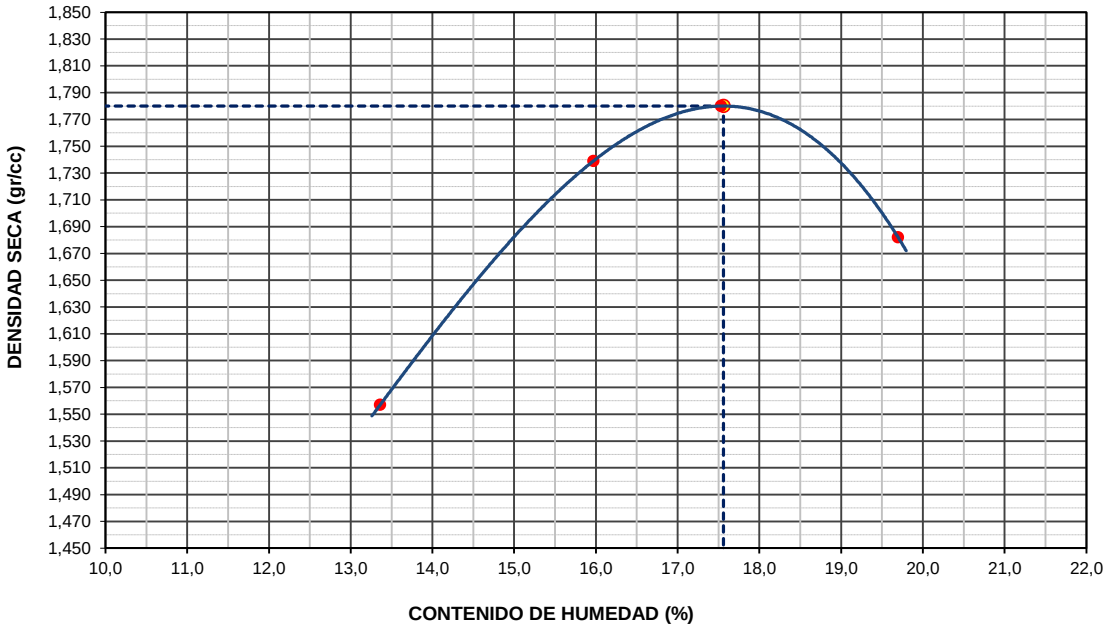
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) 2111	PESO DEL MOLDE (gr.) :		6808	METODO	"C"
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE	10535	11066	11225	11058	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3727	4258	4417	4250	
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1,766	2,017	2,092	2,013	

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA	280,0	305,0	295,0	316,0	
PESO SUELOS SECO + TARA	247,0	263,0	251,0	264,0	
PESO DE LA TARA					
PESO DE AGUA	33,0	42,0	44,0	52,0	
PESO DE SUELO SECO	247,0	263,0	251,0	264,0	
CONTENIDO DE AGUA	**13,36**	**15,97**	**17,53**	**19,70**	
PESO VOLUMETRICO SECO	**1,557**	**1,739**	**1,780**	**1,682**	

DENSIDAD MAXIMA SECA: 1,780 gr/cm^3 | **HUMEDAD OPTIMA: 17,56 %**

GRAFICO DENSIDAD - HUMEDAD



SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO : **Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.**

PROGRESIVA : **km. 5+400**

MATERIAL : **Terreno Existente**

SOLICITANTE : **Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .**

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

CALICATA : 10
MUESTRA : M - 1
PROF. (m) : 0.00 - 1.50

DATOS DE ENSAYO

DENSIDAD VOLUMETRICA

N° DE MOLDE	9		17		24	
Nº CAPA	5		5		5	
GOLPES POR CAPA Nº	56		25		12	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO	11550	10493	11900	12235	12050	12220
PESO DE MOLDE	7145	7145	7645	7645	7927	7927
PESO DEL SUELO HÚMEDO	4405	3348	4255	4590	4123	4293
VOLUMEN DEL MOLDE	2105	2105	2112	2112	2126	2126
DENSIDAD HÚMEDA	2,093	1,590	2,015	2,173	1,939	2,019
% DE HUMEDAD	17,47	19,50	17,57	21,02	17,65	23,38
DENSIDAD SECA	1,782	1,331	1,714	1,796	1,648	1,636
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° DE TARRO	-	-	-	-	-	-
TARRO + SUELO HÚMEDO (GR.	380,0	380,0	380,0	380,0	380,0	380,0
TARRO + SUELO SECO	323,5	318,0	323,2	314,0	323,0	308,0
PESO DEL AGUA	56,5	62,0	56,8	66,0	57,0	72,0
PESO DEL TARRO						
PESO DEL SUELO SECO	323,5	318,0	323,2	314,0	323,0	308,0
% DE HUMEDAD	17,47	19,50	17,57	21,02	17,65	23,38

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
		Hr.	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
26/06/15	10:36	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27/06/15	10:36	24	30,0	0,76	0,7	46,0	1,17	1,0	64,0	1,63	1,4
28/06/15	10:36	48	72,0	1,83	1,6	92,0	2,34	2,0	105,0	2,67	2,3
29/06/15	10:36	72	89,0	2,26	2,0	116,0	2,95	2,6	166,0	4,22	3,7

PENETRACION

PENETRACION	CARGA	MOLDE Nº		9		MOLDE Nº		17		MOLDE N°		24	
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0,000		0,0	0			0,0	0			0,0	0		
0,025		24,1	1			15,2	1			8,1	0		
0,050		40,2	2			25,1	1			14,2	1		
0,075		50,2	3			32,3	2			20,2	1		
0,100	70,3	66,2	3	3,3	4,6	40,2	2	2,0	2,9	29,3	1	1,4	2,0
0,125		82,4	4			51,2	3			34,1	2		
0,150		93,2	5			58,2	3			42,2	2		
0,200	105,5	128,2	7	6,1	5,8	80,2	4	3,8	3,6	49,2	2	2,5	2,4
0,300		167,2	8			94,3	5			60,4	3		
0,400		173,0	9			102,0	5			65,2	3		
0,500													

SERVICIOS DE LABORATORIOS DE SUELOS Y PAVIMENTOS S.A.C

- Mecánica de Suelos - Viga Benkelman - Concreto - Roturas de Testigos
- Asfalto en Caliente - Emulsiones Asfálticas - Canteras - Proyectos de Canteras
- Cimentaciones - Laboratorio - Autopistas - Supervisión de Obras Civiles

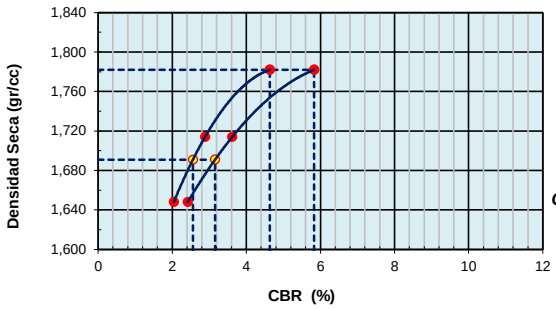
Calle. Juan Pablo II N° 682 Urb. Las Brisas - Telf. 074 - 619319 / 632606 - Cel: 979666618 - RPM # 000366 - Rpc. 965726225
Pág. Web: www.emplaboratorios.com / E-mail: servicios_lab@yahoo.es

PROYECTO	: Diseño Geometrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de arte para optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el año 2015.
PROGRESIVA	: km. 5+400
MATERIAL	: Terreno Existente
SOLICITANTE	: Julio Cesar Romero Cabanillas, Elvis Robert Ramos Guevara .

RESP. LAB : S.B.F.
TEC. LAB. : D.A.B.
FECHA : 26-jun-15

CALICATA	: 10
MUESTRA	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



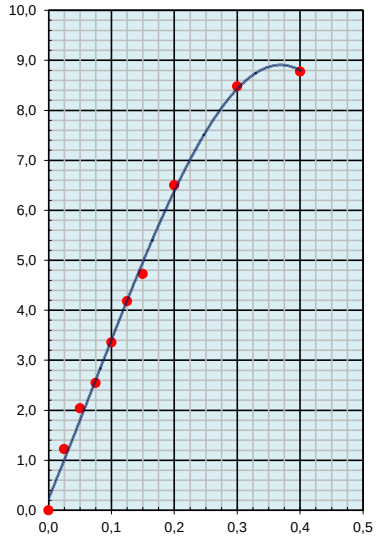
C.B.R. AL 100% DE M.D.S.	**0.1": 4,6**	**0.2": 5,8**
C.B.R. AL 95% DE M.D.S.	**0.1": 2,6**	**0.2": 3,2**

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1,780	gr/cc
Optimo Humedad	17,56	%

OBSERVACIONES:

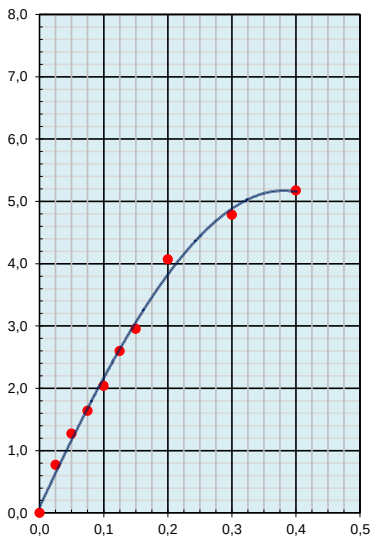
EC = 56 GOLPES

$y = -123{,}3x^3 + 27{,}306x^2 + 30{,}211x + 0{,}2367$



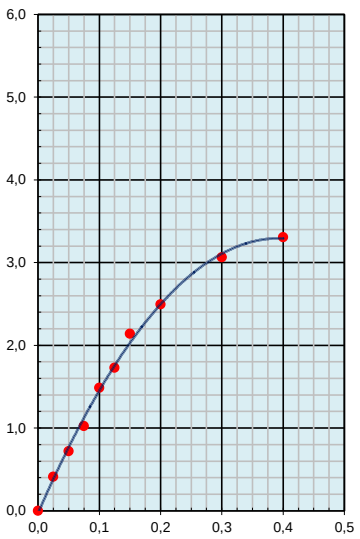
EC = 25 GOLPES

$y = -31{,}071x^3 - 11{,}36x^2 + 22{,}165x + 0{,}0942$



EC = 12 GOLPES

$y = 0{,}9673x^3 - 22{,}188x^2 + 17{,}026x - 0{,}0289$



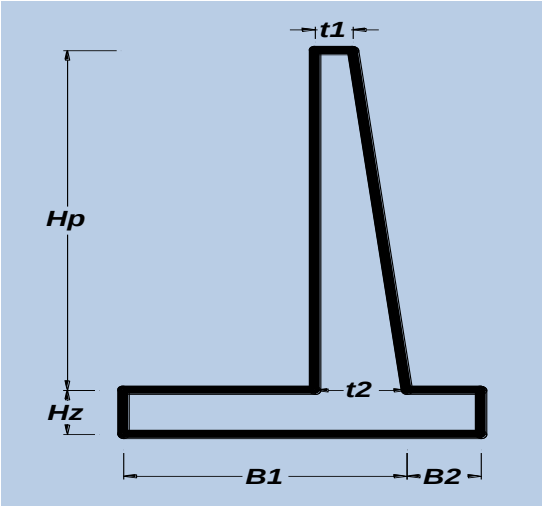
PANEL FOTOGRAFICO

DISEÑO DE MURO EN VOLADIZO

PROYECTO: *DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015*

DATOS: ***PROGRESIVA 0+100 - 0+140 MURO DE 40 MTS H= 3.5 MTS***

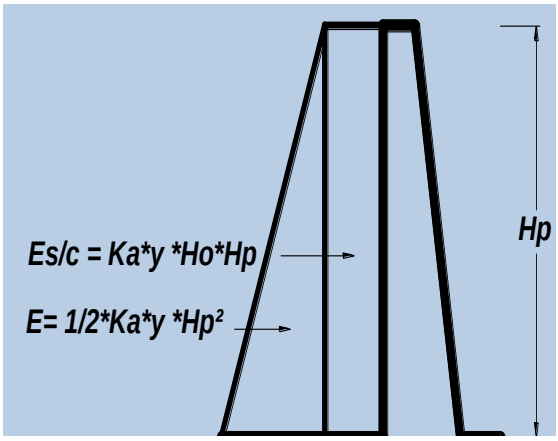
FSD		=	1.50
FSV		=	1.75
ANGULO FRIC. INTERNO		=	32º
COEF. EMP. ACTIVO	Ka	=	0.307
COEF. FRICCION DESL.	f	=	0.50
PESO DE RELLENO	γ	=	1.80 Ton/m3
PESO MURO CONCRETO		=	2.40 Ton/m3
SOBRECARGA	Ws/c	=	0.50 Ton/m2
ALTURA EQUIV. S/C	Ho	=	0.278
ALTURA PANTALLA	Hp	=	3.50 m
CAPACID. PORTANTE	Gt	=	0.70 Kg/cm2
CONCRETO	f'c	=	210 Kg/cm2
ACERO	fy	=	4200 Kg/cm2



1.00 DIMENSIONAMIENTO DE PANTALLA

t1		=	0.30 m

$$M = Ka\gamma \frac{Hp^3}{6} + Ka\gamma * Ho \frac{Hp^2}{2}$$



M (En la base)		=	4.89 Ton-m
Mu :=1.7M		=	8.31 Ton-m
Cuantia (asumida)		=	0.004
d		=	0.240 m
t2		=	0.288 m
Usar t2		=	0.500 m
d		=	0.452 m (Rec. 4.00 cm.- acero Ø=5/8")

2.00 VERIFICACIÓN POR CORTE

Vd		=	3.035 Ton-m (Cortante a una altura: Hp-d)
Vdu=1.7Vd		=	5.160 Ton-m (Cortante Ultimo)
t d		=	0.426 m (Peralte a una distancia "d")
$Vc = \emptyset * 0.5\sqrt{F'c} * b * td$		=	27.811 Ton (Cortante admisible)
Vce = 2/3*Vc		=	18.541 Ton (Cortante admisible efectivo por traslape en la base)
Vce>Vdu			**BIEN**

3.00 DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA

Hz=t2+0.05	=	0.550 m	**Usar:**	0.600 m
H=Hz+Hp	=	4.100 m		
He=Hz+Hp+Ho	=	4.378 m		
PESO PROMEDIO γm	=	2.00 Ton/m3	(Del concreto y del suelo)	

DISEÑO DE MURO EN VOLADIZO

PROYECTO: *DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015*

DIMENSIONAMIENTO POR ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

$$B1 \geq FSD * \frac{Ka * \gamma * He}{2 * f * \gamma m}$$

B1	=	*1.814 m*	**Usar:**	*2.000 m*

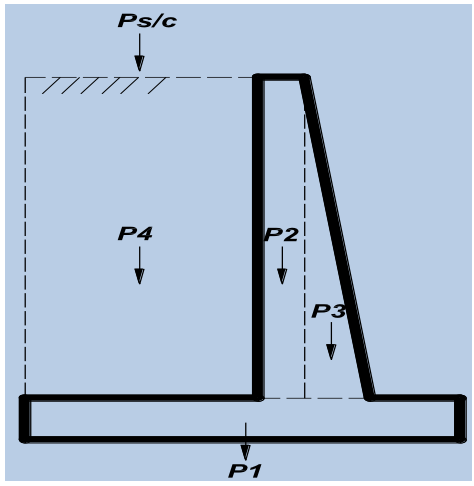
DIMENSIONAMIENTO POR ESTABILIDAD AL VOLTEO

$$B2 \geq \left[\frac{f}{3} * \frac{FSV}{FSD} - \frac{B1}{2He}\right] * He$$

B2	=	*-0.149 m*	**Usar:**	*0.700 m*

4.00 VERIFICACIÓN POR ESTABILIDAD

FUERZAS RESISTENTES			
P	**PESO (Ton)**	**BRAZO (m)**	**MOMENTO (Ton-m)**
P1	3.888	1.350	5.249
P2	2.520	1.050	2.646
P3	0.840	0.833	0.7
P4	9.450	1.950	18.428
Ps/c	0.750	1.950	1.463
TOTAL	**17.448**		**28.486**

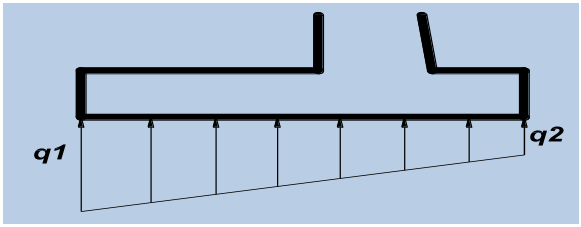


FUERZAS ACTUANTES

Ha	=	*5.274 Ton*	
Ma	=	*7.640 Ton-m*	
FSD	=	*1.654*	
FSD	>	*1.500*	**BIEN**
FSV	=	*3.729*	
FSV	>	*1.750*	**BIEN**

5.00 PRESIONES SOBRE EL TERRENO

Xo	=	*1.195 m*	
e	=	*0.160 m*	
B/6	=	*0.450 m*	
B/6>e		*¡BIEN! RESULTANTE DENTRO DEL TERCIO CENTRAL*	



q1	=	*0.876 Kg/cm2*	
q2	=	*0.416 Kg/cm2*	
q1 < Gt		*¡MAL! NO PASA*	
q2 < Gt		*¡BIEN!*	

DISEÑO DE MURO EN VOLADIZO

PROYECTO: *DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015*

6.00 DISEÑO DE LA PANTALLA (Método de la Rotura)

6.01 REFUERZO VERTICAL

ARMADURA PRINCIPAL EN LA BASE (CARA INTERIOR)

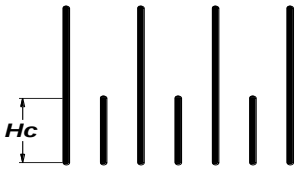
Mu	=	8.31	Ton-m		
t2	=	50.00	Cm		
d	=	24.00	Cm		
b	=	100.00	Cm		
F'c	=	210	Kg/cm2		
Fy	=	4200	Kg/cm2		
W	=	0.080			
As	=	9.60	Cm2	USAR ACERO Ø5/8" @	21 Cm

Asmin= 0.0018*b*d

Asmin=	=	*4.32*	*cm2/m*	en la base	USAR ACERO Ø5/8" @ 46 Cm
Asmin=	=	*4.54*	*cm2/m*	en la corona	

Altura de corte para Mu/2:

H corte	=	0.757	m
USAR:	=	1.500	m



ARMADURA SECUNDARIA (CARA EXTERIOR)

Armadura de montaje (3/8" ó 1/2")

$$S = 36\emptyset \leq 45Cm$$

USAR ACERO 3/8" @ 34.29 Cm

6.02 REFUERZO HORIZONTAL

Ast= 0.0020bt (contración y temperatura)

Ast arriba:	*6.00 cm2/m*					
	2/3Ast	=	*4.00 cm2/m*	3/8" @	18 Cm	cara contacto con intemperie
	1/3Ast	=	*2.00 cm2/m*	3/8" @	36 Cm	cara contacto con suelo
Ast intermed:	*8.00 cm2/m*					
	2/3Ast=	=	*5.33 cm2/m*	3/8" @	13 Cm	cara contacto con intemperie
	1/3Ast=	=	*2.67 cm2/m*	3/8" @	27 Cm	cara contacto con suelo
Ast abajo:	*10.00 cm2/m*	cm2/m				
	2/3Ast=	=	*6.67 cm2/m*	3/8" @	11 Cm	cara contacto con intemperie
	1/3Ast=	=	*3.33 cm2/m*	3/8" @	21 Cm	cara contacto con suelo

7.00 DISEÑO DE LA ZAPATA (Método de la Rotura)

CARGAS POR MT. DE ANCHO

Wrelleno	=	*6.30*	*Ton/m*	(peso del relleno)
Wpp	=	*1.44*	*Ton/m*	(peso propio)
Ws/c	=	*0.50*	*Ton/m*	(peso sobrecarga)

DISEÑO DE MURO EN VOLADIZO

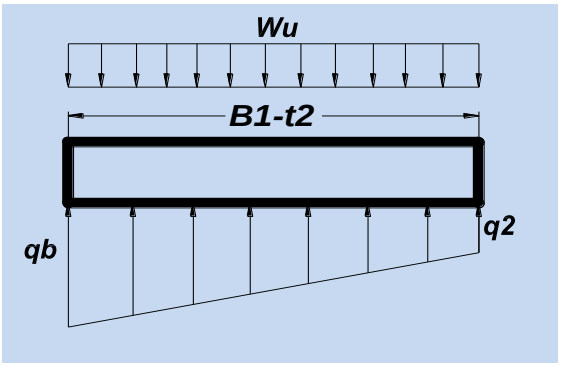
PROYECTO: *DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015*

ZAPATA ANTERIOR (izquierda)

W	=	*1.44 Ton/m*	
Wu	=	*13.60 Ton/m*	
Mu	=	*3.3 Ton-m*	
d	=	51.70 Cm	(Recubrimento 7.5 cm. y 1/2 acero 5/8")
b	=	100.00 Cm	
F'c	=	*210 Kg/cm2*	
Fy	=	*4200 Kg/cm2*	
W	=	0.007	
As	=	1.71 Cm2	
Asmin= 0.0018*b*d			
Asmin=	=	9.31 Cm2	USAR ACERO Ø5/8" @ 21 Cm

ZAPATA POSTERIOR (derecha)

qb	=	*6.72 Ton/m*	
q2	=	*4.16 Ton/m*	
W	=	*8.24 Ton/m*	
Wu	=	*11.69 Ton/m*	
M	=	*3.63 Ton/m*	
Mu	=	*5.3 Ton-m*	
d	=	54.20 Cm	
b	=	100.00 Cm	
F'c	=	*210 Kg/cm2*	
Fy	=	*4200 Kg/cm2*	
W=	=	0.010	
As=		2.58 Cm2	
Asmin=		9.76 Cm2	USAR: Ø5/8" @ 20 Cm



VERIFICACION POR CORTANTE

q'd=	*6.00 Ton/m*	
Vdu=	*3.84 Ton*	
Vc=	*35.38 Ton*	
Vc>Vdu		**BIEN**

REFUERZO TRANSVERSAL

Ast= 10.80 Cm2 USAR: Ø5/8" @ 18 Cm

Armadura de montaje (3/8" o 1/2")

Asmontaje USAR: Ø3/8" @ 34 Cm

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS."

CHICLAYO JULIO DE 2017

INDICE

I.- INTRODUCCION

1.1.- GENERALIDADES

1.2.- ANTECEDENTES

1.3.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1.3.1.- Objetivo General

1.3.2.- Objetivos Específicos

1.4.- JUSTIFICACION DEL PROYECTO

II.- MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

2.1.- GENERALIDADES

2.2.- REGLAMENTO AMBIENTAL APLICABLE

III.- CARACTERIZACION AMBIENTAL Y SOCIAL-LINEA BASE

3.1.- ACTORES INVOLUCRADOS Y SU INFLUENCIA EN EL PROYECTO

3.2.- LINEA BASE DEL LUGAR DONDE SE EJECUTARA EL PROYECTO

IV.- IDENTIFICACION, VALORACION Y DESCRIPCION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES MODERADOS

4.1.- METODOLOGIA DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS - AMBIENTAL Y SOCIAL-PARA VIABILIDAD DE ESTUDIO AMBIENTAL

4.2.- DESCRIPCION DE LA IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN ETAPAS DEL PROYECTO

4.2.1.- FASE DE EJECUCIÓN

4.2.2.- FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

4.2.3.- FASE DE CIERRE Y REHABILITACIÓN

4.3.- MATRIZ DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS

4.3.1.- Matriz de Identificación Impactos

4.3.2.- Matriz de Caracterización Determinación de la Importancia del Impacto.

4.3.3.- Matriz de Importancia

4.3.4.- Matriz de Valorización Cualitativa

V.- ESTRATEGIA DE MANEJO AMBIENTAL

5.1.- PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

5.1.1.- Generalidades

5.1.2.- Objetivos del Plan de Manejo Ambiental

a. Objetivo General

b. Objetivos Específicos

5.1.3.- Estrategia del Plan de Manejo Ambiental

5.1.4.- Control Permanente del Plan de Manejo Ambiental

5.2.- PROGRAMAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

7.2.1.- Objetivo General

5.2.2.- Medidas Complementarias

5.2.3.- Programa de Manejo de Residuos

a. Generalidades

b. Objetivos

c. Manejo de Residuos Sólidos

d. Manejo de Efluentes Líquidos

5.2.4.- Programa de Monitoreo y Seguimiento Ambiental

5.2.5.- Programa de Capacitación y Educación Ambiental

5.2.6.- Programa de Educación y Sensibilización

5.3.- PLAN DE ABANDONO Y CIERRE

5.3.1.- Aspectos Generales y Objetivo General

a. Objetivo General

b. Objetivos Específicos

5.3.2.- Procedimientos Generales

5.3.3.- Desarrollo del Plan

5.3.4.- Plan de Abandono en la Fase de Construcción

5.3.5.- Plan de Abandono en la Fase de Operación

5.4.- PROGRAMA DE SEGUIMIENTO, VIGILANCIA Y CONTROL

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I.- INTRODUCCION

Actualmente el desarrollo de los pueblos, va de la mano con la búsqueda del desarrollo sostenible, en el cual se tiene mucha precaución que los trabajos a realizarse, tengan el menor impacto ambiental posible, o en el mejor de los casos no impacten ambientalmente. Es por ello que de una manera responsable, se presenta este estudio acorde con la normatividad vigente.

El Proyecto “Diseño Geométrico Del Camino Vecinal A Nivel Afirmado Y Sus Obras De Arte Para Optimizar La Transitabilidad Entre Los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito De Cumba, Utcubamba, Amazonas.”; comprende el mejoramiento del camino vecinal a nivel afirmado y sus obras de arte entre los caseríos sinaí - cruce Hualango, y que por no contar con las condiciones adecuadas no cumple con la demanda requerida.

El objetivo principal de este estudio de impacto ambiental es la identificación, valoración y descripción de los impactos ambientales, para que conforme a la estrategia de manejo ambiental, se propongan los planes y programas de mitigación ambiental adecuados.

1.1.- GENERALIDADES

El Estudio se inicia con el conocimiento del marco político, legal y administrativo en que está enmarcado el proyecto. En general los proyectos de este tipo no generan alteraciones significativas en el entorno ambiental, resaltando sobre todo las que se producirán en las fases de construcción, entre las cuales resalta la el movimiento de tierras y la Construcción de obras de concreto, y otras obras civiles a ejecutarse la carretera, que generará residuos sólidos, líquidos y gaseosos que impactarán negativamente en los recursos agua, aire y suelo. Así como también los impactos positivos que resultarán de dar un servicio eficiente y con buena cobertura a la población beneficiada, que incidirá directamente en su bienestar y economía.

En base a la evaluación ambiental, se propone un Plan de Manejo Ambiental que tenga como centro, las zonas que se verán más afectadas, como patio de maquinas, botaderos, canteras, etc. En este documento se señala la estructura programática que deberá tener este Plan, en función de la secuencia de actividades en cada una de las fases del proyecto.

Se propone un Programa de Monitoreo, considerando las características del Proyecto y de la situación ambiental actual del área en estudio, el cual deberá

comprender todo el área en estudio y trascender los aspectos de calidad de residuos generados por la implantación del mismo.

Igualmente se presenta un Plan de Contingencia, entendido este como el sistema de organización y equipamiento preparado para enfrentar un problema eventual de alto riesgo, que permita prevenir en lo posible que se produzcan daños mayores, controlar el proceso y asistir la restauración; también para el Plan de Abandono y Cierre, es decir el conjunto de acciones para abandonar o rehabilitar estructuras, instalaciones y/o actividades que se consideran en el Proyecto, y se tomen las medidas necesarias para evitar efectos adversos al medio ambiente como consecuencia de la generación de residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Ambos planes involucran la participación decisiva del encargado de la ejecución del proyecto.

Las conclusiones y recomendaciones, están enmarcadas al proyecto, conforme a los resultados del estudio, y se presenta un cuadro resumen conteniendo los compromisos ambientales señalados en los planes del EIA.

1.2.- ANTECEDENTES

- El proyecto no cuenta con una evaluación ambiental preliminar.

1.3.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1.3.1.- Objetivo General

a. El objeto del presente Estudio de Impacto Ambiental es la identificación, análisis y evaluación de los impactos potenciales positivos y negativos que generará el proyecto en sus diferentes etapas: construcción, operación y mantenimiento, con el propósito de establecer los lineamientos a seguir para mitigar los efectos negativos que podrían generarse durante su ejecución.

1.3.2.- Objetivos Específicos

a. Cumplir con la normatividad ambiental existente en el país.
b. Sustentar los criterios de diseño empleados para minimizar el impacto ambiental del proyecto.
c. Establecer formas de manejo de los ecosistemas que permitirán mantener un equilibrio ecológico real.
d. Establecer las acciones de prevención, corrección y control de los impactos ambientales, que garanticen la conservación del entorno a las operaciones.
e. Determinar el balance de Impactos positivos y negativos del proyecto.
f. Determinar si el Proyecto puede ser ejecutado en armonía con el Medio Ambiente.

g. Establecer mediante los compromisos ambientales, adquiridos en el presente estudio de impacto ambiental, las medidas necesarias para garantizar la sustentabilidad ambiental del presente proyecto, así como permitir a las autoridades con competencias ambientales tener una guía adecuada de control y seguimiento de su desempeño.

II.- MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

2.1.- GENERALIDADES

La explicación del estudio de impacto ambiental, se basa en la normatividad ambiental legal vigente, y en las capacidades institucionales para su cumplimiento; es por esta razón que se hace imprescindible exponer el marco legal e institucional, conteniendo principalmente la regulación nacional, regional y sectorial aplicable.

El presente Estudio de Impacto Ambiental, se ha desarrollado teniendo como marco jurídico las normas legales de protección ambiental vigentes en el país. Además, su elaboración está basada en las normas técnicas emitidas por el ministerio del ambiente, órgano competente para este sector.

Podemos describir algunas leyes y normas como:

Ley Nº 28611: Ley General del Ambiente; Ley Nº 27446: Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su reglamento aprobado mediante D.S. Nº 019-2009-MINAM; Ley Nº26786: Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades; D.S. Nº 074-2001-PCM: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire; D.S. Nº 085-2003-PCM: Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido; Ley Nº 27314: Ley General de los Residuos Sólidos y su Reglamento aprobado mediante D.S. Nº 057-2004-PCM; Ley Nº29338; Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento aprobado mediante D.S.Nº 001-2010-AG; D.S. Nº 003-2010-MINAM: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales; D.S. Nº 002-2008-MINAM: Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para el Agua; Ley Nº 26821: Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales; Ley Nº 26842: Ley General de Salud.; Ley Nº 28245: Ley Marco del Sistema de Gestión Ambiental; D.Leg. Nº 757: Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada en el Perú; D.Leg. Nº 613: Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales; Ley Nº 26410: Ley del Consejo Nacional del Ambiente (CONAM); Ley Nº 26821: Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.

2.2.- REGLAMENTACION AMBIENTAL APLICABLE

2.2.1.- Constitución Política del Perú (1993)

Es la norma legal de mayor jerarquía en nuestro país. En el artículo 2º establece que, es deber primordial del estado garantizar el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida. En los artículos 66º, 67º y 68º, se indican que el estado determina la política nacional del ambiente, se señala que los recursos naturales renovables

y no renovables son patrimonio de la nación, por lo que está obligado a promover el uso sostenible de los recursos naturales y la conservación de la diversidad biológica.

2.2.2.- Ley General del Ambiente Ley Nº 28611 del 15 de Octubre del 2005, Articulo 24

a. Toda actividad humana que implique construcciones, obras, servicios, y otras actividades, así como las políticas, planes y programas públicos susceptibles de causar impactos ambientales de carácter significativo, está sujeta, de acuerdo a Ley, al sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental-SEIA, el cual es administrado por la Autoridad ambiental Nacional. La Ley y su reglamento desarrollan los componentes del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
b. Los proyectos o actividades que no están comprendidos en el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, deben desarrollarse de conformidad con las normas de protección ambiental específicas de la materia.

2.2.3.- Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales (Ley Nº 26821 del 26/6/1997)

Esta Ley norma el régimen de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, en tanto constituyen patrimonio de la Nación, estableciendo sus condiciones y las modalidades de otorgamiento a particulares, en cumplimiento del mandato contenido en los artículos 66º y 67º del Capítulo II del título III de la Constitución Política del Perú y en concordancia con los convenios internacionales ratificados por el Perú. En el Art. 29º, se mencionan las condiciones del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, por parte del titular de un derecho de aprovechamiento, sin perjuicio de los dispuesto en las leyes especiales.

Estas son:

a. Utilizar el recurso natural, de acuerdo al título del derecho, para los fines que fueron otorgados, garantizando el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales.
b. Cumplir con las obligaciones dispuestas por la legislación especial correspondiente.
c. Cumplir con los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental, y los Planes de Manejo de los recursos naturales establecidos por la legislación sobre la materia.

2.2.4.- Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica (Ley Nº 26839 del 16/7/1997)

Esta Ley regula lo relativo a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes, en concordancia con el artículo 66º y 68º de la Constitución Política del Perú. Además promueve la conservación de la diversidad de ecosistemas, especies y genes, el mantenimiento de los

procesos ecológicos esenciales, la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de la biodiversidad biológica, y el desarrollo económico del país basado en el uso sostenible de sus componentes, en concordancia con el Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica. Esta Ley ha sido reglamentada mediante Decreto Supremo Nº 068-2001-PCM (21-06-2001).

2.2.5.- Código Civil

Este Decreto Legislativo Nº 635 de 1984, precisa las condiciones procesales para el ejercicio de las acciones civiles en defensa del medio ambiente. Pueden interponerlas el Ministerio Publico, las ONGs ambientales (según discrecionalidad judicial), los gobiernos regionales y locales, las comunidades campesinas y nativas y donde éstas no existan las rondas campesinas.

2.2.6.- Código Penal-Delitos Contra la Ecología

Para garantizar cualquier alteración del Medio Ambiente, se dicta el D. Leg. Nº 635, del 08-04-91 Delitos contra la Ecología, que en su artículo 304º precisa: que el que contamine el ambiente con residuos sólidos, líquidos o gaseosos, por encima de límites permisibles, será reprimido con pena privativa de la libertad no menor de un (1) año, ni mayor de tres (3) años.

Así mismo la Ley Nº 26631, del 21 de junio de 1996 dicta normas para efecto de formalizar denuncia por infracción de la Legislación Ambiental, la cual en su artículo 1º, establece que: "La formalización de la denuncia por los delitos tipificados en titulo Decimo Tercero del Libro Segundo del Código Penal, requerirá de las entidades sectoriales competentes, opinión fundamentada por escrito sobre si se ha infringido la legislación ambiental".

2.2.7.- Ley del Arbitraje Ambiental

La Ley Nº 26572 del 05-01-1996, dispone que puedan someterse a arbitraje las controversias determinadas o determinables, sobre cuáles de las partes tienen facultad de libre disposición complementaria y transitoria, establece que el ex CONAM es la institución organizada del arbitraje ambiental, debiendo cumplir con los artículos y disposiciones contenidos en dicha Ley. Es altamente cuestionable incluir los valores ambientales que son de orden intergeneracional y colectivos como objetos pasibles de libre disposición.

2.2.8.- Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada (Decreto Legislativo Nº 757 del 13/11/1991)

Este Decreto Legislativo modifica varios artículos del derogado Código del Medio Ambiente y de los recursos Naturales, con el fin de armonizar las inversiones privadas, el desarrollo socioeconómico, la conservación del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales, en el artículo 49º, se estable que el estado estimula el equilibrio racional entre el desarrollo socio-económico, la conservación del ambiente y el uso sostenido de los recursos naturales, garantizando la debida seguridad jurídica a los inversionistas, mediante el establecimiento de normas claras de protección del medio

ambiente. Según el Articulo 50, las autoridades sectoriales competentes para conocer sobre los asuntos relacionados con la aplicación de las disposiciones del derogado Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales son los ministerios o los organismos fiscalizadores, según sea el caso, de los sectores correspondientes a las actividades que desarrollan las empresas, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a los Gobiernos Regionales y Locales conforme a los dispuesto en la Constitución Política.

2.2.9.- Normas vinculadas a delitos contra el Medio Ambiente, Código Penal (Decreto Legislativo Nº 635 del 08/04/1991)

Este código tiene por objeto la prevención de delitos y faltas como medio protector de la persona humana y de la sociedad. La Ley Penal Peruana se aplica a todo el que comete un hecho punible en el territorio de la republica, salvo excepciones contenidas en el Derecho Internacional.

En el Art. 304º se señala que la persona que, infringiendo las normas sobre protección del medio ambiente, lo contamina vertiendo residuos sólidos, líquidos, gaseosos o de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos, y que causen o puedan causar perjuicio o alteraciones en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos, será reprimida con una pena privativa a la libertad, no menor de uno ni mayor e tres años y con ciento ochenta a trescientos sesenta y cinco días multa.

En el art. 307º se establece que la persona que deposita, comercializa o vierte desechos industriales o domésticos en lugares no autorizados o sin cumplir con las normas sanitarias y de protección del medio ambiente, será reprimida con pena privativa de libertad no mayor de dos años.

El art. 308º indica que la persona que caza, captura, recolecta, extrae o comercializa especies de flora o fauna que están legalmente protegidas, será reprimida con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de tres años.

El art. 313º determina que la persona que, contraviniendo las disposiciones de la autoridad competente, altera el ambiente natural o el paisaje urbano o rural, o modifica la flora o fauna, mediante la construcción de obras o tala de árboles que dañan la armonía de sus elementos, será reprimida con pena privativa de Libertad no mayor de dos años y con sesenta a noventa días-multa.

2.2.10.- Código Civil Art. 82 (modificado por Ley Nº 27752 del 08-06-2002)

Patrocinio de intereses Difusos. Precisa las condiciones procesales para el ejercicio de las acciones civiles en defensa del medio ambiente. Pueden interponerlas el Ministerio Publico, las ONGs ambientales (según discrecionalidad jurídica), los Gobiernos Regionales y Locales, las comunidades campesinas y nativas y donde estas no existan, las rondas campesinas.

2.2.11.- Ley del Procedimiento Nº 26631 (1996).

Normas para formalizar denuncia por infracción de la legislación ambiental, de valores, la defensa nacional y el patrimonio cultural de la Nación (art. 34.1.1). La responsabilidad administrativa ambiental.
La actual Ley del Procedimiento Administrativo General, Ley Nº 27444 (abril 2001), prevé hasta tres alcances específicos relacionados con temas ambientales: art.34º: Procedimiento de evaluación previa con Silencio Administrativo Negativo.
Entre otros casos, cuando la solicitud verse sobre asuntos de interés público, incidiendo en la salud, medio ambiente, recursos naturales, la seguridad ciudadana, el sistema de financiamiento y de seguros, el mercado.

2.2.12.- Ley General del Ambiente-Ley Nº 28611 del 13 de Octubre del 2005

Permite tratar a todos los recursos y factores del ambiente con la debida universalidad, atendiendo sus reciprocas interrelaciones e influencias; señala, además, que el medio ambiente y los recursos naturales son patrimonio común de la Nación, y por tanto, es obligación de la sociedad su mantenimiento a fin de cuidarlos y preservarlos. Mediante este código, el Estado se convierte en un agente protector del medio ambiente y los recursos naturales, previniendo y controlando la contaminación ambiental y cualquier otro proceso de deterioro o depredación de los recursos naturales que pueda interferir con el normal desarrollo de toda forma de vida y de la sociedad.
En general, la Ley trata una serie de aspectos ambientales como los referentes al Sistema Nacional de Gestión Ambiental, planificación y del ordenamiento territorial ambiental, el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, el Estándar de Calidad Ambiental, el Sistema Nacional de Información Ambiental, los instrumentos económicos, la autoridad ambiental Nacional, la salud ambiental, del saneamiento básico, del recurso agua continental, del recurso suelo, de los recursos forestales y de fauna silvestre, de los bonos de descontaminación, de los recursos naturales o no renovables, de la conservación de ecosistemas, del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, de la Política Nacional de Educación Ambiental, entre otros.

2.2.13.- Código Penal, Título XIII, Delitos contra la Ecología-D.L. N 635

El Capitulo Único del Titulo XIII del código Penal regula los delitos contra la Ecología, los Recursos Naturales y el Medio Ambiente.
Se considera delitos contra la Ecología los siguientes:

- Contaminar el medio ambiente, vertiendo residuos sólidos, líquidos gaseosos p de cualquier otra naturaleza por encima de los límites establecidos, y que causen o puedan causar perjuicio en la flora, fauna y recursos hidrobiológicos (art. 304).
- Depositar, comercializar o verter desechos industriales o domésticos en lugares no autorizados o sin cumplir con las normas sanitarias y de protección del Medio Ambiente (Art. 307).

2.2.14.- Dictan norma para efectos de formalizar denuncias penales por infracción a la Legislación Ambiental (Ley Nº 26331 del 21 de junio de 1996)

Esta norma ha establecido lo siguiente:

La formalización de denuncias por la comisión de delitos contra el Medio Ambiente, requerirá la opinión de fundamentada y por escrito de la autoridades sectorial competente, respecto a si ha ocurrido una infracción a la legislación ambiental. Este informe debe ser evacuado en un plazo no mayor de 30 días (art. 1º).

Si el titular de la actividad productiva contara con un PAMA (Programa de Adecuación y Manejo Ambiental) y está poniendo en marcha dicho programa o ejecutándolo, o cuenta con un EIA (Estudio de Impacto Ambiental), solo se podrá dar inicio a la acción penal por delitos contra el medio ambiente y la ecología, cuando se infringía la legislación ambiental por la no ejecución de las pautas contenidas en dichos programas o estudios, según sea el caso (art. 2º).

Esta norma está destinada a impedir que se presente denuncias injustificadas contra empresas que se encuentren cumpliendo los PAMA o EIA aprobados en su sector. Cumplir con la obligación de presentar el PAMA o EIA debe ser vista entonces también como un mecanismo de defensa ante eventuales denuncias en la vía penal. Cabe recordar que el perjuicio de acciones judiciales en defensa del medio ambiente no requiere el interés económico o moral del accionante sino que por mandato de la norma III del título preliminar del Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales, esta puede ser ejercida aun por quien no se vea afectado directamente.

El código contempla al medio ambiente como un bien jurídico de carácter socioeconómico. La Ley sanciona los delitos contra los Recursos Naturales y el Medio Ambiente con penas privativas de la libertad y sanciones pecunarias.

2.2.15.- Ley Orgánica para el aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales-Ley Nº 26821

Tiene como objetivo principal, promover y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables, estableciendo un marco adecuado para el fomento de la inversión procurando el equilibrio dinámico entre el crecimiento económico, la conservación de los recursos naturales y del ambiente y el desarrollo de la persona humana.

Esta Ley define que son recursos naturales todo componente de la naturaleza susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tenga un valor actual o potencial en el mercado, tales como las aguas superficiales y subterráneas, el suelo, sub suelo y las tierras por su capacidad de uso mayor (agrícolas, pecuarias, forestales y de protección), la diversidad biológica (especies de flora, fauna y microorganismos), los recursos genéticos y los ecosistemas, los recursos hidrocarburíficos, Hidroenergéticos, eólicos, solares, geotérmicos y similares, los minerales y otros. El paisaje natural, en tanto sea objeto de aprovechamiento económico, es considerado también como recurso natural.

Estipula que los ciudadanos tienen derecho a ser informados y a participar en la definición y adopción de políticas relacionadas con la conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Se les reconoce el derecho de formular peticiones y promover iniciativas de carácter individual o colectivo ante las autoridades competitivas.
Señala, además que los recursos naturales, deben aprovecharse en forma sostenible, lo cual implica que su manejo debe ser racional, tomando en cuenta su capacidad de renovación y evitando su sobre explotación.

2.2.16.- Ley Forestal y de Fauna Silvestre-Ley Nº 27308

Establece la conservación de los recursos forestales y de fauna, determinando su régimen de uso racional mediante la transformación y comercialización de los recursos que se deriven de ellos.

2.2.17.- Ley de Áreas Naturales Protegidas, Ley Nº 26834

La presente Ley, norma los aspectos relacionados con la gestión de las áreas naturales protegidas y su conservación, de conformidad con el artículo 68º de la Constitución Política del Perú.
Estas áreas naturales protegidas constituyen un patrimonio de la Nación.
Las normas de protección de estas áreas, se estipulan y especifican en el artículo 2º de esta Ley. En su artículo 3º, estipula que estas áreas naturales protegidas, se establecen con carácter definitivo, su reducción física o modificación legal solo podrá ser aprobado por Ley. En su artículo 4º define que estas áreas son de carácter dominio público y no pueden ser adjudicados en propiedad a particulares.
Las áreas naturales protegidas conforman en su conjunto el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE), a cuya gestión se integran las instituciones públicas del gobierno central, gobiernos descentralizados de nivel regional y municipalidades.

2.2.18.- Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la Diversidad Biológica. Ley Nº 26839 del 8 de junio de 1997

Esta Ley señala que el estado es soberano en la adopción de medidas para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, lo que implica conservar la diversidad de ecosistemas especies y genes, asi como mantener los Procesos ecológicos esenciales de los que depende la supervivencia de las especies.
Autoriza al estado a promover la adopción de un enfoque integrado para el manejo de tierra y agua utilizando la cuenca hidrológica como unidad de manejo y planificación ambiental, la conservación de los ecosistemas naturales, así como las tierras de cultivo, la prevención de la contaminación y degradación de los ecosistemas terrestres y acuáticos, y la rehabilitación y restauración de los ecosistemas degradados, principales.

2.2.19.- Aprueban el reglamento Nacional para la aprobación de estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles- D.S Nº 044-98-PCM

Establece las etapas y procedimientos para la aprobación de los estándares nacionales de la calidad Ambiental y Límites máximos permisibles.

2.2.20.- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire-D.S. Nº 074-2001-PCM.

Establece los estándares nacionales de calidad ambiental del aire, además, indica los planes de acción para mejorar la calidad del aire, con el fin de estableces la estrategia, políticas y medidas necesarias para alcanzar los estándares primarios de calidad del aire en un plazo determinado.

2.2.21.- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido D.S. Nº 085-2003-PCM

Esta norma establece los estándares de calidad ambiental para el ruido y los lineamientos para no excederlos, con el objetivo de proteger la salud, mejorar la calidad de vida de la población y promover el desarrollo sostenible. Se establece en sus disposiciones complementarias que el ministerio de transportes y comunicaciones deberá dictar las normas técnicas para fuentes móviles y que el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento dictara las normas técnicas para las actividades de construcción.

2.2.22.- Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental Ley Nº 28245

El Sistema Nacional de Gestión Ambiental, constituye sobre la base de las instituciones estatales, órganos y oficinas de los distintos ministerios, organismos públicos descentralizados e instituciones públicas a nivel nacional, regional y local que ejerzan competencias y funciones sobre el medio ambiente y los recursos naturales; así como por los sistemas regionales y Locales de Gestión Ambiental, contando con la participación del sector privado y la sociedad civil.

El ejercicio de las funciones ambientales a cargo de las entidades públicas se organiza bajo el Sistema Nacional de Gestión Ambiental y la dirección de su ente rector.

El sistema Nacional de Gestiona Ambiental tiene por finalidad orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinados a la protección del ambiente y continuar a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

2.2.23.- Limites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para Vehículos automotores que circulan en la Red Vial-D.S. Nº 047-2001-MTC.

Establézcase en el ámbito nacional, los valores de los límites máximos permisibles (LMPs) de Emisiones Contaminantes pata Vehículos automotores en circulación, vehículos automotores nuevos a ser importados o ensamblados

en el país, vehículos automotores usados a ser importados, que como anexo Nº 1, forman parte del presente Decreto Supremo.
Los procedimientos de prueba y análisis de resultados para el control de las emisiones de los vehículos automotores se establecen en el anexo Nº 02, el mismo que forma parte del presente Decreto Supremo.
Los equipos a utilizarse para el control oficial de los Limites Máximos Permisibles, deberán ser homólogos y autorizados por el ministerio de Transportes, comunicaciones, vivienda y construcción, a través de la Dirección General de Medio Ambiente, previo cumplimiento de los requerimientos establecidos en el Anexo Nº 3, el mismo que forma parte del presente Decreto Supremo.

2.2.24.- Ley de Evaluación de Impactos Ambientales para Obras y actividades-Ley Nº 26786

Modifica algunos artículos del D.L. 757, entre los cuales, se tiene el articulo 1 por el cual se señala que el ex CONAM deberá ser notificado por las autoridades sectoriales competentes sobre las actividades a desarrollarse en su sector que pudiesen exceder los niveles o estándares tolerantes de contaminación y que deberán presentar EIAs.

2.2.25.- Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental-Ley Nº 27446

Crea el Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, para afrontar impactos ambientales negativos derivados de acciones humanas en proyectos de inversión. El ex CONAM coordinara con las autoridades sectoriales competentes.

2.2.26.- Establecen casos en que aprobación de los EIAs y PAMAs requerirán la opinión técnica del INRENA-D.S. Nº 056-97-PCM

Señala que aquellas actividades que modifican el estado natural del agua, suelo, flora y fauna, previa a su aprobación requieren de la opinión técnica del INRENA.

2.2.27.- Modifican el D.S. Nº 056-97-PCM

Establece que el plazo para que el INRENA emita opinión técnica es de 20 días.

2.2.28.- Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades, Ley Nº 26786

La ley Nº 26786 señala que el ex CONAM Consejo Nacional del Ambiente (COMAN) deberá ser comunicado por las autoridades sectoriales competentes sobre las actividades a desarrollarse en su sector, que pudieran poner en riesgo el equilibrio ambiental.

2.2.29.- Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, Ley Nº 28245

Mediante la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, se regula el Sistema Nacional de Gestión Ambiental, el cual tiene como finalidad orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinados a la protección del ambiente y contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Esta Ley fue concebida para fortalecer la institucionalidad ambiental en el País mejorando la coordinación entre las entidades públicas responsables de la gestión ambiental en los niveles de gobiernos nacional, regional, y local, así como propinar la participación del sector privado y la sociedad civil.

2.2.30.- Reglamento de la Ley Marco del Sistema Nacional de Gestion Ambiental, D.S. Nº 008-2005-PCM

Este reglamento regula el funcionamiento del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA), el que se constituye sobre la base de las instituciones estatales, órganos y oficinas de los distintos ministerios, organismos públicos descentralizados e instituciones públicas a nivel nacional, regional y local que ejerzan competencias, atribuciones y funciones en materia de ambiente y recursos naturales.

Establece que los sistemas Regionales y Locales de Gestión Ambiental forman parte integrante del SNGA, el cual cuenta con la participación del sector privado y la sociedad civil.

2.3.- MARCO LEGAL ADMINISTRATIVO DE CARÁCTER AMBIENTAL PARA EL PROYECTO

Para la **Certificación Ambiental**, el proyecto debe pasar por una etapa de clasificación ambiental, mediante el procedimiento Nº 7 del TUPA, del ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por D.S. Nº 007-2004-VIVIENDA y modificado por R.M. Nº 547-2007-VIVIENDA, mediante la cual otorgaron la Resolución Directoral Nº 096-2011-VIVIENDA/VMCS-DNS, clasificando al proyecto en la categoría II-para el Estudio de Impacto Ambiental, Semidetallado. La empresa consultora a cargo del desarrollo del EIA-sd, de conformidad con lo establecido en el art. 10.2 de la Ley 27446 y su modificatoria aprobada por Decreto Legislativo Nº 1078, deberá encontrarse con inscripción vigente, en el registro de empresas del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento que conduce la Oficina del Medio Ambiente-OMA, al momento de la elaboración y evaluación del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado; además éste será desarrollado conforme a los términos de referencia aprobados.

III.- IDENTIFICACION, VALORACION Y DESCRIPCION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

4.1.- METODOLOGIA DE IDENTIFICACION DE IMPACTOS - AMBIENTAL Y SOCIAL-PARA VIABILIDAD DE ESTUDIO AMBIENTAL

La metodología usada para la identificación de impactos, es el Método Matricial "Matrices Causa-Efecto o Matriz de Impactos (Leopold, 1971)", éste método comprende matrices de doble entrada: en un eje se detallan las acciones del proyecto que producen impactos, y en el otro los factores del medio susceptibles de recibir éstos impactos.

Para la valoración de impactos se ha utilizado la metodología propuesta por V. Conesa Fernández-Vítora y V. Conesa Ripoll (1987), la cual se caracteriza por su alto nivel de detalle, el grado de manifestación cualitativo de un efecto se reflejará como la importancia del impacto mediante una cifra concreta, estas cifras se trabajaran en una matriz de importancia; en dicha matriz se cruzan las informaciones obtenidas en la matriz causa-efecto, de modo que se sitúan en las filas los factores

ambientales y en las columnas las acciones impactantes. En las casillas de cruce se hace constar la importancia del impacto (I). Ésta se deduce de la siguiente ecuación:

I = ± [3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC]

En la siguiente tabla se detalla cada uno de los atributos de los impactos a ser evaluados, con sus respectivas variantes:

ATRIBUTOS DE LOS IMPACTOS

Naturaleza o Signo
- Impacto beneficioso +
- Impacto perjudicial –

Intensidad (IN)
(grado de destrucción)
- Baja 1
- Media 2
- Alta 4
- Muy alta 8

Extensión (EX) (área de influencia)
- Puntual 1
- Parcial 2
- Extensa 4
- Total 8
- Crítica (+4)

Momento (MO) (plazo de manifestación)
- Largo plazo 1
- Medio plazo 2
- Inmediato 4
- Crítico (+4)

Persistencia (PE)
(permanencia del efecto)
- Fugaz 1
- Temporal 2
- Permanente 4

Reversibilidad (RV)
(reconstrucción por medios naturales)
- Corto plazo 1
- Medio plazo 2
- Irreversible 4

Recuperabilidad (MC)
(reconstrucción por medios humanos)
- Recuperable inmediato 1
- Recuperable medio plazo 2
- Mitigable y/o compensable 4
- Irrecuperable 8

Sinergia (SI)
(potenciación de la manifestación)
- Sin sinergismo (simple) 1
- Sinérgico 2
- Muy sinérgico 4

Acumulación (AC)
(incremento progresivo)
- Simple 1
- Acumulativo 4

Efecto (EF)
(relación causa-efecto)
- Indirecto (secundario) 1
- Directo 4

Periodicidad (PR)
(regularidad de la manifestación)
- Irregular o aperiódico y discontinuo 1
- Periódico 2
- Continuo 4

Importancia (I) del impacto

Las sumatorias por filas y por columnas indicarán los factores más afectados por el proyecto y las acciones más agresivas del mismo, respectivamente.

Según su importancia los impactos serán:

- Impactos Irrelevantes o compatibles : I<25.
- Impactos Moderados : 25<I<50.
- Impactos Severos : 50<I<75.
- Impactos Críticos : I>75.

Es uno de los pocos estudios serios sobre la valoración cualitativa que existen. Permite realizar una evaluación matemática, para definir la importancia de los impactos ambientales de un proyecto, mediante el empleo de indicadores homogéneos. Se puede conseguir una planificación a medio y largo plazo de proyectos con el mínimo impacto ambiental posible.

Para poder realizar la Evaluación de Impacto Ambiental Cualitativo, se hizo necesario en primera instancia el reconocimiento del terreno materia del presente informe, búsqueda de información, análisis de una línea base, toma de información del estado actual del aire, suelos, agua y otras condiciones naturales; información socio económica, vistas fotográficas necesarias, y otros. Se procurará identificar los impactos más resaltantes en etapa de obras principalmente y en otras; para ver el proceso de evaluación matricial. La mismas nos permitirán calcular la matriz de Importancia, para que, a partir de ella podamos obtener la matriz de VALORACIÓN CUALITATIVA con el apoyo de los parámetros ambientales de BATELLE-COLOMBUS; y de éste modo calcular los valores U.I.P. (LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO), para de esta manera poder inferir y/o determinar la fragilidad y la agresividad de los impactos, y con el Ir hallado, y los porcentajes obtenidos, se puede emitir conclusiones y recomendaciones más importantes. Teniendo la matriz de Importancia se puede identificar cuáles son las acciones que generan mayor impacto y en las cuales se les debe dar mayor atención y cuando se elabore la matriz de Valorización Cualitativa, se puede identificar las acciones más agresivas, y los factores o sub factores que denotan fragilidad.

4.2.- DESCRIPCION DE LA IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES SEGÚN ETAPAS DEL PROYECTO

Para la identificación de las acciones o actividades que producen o pueden causar impactos se deben diferenciar los elementos y puntos del proceso dentro de la actividad potencialmente impactantes o contaminantes de manera estructurada, atendiendo, entre otras, a los siguientes aspectos:

- Acciones que modifican el uso del suelo.
- Acciones que implican la emisión de contaminantes.
- Acciones derivadas del almacenamiento de los residuos.
- Acciones que implican sobreexplotación de los recursos.
- Acciones que actúan sobre el medio biótico.
- Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje.
- Acciones que repercuten sobre la infraestructura.

- Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural.
- Acciones derivadas del incumplimiento de la normativa medio ambiental vigente.

Para cada una de las etapas de un proyecto, especialmente en la fase de construcción y operación se deben identificar las actividades relevantes que potencialmente pueden impactar al ambiente y a la salud de la población.

A continuación se identifican las actividades e impactos o efectos ambientales que se provoquen durante la ejecución de las obras de mejoramiento del Canal Espino para las alternativas seleccionadas.

a. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS PARA LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO DEL CANAL ESPINO

CUADRO Nº 01.

ETAPAS	IMPACTOS		
	MEDIO FÍSICO	MEDIO BIOLÓGICO	MEDIO SOCIO ECONÓMICO
Acciones durante la obra: - Campamento Trazo y replanteo Traslado de maquinarias Excavaciones , Relleno , compactación . -Suspensión del servicio por trabajos en el canal. -Eliminación del material excedente y de desmonte	-Derrames de combustibles, aceites. -Emisión de gases. -Emisión de partículas en suspensión por remoción de tierras. -Alteración de la estructura del suelo -Ocupación del suelo por acumulación de materiales de excavación y desmonte -Generación de ruidos por maquinarias -Vertido de desechos sólidos y líquidos	-Alteración de cubierta vegetal -Alteración de hábitat de aves, insectos y animales domésticos.	-Generación de puestos de trabajo -Leve aumento de la economía local -Cambios de uso de la zona implicada -Alteración del tráfico vehicular -Riesgos de accidentes de trabajo -Riesgos de enfermedades -Alteración del paisaje natural en algunas zonas.
Acciones posteriores: -Puesta en marcha -Mantenimiento de canal	- Riesgo de abandono de desmonte		-Mejora en el servicio de riego -Beneficios en la calidad de vida y condiciones sanitarias -Incremento de migración poblacional de la zona por mejora de servicios -Mejoramiento y aumento de a producción agrícola. -Riesgo de accidentes de trabajo

Fuente: Elaboración Propia de los tesistas.

La evaluación de impactos ocasionados por las obras durante su ejecución, es además indispensable tanto para la caracterización de los impactos negativos, como para definir la posibilidad de que estos sean evitados, mitigados o compensados mediante medidas específicas, con el fin de ejecutar dichas obras con la mínima afectación posible en el entorno en el que se desarrolla.

Para determinar cuáles serán los impactos positivos y negativos más importantes que se puedan dar durante la ejecución del proyecto, se han considerado los elementos relevantes (puntajes más significativos dentro de cada fase: Fase de Construcción, Fase de Operación y Mantenimiento y, Fase de Cierre y Abandono), siendo estos evaluados según su magnitud que puedan darse sobre el medio ambiente y la importancia que puedan suscitar dentro de cada actividad, según el período en que estos son efectuados.

Conforme a las matrices presentadas en el ítem 4.3.4 Matriz de valoración cualitativa, podemos mencionar:

4.2.1.- FASE DE EJECUCIÓN

El aire es uno de los componentes más afectados dentro del ambiente y es por este elemento que se trasladan los microorganismos que se adhieren al Material Particulado PM10, esto sucede debido a que durante la ejecución de las obras, el movimiento de tierras, el traslado de maquinarias, emisión de gases de las maquinarias, afectan seriamente su calidad. Así mismo, las actividades dentro de la fase de ejecución causan un deterioro en el paisaje y la morfología del terreno, es decir todo lo que comprende las áreas verdes, en tanto que estilo de vida es alterado, incluyendo algunas actividades económicas como la agricultura.

Los impactos positivos más significativos producidos por las actividades hacia el ambiente son: Empleo estacional, Ingresos económicos, bienestar, nivel de empleo, desarrollo urbano y otros.
Es importante considerar que el aspecto socio económico dentro de esta fase tiene un impacto positivo considerable; reflejándose en el aumento de los ingresos en la población, como en el aumento del movimiento del mercado interno dentro de la localidad impulsando el desarrollo urbano.

Evaluándose las actividades propias de la fase de ejecución de la obra, se han determinado las posibles actividades más impactantes: 1. Excavaciones por ampliación, 2. Construcción de Obras de Arte; 3. Construcción de Muro de Contención 3. Residuos sólidos.
Cada punto descrito dentro de la fase constructiva se encuentran considerados dentro de un Plan de Gestión Ambiental: Plan de Manejo Ambiental.

4.2.2.- FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La calidad del aire en esta fase tiene un impacto negativo, esto ocurre, debido a que durante la operación y el mantenimiento de los sistemas, se alteran de modo temporal debido a la producción de gases en la laguna de forma continua, el paisaje es poco alterado, de modo que la fauna propia del lugar, puede considerarse que no será desplazada y por lo poco habitual, por lo que no tendrá mayor impacto negativo.

Los impactos positivos más significativos producidos por las actividades hacia el ambiente son: 1. desarrollo rural; 2. Aumento de la producción agricola;

3. estilo de vida; 4. Calidad de vida; 5. Salud e higiene.

El aspecto socio económico dentro de esta fase tiene un impacto positivo considerable; reflejándose en el desarrollo urbano de la localidad, como es la cobertura de agua potable y alcantarillado logrando ser mejorado e implementado, contribuyendo así a la elevar la calidad de vida de la población de la localidad de Lambayeque.

Cada punto descrito dentro de esta fase se encuentran considerados dentro del Plan de Gestión Ambiental: Plan de Manejo Ambiental; así como, Plan de Cierre y Rehabilitación.

4.2.3.- FASE DE CIERRE Y REHABILITACIÓN

Los impactos negativos más significativos producidos por las actividades hacia el ambiente son: 1. calidad del aire; 2. salud e higiene.

Durante la fase de cierre y rehabilitación, se han encontrado que existirían impactos relacionados directamente con la calidad del aire y con la salud e higiene de la población, esto es relacionado con el movimiento de los equipos y el movimiento de los residuos, al termino del proyecto.

Los impactos positivos más significativos producidos por las actividades hacia el ambiente son: 1. Paisaje; 2. ingreso de la economía local; 3. zonas verdes; 4. nivel de empleo; 5. cambio en el valor del suelo.

Las obras que aquí se ejecuten permitirán generar oportunidades de trabajo para los pobladores del lugar y el medio biótico se estaría beneficiando.

4.3.- MATRICES DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

4.3.1.- Matriz de Identificación de Impactos

MATRIZ DE IDENTIFICACION IMPACTOS

MEDIO FISICO

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS."

		ACCIONES / FACTORES	Incremento de Tráfico Pesado debido a construcci	Trazo, Nivelación y Replanteo	Movimiento de Tierras Manual	Movimiento de tierras con Maquinaria	Construcción de Obras de arte	Construcción de muro de contención	Levantamiento Topográfico	Transporte de Material de Cantera	Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	Instalaciones Provisionales	Construcciones Temporales	Transporte de Personal y Materiales	Construcción de Cunetas de concreto	Operación y Mantenimiento del Proyecto
MEDIO FISISCO	ATMOSFERA	Polvo	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	
		Ruido	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
		Emisiones de gas	1			1				1	1			1	1	1
		Calidad de aire	1		1	1				1	1			1		
	TOTAL IMPACTO POR RUBRO:		4	1	3	4	2	2	0	4	4	2	2	4	3	2
	SUELO	Topografía		1	1	1	1	1	1		1			1		
		Geomorfología	1	1	1	1	1	1		1				1	1	
		Erosión	1			1								1		1
		Caract. Físicas/químicas	1		1	1	1	1		1					1	1
		Contaminación directa						1								
	TOTAL IMPACTO POR RUBRO:		3	2	3	4	3	4	1	2	1	0	0	3	2	2
	AGUA	Contam. Aguas superf.				1		1								
		Contam. Aguas subt.			1	1	1									
	TOTAL IMPACTO POR RUBRO:		0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	FLORA	Cubierta vegetal		1	1	1	1	1	1						1	
		Diversidad			1	1	1	1							1	
		Productividad			1	1										1
		Biomasa			1	1	1	1			1	1	1			
		Estabilidad del ecosistema														
	TOTAL IMPACTO POR RUBRO:		0	1	4	4	3	3	1	0	1	1	1	0	2	1
	FAUNA	Diversidad		1	1	1	1	1			1	1	1		1	
		Biomasa		1	1	1	1	1			1	1	1		1	
		Estabilidad del ecosistema														
	TOTAL IMPACTO POR RUBRO:		0	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	0	2	0
	MEDIO PERCEPTUAL	Vista y Paisaje	1		1	1	1	1		1	1	1	1		1	
		Paisaje natural	1		1	1	1	1			1				1	
		Naturalidad			1	1										
	TOTAL IMPACTO POR RUBRO:		2	0	3	3	2	2	0	1	2	1	1	0	2	0
	TOTAL IMPACTOS EN MEDIO FISICO		9	6	16	19	13	14	2	7	10	6	6	7	11	5

MATRIZ DE IDENTIFICACION IMPACTOS
MEDIO SOCIO ECONOMICO

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS."

	FACTORES / ACCIONES		Incremento de Tráfico Pesado debido a construcción	Trazo, Nivelación y Replanteo	Movimiento de Tierras Manual	Movimiento de tierras con Maquinaria	Construcción de Obras de arte	Construcción de muro de contención	Levantamiento Topográfico	Transporte de Material de Cantera	Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	Instalaciones Provisionales	Construcciones Temporales	Transporte de Personal y Materiales	Construcción de Cunetas de concreto	Operación y Mantenimiento del Proyecto
MEDIO SOCIOECONOMICO	USO DEL TERRITORIO	Cambio de Uso	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	
		Conserv. y Prot. del Medio														1
		Zona agricola ganadera														
	TOTAL IMPACTO POR RUBRO:		1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
	INFRAESTRUCTURA	Disponibilidad del área	1													
		Accesibilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1
		Red de Servicios			1	1	1	1							1	1
		Infraestructura varías				1	1								1	1
	TOTAL IMPACTO POR RUBRO:		2	1	2	3	3	2	1	1	1	0	0	0	3	3
	HUMANOS	Salud			1	1	1								1	1
		Seguridad	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
		Calidad de vida					1									1
		Bienestar					1									1
		Molestias	1	1	1	1	1		1	1	1					1
	TOTAL IMPACTO POR RUBRO:		2	2	3	3	5	1	1	2	2	1	1	1	2	5
	ECON. Y POBLAC	Cambio del valor del Suelo	1		1	1	1	1				1	1		1	1
		Empleo Estacional	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	
		Ingresos Económicos	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	
		Inversión														1
	TOTAL IMPACTO POR RUBRO:		3	2	3	3	3	3	2	2	2	1	1	0	3	2
	CULTURAL	Paisajística escénico	1													1
		Arqueològico														
		Otros														
	TOTAL IMPACTO POR RUBRO:		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	TOT. IMP. MEDIO SOCIO-ECONOMICO		9	5	9	10	12	7	4	6	6	3	3	2	9	12

4.3.2.- Matriz de Caracterización Determinación de la Importancia del Impacto.

MATRIZ DE CARACTERIZACION

DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

MEDIO FISICO

ATMOSFERA

Incremento de Tráfico Pesado debido	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo	(-)	4	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-31	Moderado
Ruido	(-)	4	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-31	Moderado
Emisiones de gas	(-)	1	2	4	2	1	1	1	4	1	2	-23	Irrelevante o Compatible
Calidad de aire	(-)	1	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-22	Irrelevante o Compatible
Trazo, Nivelación y Replanteo	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Ruido	(-)	2	1	4	1	1	1	1	4	1	1	-22	Irrelevante o Compatible
Movimiento de Tierras Manual	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo	(-)	4	2	4	2	1	1	1	4	2	4	-35	Moderado
Ruido	(-)	2	2	4	2	1	1	1	4	2	4	-29	Moderado
Calidad de aire	(-)	2	2	4	2	1	1	1	4	2	2	-27	Moderado
Movimiento de tierras con Maquinaria	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo	(-)	4	2	4	2	1	1	1	4	2	4	-35	Moderado
Ruido	(-)	4	2	4	2	1	1	1	4	2	4	-35	Moderado
Emisiones de gas	(-)	4	2	4	2	2	1	1	4	2	2	-34	Moderado
Calidad de aire	(-)	2	2	4	2	1	1	1	4	2	2	-27	Moderado
Construcción de Obras de arte	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo	(-)	4	2	2	2	1	1	1	1	2	2	-28	Moderado
Ruido	(-)	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	-22	Irrelevante o Compatible
Construcción de muro de contención	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo	(-)	2	1	4	4	1	1	1	4	2	1	-26	Moderado
Ruido	(-)	2	1	4	4	1	1	1	4	2	1	-26	Moderado
Transporte de Material de Cantera	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo	(-)	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	-21	Irrelevante o Compatible
Ruido	(-)	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	-20	Irrelevante o Compatible
Emisiones de gas	(-)	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	-16	Irrelevante o Compatible
Calidad de aire	(-)	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	-15	Irrelevante o Compatible
Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo	(-)	2	1	4	2	1	1	1	1	2	4	-24	Irrelevante o Compatible
Ruido	(-)	2	1	4	2	1	1	1	1	2	4	-24	Irrelevante o Compatible
Emisiones de gas	(-)	1	1	2	2	1	1	1	1	1	4	-18	Irrelevante o Compatible
Calidad de aire	(-)	1	1	4	1	1	1	1	1	1	4	-19	Irrelevante o Compatible
Instalaciones Provisionales	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo	(-)	1	2	1	4	1	1	1	1	1	4	-21	Irrelevante o Compatible
Ruido	(-)	1	2	1	4	1	1	1	1	1	4	-21	Irrelevante o Compatible
Construcciones Temporales	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo	(-)	1	1	4	2	1	1	1	4	1	4	-23	Irrelevante o Compatible
Ruido	(-)	1	1	4	2	1	1	1	4	1	4	-23	Irrelevante o Compatible
Transporte de Personal y Materiales	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo	(-)	2	2	1	2	1	1	1	4	2	1	-23	Irrelevante o Compatible
Ruido	(-)	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	-20	Irrelevante o Compatible
Emisiones de gas	(-)	1	2	1	2	2	1	1	1	1	4	-20	Irrelevante o Compatible
Construcción de Cunetas de concreto	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo	(-)	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	-14	Irrelevante o Compatible
Ruido	(-)	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	-17	Irrelevante o Compatible
Emisiones de gas	(-)	1	1	1	2	2	1	1	4	1	2	-19	Irrelevante o Compatible
Operación y Mantenimiento del Proyec	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Polvo													
Ruido	(-)	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	-17	Irrelevante o Compatible
Emisiones de gas	(-)	1	2	1	2	2	1	1	2	1	2	-19	Irrelevante o Compatible

MATRIZ DE CARACTERIZACION

DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

MEDIO FISICO

SUELO

Incremento de Tráfico Pesado debido	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Geomorfología	(-)	1	2	2	4	2	1	1	1	1	2	-21	Irrelevante o Compatible
Erosión	(-)	1	2	2	4	2	1	1	1	1	2	-21	Irrelevante o Compatible
Caract. Físicas/químicas	(-)	1	2	2	4	2	1	1	1	1	2	-21	Irrelevante o Compatible
Contaminación directa													
Trazo, Nivelación y Replanteo	**NAT**	**IN**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Topografía	(-)	2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	-21	Irrelevante o Compatible
Geomorfología	(-)	2	2	4	1	1	1	1	1	1	2	-22	Irrelevante o Compatible
Contaminación directa													
Movimiento de Tierras Manual	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Topografía	(-)	4	2	4	4	4	1	1	4	4	4	-42	Moderado
Geomorfología	(-)	4	2	4	4	4	1	1	4	2	1	-37	Moderado
Caract. Físicas/químicas	(-)	2	2	2	4	2	1	1	4	4	2	-30	Moderado
Contaminación directa													
Movimiento de tierras con Maquinaria	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Topografía	(-)	4	2	4	4	4	1	1	4	4	4	-42	Moderado
Geomorfología	(-)	4	2	4	4	4	1	1	4	2	1	-37	Moderado
Erosión	(-)	2	2	4	2	1	1	1	4	2	2	-27	Moderado
Caract. Físicas/químicas	(-)	4	2	2	4	2	1	1	4	4	2	-36	Moderado
Contaminación directa													
Construcción de Obras de arte	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Topografía	(-)	4	2	4	4	4	1	1	1	4	4	-39	Moderado
Geomorfología	(-)	4	2	4	4	4	1	1	1	2	1	-34	Moderado
Caract. Físicas/químicas	(-)	4	2	2	4	2	1	1	1	4	2	-33	Moderado
Contaminación directa													
Construcción de muro de contención	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Topografía	(-)	2	1	4	4	4	1	1	4	1	8	-35	Moderado
Geomorfología	(-)	2	1	1	4	4	1	1	1	1	8	-29	Moderado
Caract. Físicas/químicas	(-)	1	1	2	4	2	1	1	1	1	2	-19	Irrelevante o Compatible
Contaminación directa													
Levantamiento Topográfico	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Topografía	(-)	1	2	2	2	2	1	1	4	2	2	-23	Irrelevante o Compatible
Contaminación directa													
Transporte de Material de Cantera	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Geomorfología	(-)	1	2	4	2	1	1	1	4	2	1	-23	Irrelevante o Compatible
Contaminación directa													
Movilizacion y Desmovilizacion de Equ	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Topografía	(-)	2	2	1	4	1	1	1	1	2	2	-23	Irrelevante o Compatible
Contaminación directa													
Transporte de Personal y Materiales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Topografía	(-)	2	2	2	2	1	1	4	4	2	2	-28	Moderado
Geomorfología	(-)	2	2	2	2	1	1	4	4	2	2	-28	Moderado
Erosión	(-)	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	-19	Irrelevante o Compatible
Contaminación directa													
Construcción de Cunetas de concreto	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Geomorfología	(-)	2	1	2	2	1	1	1	1	4	4	-24	Irrelevante o Compatible
Caract. Físicas/químicas	(-)	1	1	1	2	1	1	1	1	4	4	-20	Irrelevante o Compatible
Contaminación directa													
Operación y Mantenimiento del Proyec	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Erosión	(-)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	-16	Irrelevante o Compatible
Caract. Físicas/químicas	(-)	1	1	1	2	1	1	1	1	4	4	-20	Irrelevante o Compatible
Contaminación directa													

MATRIZ DE CARACTERIZACION

DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

MEDIO FISICO

AGUA

Movimiento de Tierras Manual	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Contam. Aguas subt.	(-)	1	2	4	1	1	1	1	4	1	1	-21	Irrelevante o Compatible
Movimiento de tierras con Maquinaria	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Contam. Aguas superf.	(-)	1	2	2	2	2	1	1	4	1	2	-22	Irrelevante o Compatible
Contam. Aguas subt.	(-)	1	2	2	2	2	1	1	4	1	2	-22	Irrelevante o Compatible
Construcción de Obras de arte	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Contam. Aguas subt.	(-)	1	2	2	2	2	1	1	4	1	2	-22	Irrelevante o Compatible
Construcción de muro de contención	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Contam. Aguas superf.	(-)	1	2	2	4	1	1	1	1	1	1	-19	Irrelevante o Compatible

MATRIZ DE CARACTERIZACION
DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

MEDIO FISICO

FLORA

Trazo, Nivelación y Replanteo	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cubierta vegetal	(-)	4	2	4	2	2	1	1	4	2	4	-36	Moderado
Estabilidad del ecosistema													
Movimiento de Tierras Manual	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cubierta vegetal	(-)	4	2	4	4	2	1	1	4	2	4	-38	Moderado
Diversidad	(-)	2	2	2	4	2	1	1	1	2	2	-25	Irrelevante o Compatible
Productividad	(-)	1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	-20	Irrelevante o Compatible
Biomasa	(-)	2	2	2	4	1	1	1	1	1	1	-22	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Movimiento de tierras con Maquinaria	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cubierta vegetal	(-)	4	2	4	4	4	1	1	4	2	4	-40	Moderado
Diversidad	(-)	2	2	2	4	2	1	1	1	2	2	-25	Irrelevante o Compatible
Productividad	(-)	1	2	2	4	2	1	1	1	1	1	-20	Irrelevante o Compatible
Biomasa	(-)	2	2	2	4	2	1	1	1	1	1	-23	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Construcción de Obras de arte	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cubierta vegetal	(-)	2	2	4	4	4	1	1	4	2	4	-34	Moderado
Diversidad	(-)	2	2	2	4	2	1	1	1	2	2	-25	Irrelevante o Compatible
Biomasa	(-)	2	2	2	4	2	1	1	1	1	1	-23	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Construcción de muro de contención	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cubierta vegetal	(-)	2	2	4	4	1	1	1	4	1	2	-28	Moderado
Diversidad	(-)	2	2	1	4	1	1	1	4	1	2	-25	Irrelevante o Compatible
Biomasa	(-)	1	2	2	4	1	1	1	1	1	2	-20	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Levantamiento Topográfico	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cubierta vegetal	(-)	1	2	4	1	1	1	1	4	1	2	-22	Irrelevante o Compatible
Diversidad													
Movilizacion y Desmovilizacion de Equ	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Biomasa	(-)	2	2	2	4	1	1	1	1	2	2	-24	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Instalaciones Provisionales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Biomasa	(-)	2	2	2	4	1	1	1	1	2	2	-24	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Construcciones Temporales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Biomasa	(-)	1	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-26	Moderado
Estabilidad del ecosistema													
Construcción de Cunetas de concreto	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cubierta vegetal	(-)	2	1	4	4	4	1	1	4	1	4	-31	Moderado
Diversidad	(-)	2	1	4	4	4	1	1	4	1	4	-31	Moderado
Estabilidad del ecosistema													

MATRIZ DE CARACTERIZACION
DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

MEDIO FISICO

FAUNA

Trazo, Nivelación y Replanteo	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Diversidad	(-)	1	2	4	2	1	1	1	4	1	2	-23	Irrelevante o Compatible
Biomasa	(-)	1	2	4	2	1	1	1	1	1	2	-20	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Movimiento de Tierras Manual	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Diversidad	(-)	2	2	4	4	2	1	1	4	2	2	-30	Moderado
Biomasa	(-)	2	2	2	4	2	1	1	1	2	2	-25	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Movimiento de tierras con Maquinaria	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Diversidad	(-)	2	2	4	4	2	1	1	4	2	2	-30	Moderado
Biomasa	(-)	2	2	2	4	2	1	1	1	2	2	-25	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Construcción de Obras de arte	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Diversidad	(-)	2	2	4	4	2	1	1	4	2	2	-30	Moderado
Biomasa	(-)	2	2	2	4	2	1	1	1	2	2	-25	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Construcción de muro de contención	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Diversidad	(-)	1	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-26	Moderado
Biomasa	(-)	1	2	1	4	2	1	1	1	1	2	-20	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Movilizacion y Desmovilizacion de Equ	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Diversidad	(-)	2	2	2	4	1	1	1	4	2	2	-27	Moderado
Biomasa	(-)	2	2	2	4	2	1	1	1	2	2	-25	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Instalaciones Provisionales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Diversidad	(-)	2	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-29	Moderado
Biomasa	(-)	2	2	2	4	2	1	1	1	1	2	-24	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Construcciones Temporales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Diversidad	(-)	1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	-21	Irrelevante o Compatible
Biomasa	(-)	1	2	2	4	2	1	1	4	1	2	-24	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													
Construcción de Cunetas de concreto	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Diversidad	(-)	1	2	4	4	2	1	1	4	1	2	-26	Moderado
Biomasa	(-)	1	2	1	4	2	1	1	1	1	2	-20	Irrelevante o Compatible
Estabilidad del ecosistema													

MATRIZ DE CARACTERIZACION
DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

MEDIO FISICO

MARCO PERCEPTUAL

Incremento de Tráfico Pesado debido	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I =+/- Z	IMPORTANCIA
Vista y Paisaje	(-)	1	2	4	4	1	1	1	4	2	1	-25	Irrelevante o Compatible
Paisaje natural	(-)	2	2	4	4	1	1	1	4	2	1	-28	Moderado
Naturalidad													
Movimiento de Tierras Manual	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Vista y paisaje	(-)	2	2	2	4	1	2	1	4	2	2	-28	Moderado
Paisaje natural	(-)	2	2	4	4	1	2	1	1	2	4	-29	Moderado
Naturalidad	(-)	2	2	4	4	1	2	1	1	2	4	-29	Moderado
Movimiento de tierras con Maquinaria	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Vista y Paisaje	(-)	2	2	4	4	1	1	1	4	2	1	-28	Moderado
Paisaje natural	(-)	2	2	4	4	1	1	1	4	2	1	-28	Moderado
Naturalidad	(-)	2	2	4	4	1	2	1	1	2	4	-29	Moderado
Construcción de Obras de arte	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Vista y Paisaje	(-)	1	2	4	4	1	1	1	4	2	1	-25	Irrelevante o Compatible
Paisaje natural	(-)	2	2	4	4	1	1	1	4	2	1	-28	Moderado
Naturalidad													
Construcción de muro de contención	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Vista y paisaje	(-)	2	1	1	4	4	1	1	4	1	2	-26	Moderado
Paisaje natural	(-)	2	1	1	4	4	1	1	4	1	2	-26	Moderado
Naturalidad													
Transporte de Material de Cantera	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Vista y paisaje	(-)	1	2	2	2	1	1	1	1	2	4	-21	Irrelevante o Compatible
Naturalidad													
Movilizacion y Desmovilizacion de Equ	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Vista y paisaje	(-)	2	2	4	2	1	1	1	1	2	1	-23	Irrelevante o Compatible
Paisaje natural	(-)	2	2	4	2	1	1	1	1	2	2	-24	Irrelevante o Compatible
Naturalidad													
Instalaciones Provisionales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Vista y paisaje	(-)	2	2	1	4	1	1	1	4	1	1	-24	Irrelevante o Compatible
Naturalidad													
Construcciones Temporales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Vista y paisaje	(-)	2	2	1	4	1	1	1	1	1	1	-21	Irrelevante o Compatible
Naturalidad													
Construcción de Cunetas de concreto	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Vista y paisaje	(-)	2	2	4	4	1	1	1	1	2	1	-25	Irrelevante o Compatible
Paisaje natural	(-)	2	2	4	4	1	1	1	1	2	2	-26	Moderado
Naturalidad													

MATRIZ DE CARACTERIZACION
DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

MEDIO SOCIO ECONOMICO

USO DEL TERRITORIO

Incremento de Tráfico Pesado debido	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I =+/- Z	IMPORTANCIA
Cambio de Uso	-	2	2	4	2	1	1	1	4	2	1	-26	Moderado
Conserv. y Prot. del Medio													
Movimiento de Tierras Manual	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio de Uso	-	4	2	4	4	1	1	1	4	2	4	-37	Moderado
Zona agricola ganadera													
Movimiento de tierras con Maquinaria	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio de Uso	-	4	2	4	4	1	1	1	4	2	4	-37	Moderado
Zona agricola ganadera													
Construcción de Obras de arte	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio de Uso	-	4	2	4	4	1	1	1	4	2	4	-37	Moderado
Zona agricola ganadera													
Construcción de muro de contención	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio de Uso	-	4	2	4	4	4	1	1	4	1	4	-39	Moderado
Zona agricola ganadera													
Transporte de Material de Cantera	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio de Uso	-	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	-21	Irrelevante o Compatible
Zona agricola ganadera													
Movilizacion y Desmovilizacion de Equ	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio de Uso	-	2	2	4	2	1	1	1	1	2	1	-23	Irrelevante o Compatible
Zona agricola ganadera													
Instalaciones Provisionales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio de Uso	-	2	2	4	2	2	1	1	1	2	1	-24	Irrelevante o Compatible
Zona agricola ganadera													
Construcciones Temporales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio de Uso	-	2	2	4	2	2	1	1	1	1	2	-24	Irrelevante o Compatible
Zona agricola ganadera													
Transporte de Personal y Materiales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio de Uso	-	2	2	4	2	2	1	1	1	1	1	-23	Irrelevante o Compatible
Zona agricola ganadera													
Construcción de Cunetas de concreto	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio de Uso	(-)	2	2	2	4	1	1	1	1	2	4	-26	Moderado
Zona agricola ganadera													
peración y Mantenimiento del Proyecto	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Conserv. y Prot. del Medio	(-)	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	-21	Irrelevante o Compatible
Zona agricola ganadera													

MATRIZ DE CARACTERIZACION
DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

MEDIO SOCIO ECONOMICO

INFRAESTRUCTURA

Incremento de Tráfico Pesado debido	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Disponibilidad del área	(-)	2	2	4	2	1	1	1	4	1	1	-25	Irrelevante o Compatible
Accesibilidad	(-)	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19	Irrelevante o Compatible
Infraestructura varías													
Trazo, Nivelación y Replanteo	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Disponibilidad del área													
Accesibilidad	(-)	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	-18	Irrelevante o Compatible
Infraestructura varías													
Movimiento de Tierras Manual	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Disponibilidad del área													
Accesibilidad	(-)	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19	Irrelevante o Compatible
Red de Servicios	(-)	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22	Irrelevante o Compatible
Infraestructura varías													
Movimiento de tierras con Maquinaria	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Disponibilidad del área													
Accesibilidad	(-)	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33	Moderado
Red de Servicios	(-)	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33	Moderado
Infraestructura varías	(-)	4	2	4	2	2	1	1	4	1	1	-32	Moderado
Construcción de Obras de arte	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Disponibilidad del área													
Accesibilidad	(-)	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33	Moderado
Red de Servicios	(-)	4	2	4	2	2	1	1	4	1	2	-33	Moderado
Infraestructura varías	(-)	4	2	4	2	2	1	1	4	1	1	-32	Moderado
Construcción de muro de contención	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Disponibilidad del área													
Accesibilidad	(-)	1	2	2	2	2	1	1	4	1	1	-21	Irrelevante o Compatible
Red de Servicios	(-)	1	2	2	2	2	1	1	4	1	1	-21	Irrelevante o Compatible
Infraestructura varías													
Levantamiento Topográfico	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Disponibilidad del área													
Accesibilidad	(-)	1	2	4	1	1	1	1	4	1	1	-21	Irrelevante o Compatible
Red de Servicios													
Infraestructura varías													
Transporte de Material de Cantera	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Disponibilidad del área													
Accesibilidad	(-)	1	2	4	1	1	1	1	4	1	1	-21	Irrelevante o Compatible
Red de Servicios													
Infraestructura varías													
Movilizacion y Desmovilizacion de Equ	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Disponibilidad del área													
Accesibilidad	(-)	2	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-22	Irrelevante o Compatible
Red de Servicios													
Infraestructura varías													
Construcción de Cunetas de concreto	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Disponibilidad del área													
Accesibilidad	(-)	2	2	4	2	2	1	1	1	1	2	-24	Irrelevante o Compatible
Red de Servicios	(-)	1	1	4	2	1	1	1	1	1	2	-18	Irrelevante o Compatible
Infraestructura varías	(-)	1	2	4	2	1	1	1	1	1	2	-20	Irrelevante o Compatible
Operación y Mantenimiento del Proyec	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Disponibilidad del área													
Accesibilidad	(-)	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	-21	Irrelevante o Compatible
Red de Servicios	(-)	2	1	4	1	1	1	1	4	2	2	-24	Irrelevante o Compatible
Infraestructura varías	(-)	2	1	4	1	1	1	1	1	2	2	-21	Irrelevante o Compatible

MATRIZ DE CARACTERIZACION DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO													
MEDIO SOCIO ECONOMICO													
HUMANOS													
Incremento de Tráfico Pesado debido	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Salud													
Seguridad	(-)	2	2	4	2	1	1	1	4	1	2	-26	Moderado
Molestias	(-)	2	2	4	2	1	1	1	1	2	2	-24	Irrelevante o Compatible
Trazo, Nivelación y Replanteo	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Seguridad	(-)	1	1	2	2	1	1	1	4	2	4	-22	Irrelevante o Compatible
Molestias	(-)	1	1	2	2	1	1	1	4	2	4	-22	Irrelevante o Compatible
Movimiento de Tierras Manual	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Salud	(-)	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	-21	Irrelevante o Compatible
Seguridad	(-)	2	2	4	2	1	1	1	4	1	4	-28	Moderado
Molestias	(-)	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	-19	Irrelevante o Compatible
Movimiento de tierras con Maquinaria	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Salud	(-)	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	-22	Irrelevante o Compatible
Seguridad	(-)	4	2	4	2	2	1	1	4	1	4	-35	Moderado
Molestias	(-)	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	-21	Irrelevante o Compatible
Construcción de Obras de arte	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Salud	(-)	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	-18	Irrelevante o Compatible
Seguridad	(-)	4	2	4	2	1	1	1	4	1	4	-34	Moderado
Calidad de vida	(-)	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	-18	Irrelevante o Compatible
Bienestar	(-)	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	-17	Irrelevante o Compatible
Molestias	(-)	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	-20	Irrelevante o Compatible
Construcción de muro de contención	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Seguridad	(-)	2	1	4	2	1	1	1	4	1	4	-26	Moderado
Levantamiento Topográfico	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Molestias	(-)	1	2	4	2	1	1	1	1	1	1	-19	Irrelevante o Compatible
Transporte de Material de Cantera	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Seguridad	(-)	2	2	2	2	1	1	1	4	1	2	-24	Irrelevante o Compatible
Molestias	(-)	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	-14	Irrelevante o Compatible
Movilizacion y Desmovilizacion de Equ	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Seguridad	(-)	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	-21	Irrelevante o Compatible
Molestias	(-)	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	-14	Irrelevante o Compatible
Instalaciones Provisionales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Seguridad	(-)	1	2	2	1	1	1	1	4	4	1	-22	Irrelevante o Compatible
Construcciones Temporales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Seguridad	(-)	1	2	2	1	1	1	1	4	4	1	-22	Irrelevante o Compatible
Transporte de Personal y Materiales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Salud													
Seguridad	(-)	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	-21	Irrelevante o Compatible
Construcción de Cunetas de concreto	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Salud	(-)	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	-17	Irrelevante o Compatible
Seguridad	(-)	2	1	4	2	2	1	1	4	1	2	-25	Irrelevante o Compatible
Operación y Mantenimiento del Proyec	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Salud	(-)	2	1	2	2	2	1	1	4	2	2	-24	Irrelevante o Compatible
Seguridad	(-)	2	1	4	2	2	1	1	4	2	2	-26	Moderado
Calidad de vida	(-)	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	-18	Irrelevante o Compatible
Bienestar	(-)	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	-18	Irrelevante o Compatible
Molestias	(-)	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	-18	Irrelevante o Compatible

MATRIZ DE CARACTERIZACION
DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

MEDIO SOCIO ECONOMICO

ECONOMIA Y POBLACION

Incremento de Tráfico Pesado debido	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio del valor del Suelo	(-)	1	2	2	2	1	1	1	1	2	4	-21	Irrelevante o Compatible
Empleo Estacional	(+)	2	2	4	2	2	1	1	4	2	2	28	impacto positivo
Ingresos Económicos	(+)	2	2	2	2	2	1	1	4	2	2	26	impacto positivo
Trazo, Nivelación y Replanteo	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Empleo Estacional	(+)	2	2	4	2	1	1	1	4	1	1	25	impacto positivo
Ingresos Económicos	(+)	2	2	4	2	1	1	1	4	1	1	25	impacto positivo
Movimiento de Tierras Manual	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio del valor del Suelo	(-)	1	2	4	1	1	1	1	4	2	4	-25	Irrelevante o Compatible
Empleo Estacional	(+)	2	2	4	2	1	1	1	4	2	1	26	impacto positivo
Ingresos Económicos	(+)	2	2	4	2	1	1	1	4	2	1	26	impacto positivo
Movimiento de tierras con Maquinaria	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio del valor del Suelo	(-)	2	2	4	2	1	1	1	4	2	2	-27	Moderado
Empleo Estacional	(+)	2	2	4	2	1	1	1	4	2	1	26	impacto positivo
Ingresos Económicos	(+)	2	2	4	2	1	1	1	4	2	1	26	impacto positivo
Construcción de Obras de arte	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio del valor del Suelo	(-)	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	-18	Irrelevante o Compatible
Empleo Estacional	(+)	2	2	4	2	1	1	1	4	1	1	25	impacto positivo
Ingresos Económicos	(+)	2	2	4	2	1	1	1	4	1	1	25	impacto positivo
Construcción de muro de contención	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio del valor del Suelo	(-)	1	1	2	2	4	1	1	4	1	4	-24	Irrelevante o Compatible
Empleo Estacional	(+)	2	2	2	2	2	1	1	4	1	2	25	impacto positivo
Ingresos Económicos	(+)	2	2	2	2	2	1	1	4	1	2	25	impacto positivo
Levantamiento Topográfico	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Empleo Estacional	(+)	2	2	4	1	1	1	1	4	2	2	26	impacto positivo
Ingresos Económicos	(+)	2	2	4	1	1	1	1	1	2	2	23	impacto positivo
Transporte de Material de Cantera	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Empleo Estacional	(+)	4	2	4	2	1	1	1	4	1	1	31	impacto positivo
Ingresos Económicos	(+)	4	2	4	2	1	1	1	4	1	1	31	impacto positivo
Movilizacion y Desmovilizacion de Equ	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Empleo Estacional	(+)	2	2	4	2	2	1	1	4	2	2	28	impacto positivo
Ingresos Económicos	(+)	2	2	2	2	2	1	1	4	2	2	26	impacto positivo
Instalaciones Provisionales	**NAT**	**1**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio del valor del Suelo	(-)	1	1	4	2	1	1	1	4	1	2	-21	Irrelevante o Compatible
Construcciones Temporales	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio del valor del Suelo	(-)	2	2	4	4	2	1	1	4	1	1	-28	Moderado
Construcción de Cunetas de concreto	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio del valor del Suelo	(-)	2	1	2	4	4	1	1	4	4	4	-32	Moderado
Empleo Estacional	(+)	2	1	2	2	2	1	1	4	1	1	22	impacto positivo
Ingresos Económicos	(+)	2	1	2	2	2	1	1	4	1	1	22	impacto positivo
Inversión													
Operación y Mantenimiento del Proyec	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Cambio del valor del Suelo	(-)	1	1	1	4	2	1	1	4	2	4	-24	Irrelevante o Compatible
Inversión	(+)	2	2	1	4	2	1	1	1	2	1	23	impacto positivo

MATRIZ DE CARACTERIZACION
DETERMINACION DE LA IMPORTANCIA DEL IMPACTO

MEDIO SOCIO ECONOMICO

CULTURAL

Incremento de Tráfico Pesado debido	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Paisajística escénico	(-)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-13	Irrelevante o Compatible
Arqueològico													
Operación y Mantenimiento del Proyec	**NAT**	**I**	**EX**	**MO**	**PE**	**RV**	**SI**	**AC**	**EF**	**PR**	**MC**	**I =+/- Z**	**IMPORTANCIA**
Paisajística escénico	(-)	1	2	1	4	4	1	1	1	4	4	-27	Moderado
Otros													

4.3.3.- Matriz de Importancia

MATRIZ DE IMPORTANCIA DE IMPACTOS

MEDIO FISICO

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS."

		ACCIONES / FACTORES	Incremento de Tráfico Pesado debido a construcción	Trazo, Nivelación y Replanteo	Movimiento de Tierras Manual	Movimiento de tierras con Maquinaria	Construcción de Obras de arte	Construcción de muro de contención	Levantamiento Topográfico	Transporte de Material de Cantera	Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	Instalaciones Provisionales	Construcciones Temporales	Transporte de Personal y Materiales	Construcción de Cunetas de concreto	Operación y Mantenimiento del Proyecto
MEDIO FISISCO	ATMOSFERA	Polvo	-31	-	-35	-35	-28	-26	-	-21	-24	-21	-23	-23	-14	-
		Ruido	-31	-22	-29	-35	-22	-26	-	-20	-24	-21	-23	-20	-17	-17
		Emisiones de gas	-23	-	-	-34	-	-	-	-16	-18	-	-	-20	-19	-19
		Calidad de aire	-22	-	-27	-27	-	-	-	-15	-19	-	-	-	-	-
	SUELO	Topografía	-	-21	-42	-42	-39	-35	-23	-	-23	-	-	-28	-	-
		Geomorfología	-21	-22	-37	-37	-34	-29	-	-23	-	-	-	-28	-24	-
		Erosión	-21	-	-	-27	-	-	-	-	-	-	-	-19	-	-16
		Caract. Físicas/químicas	-21	-	-30	-36	-33	-19	-	-	-	-	-		-20	-20
		Contaminación directa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AGUA	Contam. Aguas superf.	-	-	-	-22	-	-19	-	-	-	-	-	-	-	-
		Contam. Aguas subt.	-	-	-21	-22	-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FLORA	Cubierta vegetal	-	-36	-38	-40	-34	-28	-22	-	-	-	-	-	-31	-
		Diversidad	-	-	-25	-25	-25	-25	-	-	-	-	-	-	-31	-
		Productividad	-	-	-20	-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Biomasa	-	-	-22	-23	-23	-20	-	-	-24	-24	-26	-	-	-
		Estabilidad del ecosistema	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	FAUNA	Diversidad	-	-23	-30	-30	-30	-26	-	-	-27	-29	-21	-	-26	-
		Biomasa	-	-20	-25	-25	-25	-20	-	-	-25	-24	-24	-	-20	-
		Estabilidad del ecosistema	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	MEDIO PERCEPTUAL	Vista y Paisaje	-25	-	-28	-28	-25	-26	-	-21	-23	-24	-21	-	-25	-
		Paisaje natural	-28	-	-29	-28	-28	-26	-		-24	-	-	-	-26	-
		Naturalidad	-	-	-29	-29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MATRIZ DE IMPORTANCIA DE IMPACTOS

MEDIO SOCIO ECONOMICO

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS."

		ACCIONES / FACTORES	Incremento de Tráfico Pesado debido a construcción	Trazo, Nivelación y Replanteo	Movimiento de Tierras Manual	Movimiento de tierras con Maquinaria	Construcción de Obras de arte	Construcción de muro de contención	Levantamiento Topográfico	Transporte de Material de Cantera	Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	Instalaciones Provisionales	Construcciones Temporales	Transporte de Personal y Materiales	Construcción de Cunetas de concreto	Operación y Mantenimiento del Proyecto
MEDIO SOCIOECONOMICO	USO DEL TERRITORIO	Cambio de Uso	-26	-	-37	-37	-37	-39		-21	-23	-24	-24	-23	-26	-
		Conserv. y Prot. del Medio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-21
		Zona agricola ganadera	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	INFRAESTRUCTURA	Disponibilidad del área	-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Accesibilidad	-19	-18	-19	-33	-33	-21	-21	-21	-22	-	-	-	-24	-21
		Red de Servicios	-	-	-22	-33	-33	-21	-	-	-	-	-	-	-18	-24
		Infraestructura varías	-	-	-	-32	-32	-	-	-	-	-	-	-	-20	-21
	HUMANOS	Salud	-	-	-21	-22	-18	-	-	-	-	-	-	-	-17	-24
		Seguridad	-26	-22	-28	-35	-34	-26	-	-24	-21	-22	-22	-21	-25	-26
		Calidad de vida	-	-	-	-	-18	-	-	-	-	-	-	-	-	-18
		Bienestar	-	-	-	-	-17	-	-	-	-	-	-	-	-	-18
		Molestias	-24	-22	-19	-21	-20	-	-19	-14	-14	-	-	-	-	-18
	ECON. Y POBLAC	Cambio del valor del Suelo	-21	-	-25	-27	-18	-24	-	-	-	-21	-28	-	-32	-24
		Empleo Estacional	28	25	26	26	25	25	26	31	28	-	-	-	22	-
		Ingresos Económicos	26	25	26	26	25	25	23	31	26	-	-	-	22	-
		Inversión	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23
	CULTURAL	Paisajística escénico	-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-27
		Arqueològico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Otros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

4.3.4.- Matriz de Valorización Cualitativa

MATRIZ DE VALORIZACION CUALITATIVA

MEDIO FISICO

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS."

		ACCIONES / FACTORES	UIP	Incremento de Tráfico Pesado debido a construcción	Trazo, Nivelación y Replanteo	Movimiento de Tierras Manual	Movimiento de tierras con Maquinaria	Construcción de Obras de arte	Construcción de muro de contención	Levantamiento Topográfico	Transporte de Material de Cantera	Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	Instalaciones Provisionales	Construcciones Temporales	Transporte de Personal y Materiales	Construcción de Cunetas de concreto	Operación y Mantenimiento del Proyecto	Ii	Ir	%
MEDIO FISICO	ATMOSFERA	Polvo	5	-31	-	-35	-35	-28	-26	-	-21	-24	-21	-23	-23	-14	-	281	70.25	33.18
		Ruido	5	-31	-22	-29	-35	-22	-26	-	-20	-24	-21	-23	-20	-17	-17	307	76.75	36.25
		Emisiones de gas	5	-23	-	-	-34	-	-	-	-16	-18	-	-	-20	-19	-19	149	37.25	17.59
		Calidad de aire	5	-22	-	-27	-27	-	-	-	-15	-19	-	-	-	-	-	110	27.50	12.99
			20															**847**	**211.75**	**100**
			Ii	107	22	91	131	50	52	0	72	85	42	46	63	50	36	847		
			Ir	26.75	5.50	22.75	32.75	12.50	13.00	0.00	18.00	21.25	10.50	11.50	15.75	12.50	9.00	211.75		
			%	12.63	2.597	10.74	15.47	5.903	6.139	0	8.501	10.04	4.959	5.431	7.438	5.903	4.25	100.00		
	SUELO	Topografía	14	-	-21	-42	-42	-39	-35	-23	-	-23	-	-	-28	-	-	253	63.25	32.86
		Geomorfología	14	-21	-22	-37	-37	-34	-29	-	-23	-	-	-	-28	-24	-	255	63.75	33.12
		Erosión	14	-21	-	-	-27	-	-	-	-	-	-	-	-19	-	-16	83	20.75	10.78
		Caract. Físicas/químicas	14	-21	-	-30	-36	-33	-19	-	-	-	-	-	0	-20	-20	179	44.75	23.25
		Contaminación directa		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0		
			56															**770**	**192.5**	**100**
			Ii	63	43	109	142	106	83	23	23	23	0	0	75	44	36	770		
			Ir	15.75	10.75	27.25	35.50	26.50	20.75	5.75	5.75	5.75	0.00	0.00	18.75	11.00	9.00	192.5		
			%	8.182	5.584	14.16	18.44	13.77	10.78	2.99	2.987	2.987	0	0	9.74	5.714	4.68	100		
	AGUA	Contam. Aguas superf.	14	-	-	-	-22	-	-19	-	-	-	-	-	-	-	-	41	20.5	38.68
		Contam. Aguas subt.	14	-	-	-21	-22	-22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	65	32.5	61.32
			28															**106**	**53**	**100**
			Ii	0	0	21	44	22	19	0	0	0	0	0	0	0	0	106		
			Ir	0	0	10.5	22	11	9.5	0	0	0	0	0	0	0	0	53		
			%	0	0	19.81	41.51	20.75	17.92	0	0	0	0	0	0	0	0	100		
	FLORA	Cubierta vegetal	14	-	-36	-38	-40	-34	-28	-22	-	-	-	-	-	-31	-	229	57.25	40.75
		Diversidad	14	-	-	-25	-25	-25	-25	-	-	-	-	-	-	-31	-	131	32.75	23.31
		Productividad	14	-	-	-20	-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	10	7.117
		Biomasa	14	-	-	-22	-23	-23	-20	-	-	-24	-24	-26	-	-	-	162	40.5	28.83
		Estabilidad del ecosistema		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
			56															**562**	**140.5**	**100**
			Ii	0	36	105	108	82	73	22	0	24	24	26	0	62	0	562		
			Ir	0	9	26.25	27	20.5	18.25	5.5	0	6	6	6.5	0	15.5	0	140.5		
			%	0	6.406	18.68	19.22	14.59	12.99	3.91	0	4.27	4.27	4.626	0	11.03	0	100		
	FAUNA	Diversidad	14	-	-23	-30	-30	-30	-26	-	-	-27	-29	-21	-	-26	-	242	121	53.78
		Biomasa	14	-	-20	-25	-25	-25	-20	-	-	-25	-24	-24	-	-20	-	208	104	46.22
		Estabilidad del ecosistema		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0		
			28															**450**	**225**	**100**
			Ii	0	43	55	55	55	46	0	0	52	53	45	0	46	0	450		
			Ir	0	21.5	27.5	27.5	27.5	23	0	0	26	26.5	22.5	0	23	0	225		
			%	0	9.556	12.22	12.22	12.22	10.22	0	0	11.56	11.78	10	0	10.22	0	100		
	MEDIO PERCEPTUAL	Vista y Paisaje	15	-25	-	-28	-28	-25	-26	-	-21	-23	-24	-21	-	-25	-	246	82	49.9
		Paisaje natural	15	-28	-	-29	-28	-28	-26	-	0	-24	-	-	-	-26	-	189	63	38.34
		Naturalidad	15	-	-	-29	-29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	19.333	11.76
			45															**493**	**164.33**	**100**
			Ii	53	0	86	85	53	52	0	21	47	24	21	0	51	0	493		
			Ir	17.67	0	28.67	28.33	17.67	17.33	0	7	15.67	8	7	0	17	0	164.333		
			%	10.75	0	17.44	17.24	10.75	10.55	0	4.26	9.533	4.868	4.26	0	10.34	0	100		

MATRIZ DE VALORIZACION CUALITATIVA

MEDIO SOCIO ECONOMICO

TESIS: "DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS."

		ACCIONES / FACTORES	UIP	Incremento de Tráfico Pesado debido a construcción	Trazo, Nivelación y Replanteo	Movimiento de Tierras Manual	Movimiento de tierras con Maquinaria	Construcción de Obras de arte	Construcción de muro de contención	Levantamiento Topográfico	Transporte de Material de Cantera	Movilizacion y Desmovilizacion de Equipos	Instalaciones Provisionales	Construcciones Temporales	Transporte de Personal y Materiales	Construcción de Cunetas de concreto	Operación y Mantenimiento del Proyecto	Ii	Ir	%
MEDIO SOCIOECONOMICO	USO DEL TERRITORIO	Cambio de Uso	11	-26	-	-37	-37	-37	-39	0	-21	-23	-24	-24	-23	-26	-	317	158.5	93.79
		Conserv. y Prot. del Medio	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-21	21	10.5	6.213
		Zona agricola ganadera		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
			22															**338**	**169**	**100**
			Ii	26	0	37	37	37	39	0	21	23	24	24	23	26	21	338		
			Ir	13	0	18.5	18.5	18.5	19.5	0	10.5	11.5	12	12	11.5	13	10.5	169		
			%	7.692	0	10.95	10.95	10.95	11.54	0	6.213	6.805	7.101	7.101	6.805	7.692	6.21	100		
	INFRAESTRUCTURA	Disponibilidad del área	13	-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	6.25	4.69
		Accesibilidad	13	-19	-18	-19	-33	-33	-21	-21	-21	-22	-	-	-	-24	-21	252	63	47.28
		Red de Servicios	13	-	-	-22	-33	-33	-21	-	-	-	-	-	-	-18	-24	151	37.75	28.33
		Infraestructura varías	13	-	-	-	-32	-32	-	-	-	-	-	-	-	-20	-21	105	26.25	19.7
			52															**533**	**133.25**	**100**
			Ii	44	18	41	98	98	42	21	21	22	0	0	0	62	66	533		
			Ir	11	4.5	10.25	24.5	24.5	10.5	5.25	5.25	5.5	0	0	0	15.5	16.5	133.25		
			%	8.255	3.377	7.692	18.39	18.39	7.88	3.94	3.94	4.128	0	0	0	11.63	12.4	100		
	HUMANOS	Salud	11	-	-	-21	-22	-18	-	-	-	-	-	-	-	-17	-24	102	20.4	15.09
		Seguridad	11	-26	-22	-28	-35	-34	-26	-	-24	-21	-22	-22	-21	-25	-26	332	66.4	49.11
		Calidad de vida	11	-	-	-	-	-18	-	-	-	-	-	-	-	-	-18	36	7.2	5.325
		Bienestar	11	-	-	-	-	-17	-	-	-	-	-	-	-	-	-18	35	7	5.178
		Molestias	11	-24	-22	-19	-21	-20	-	-19	-14	-14	-	-	-	-	-18	171	34.2	25.3
			55															**676**	**135.2**	**100**
			Ii	50	44	68	78	107	26	19	38	35	22	22	21	42	104	676		
			Ir	10	8.8	13.6	15.6	21.4	5.2	3.8	7.6	7	4.4	4.4	4.2	8.4	20.8	135.2		
			%	7.396	6.509	10.06	11.54	15.83	3.846	2.81	5.621	5.178	3.254	3.254	3.107	6.213	15.4	100		
	ECON. Y POBLAC	Cambio del valor del Suelo	13	-21	-	-25	-27	-18	-24	-	-	-	-21	-28	-	-32	-24	220	55	-68.75
		Empleo Estacional	13	28	25	26	26	25	25	26	31	28	-	-	-	22	-	-262	-65.5	81.88
		Ingresos Económicos	13	26	25	26	26	25	25	23	31	26	-	-	-	22	-	-255	-63.75	79.69
		Inversión	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-23	-5.75	7.188
			52															**-320**	**-80**	**100**
			Ii	-33	-50	-27	-25	-32	-26	-49	-62	-54	21	28	0	-12	1	-320		
			Ir	-8.25	-12.5	-6.75	-6.25	-8	-6.5	-12	-15.5	-13.5	5.25	7	0	-3	0.25	-80		
			%	10.31	15.63	8.438	7.813	10	8.125	15.3	19.38	16.88	-6.56	-8.75	0	3.75	-0.3	100		
	CULTURAL	Paisajística escénico	13	-13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-27	40	40	100
		Arqueològico		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
		Otros		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
			13															**40**	**40**	**100**
			Ii	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	40		
			Ir	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	40		
			%	32.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67.5	100		

IV.- ESTRATEGIA DE MANEJO AMBIENTAL

5.1.- PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

5.1.1.- Generalidades

El presente capítulo correspondiente al Plan de Manejo Ambiental, contiene las medidas de atenuación, control y prevención de los impactos negativos, generados por las distintas actividades de la alternativa seleccionada la tesis: "Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas".

Para verificar la eficacia de las medidas propuestas o la mitigación oportuna de los efectos ambientales, la supervisión estará a cargo de la empresa que gane la buena pro.

El contratista será responsable, durante la ejecución de las obras, de la protección y la conservación del entorno humano, físico y biológico de las áreas ubicadas en la zona del proyecto. En otros términos el contratista estará a cargo del Plan de Manejo Ambiental.

En la evaluación ambiental efectuada sobre el proyecto, se han podido identificar los posibles impactos ambientales directos e indirectos, negativos y positivos, dentro de su ámbito de influencia.

El plan de manejo ambiental que se propone, permitirá que el proyecto se integre al medio impulsando el desarrollo socio económico local, como retribución equitativa y justa, así mismo las medidas técnicas propuestas están conceptual y legalmente apoyadas en los instrumentos técnicos y normativos nacionales e internacionales; y están orientados a potenciar los impactos positivos, mitigar los negativos y compensar las pérdidas que se ocasionarían por la ejecución de las obras. El Plan de Manejo Ambiental propuesto, se ha elaborado para proteger el medio ambiente, en armonía con el desarrollo socioeconómico y cultural de la zona. Las medidas que se proponen, en los diferentes programas del Plan de Manejo Ambiental, deberán ser consideradas como un manual de campo por los jefes o supervisores que van a ejecutar o administrar el proyecto. Así mismo, debe ser de conocimiento de todos los trabajadores para su cumplimiento y de esta manera, evitar conflictos en su ejecución.

5.1.2.- Objetivos del Plan de Manejo Ambiental

a. Objetivo General

El objetivo general del Plan de Manejo Ambiental, está orientado a prevenir, evitar, controlar y mitigar los probables impactos ambientales ocasionados por las actividades que se desarrollarán durante las etapas de construcción y operación del proyecto: "Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas". Para este efecto, es importante asegurar el cumplimiento de las medidas propuestas en los programas que contiene el Plan de Manejo Ambiental.

b. Objetivos Específicos

- Localizar los sitios donde se deben ejecutar las medidas recomendadas.
- Establecer el momento de aplicación de dichas medidas.
- Diseño de los Programas del Plan de Manejo Ambiental.
- Crear la responsabilidad de ejecución y de la respectiva supervisión.

5.1.3.- Estrategia del Plan de Manejo Ambiental

El Plan de Manejo Ambiental, establece un sistema de vigilancia, que garantice el cumplimiento de las acciones y medidas preventivas y correctivas, enmarcadas dentro del manejo y conservación del medio ambiente, en armonía con el desarrollo integral y sostenido del área que involucra el proyecto. A este respecto, se considera de especial importancia la coordinación intersectorial y local para lograr la conciliación de los aspectos ambientales, con la propuesta técnica que se presenta para la ejecución de las obras.

Para tal efecto, el Contratista deberá llevar a cabo las siguientes acciones:

- Contar con la asistencia de un responsable en lo relativo al Medio Ambiente, cuya función será identificar los posibles problemas ambientales que se presenten en la etapa de construcción, así como, el redefinir metas para lograr su mejoramiento y el mantenimiento de los ecosistemas.

- Cumplir con los dispositivos legales y los contenidos en el Expediente Técnico de las Obras Programadas.

5.1.4.- Control Permanente del Plan de Manejo Ambiental

La implementación de las estrategias del Plan de Manejo Ambiental, constituye un aspecto importante por su decisivo rol e influencia en el éxito de la gestión ambiental, por este motivo, la implementación del Plan de Manejo Ambiental, estará referida en primer término, al control de tipo permanente que se deberá ejercer sobre los efectos medio ambientales de las diferentes actividades que se van a desarrollar en la zona de influencia. En segundo término, se refiere a la evaluación de carácter periódico que debe realizar durante la ejecución del Plan, responsabilidad que será asumida por el encargado en manejo ambiental asignado.

5.2.- PROGRAMAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

5.2.1.- Objetivo General

Elaboración de Programas para la Ejecución del Plan de Manejo Ambiental, para el proyecto: “Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas”.

5.2.2.- Medidas Complementarias

Dentro de las medidas complementarias adoptadas tenemos:

a. Se realizaran campamentos de Obra, según las cuadrillas conformadas para ejecutar los trabajos, estos deberán estar en zonas descampadas. El contratista velara para que los campamentos cumplan con las condiciones necesarias, de no ser el caso, el supervisor tomara cartas en el asunto.

b. Patio de Maquinas

- En el patio de maquinarias se generaran residuos peligrosos y no peligrosos, los peligrosos se almacenaran en recipientes de color rojo los cuales para evitar confusión durante el almacenamiento intermedio se deberá colocar un rótulo que especifique claramente el tipo de residuo depositado, la peligrosidad y la sección o área de donde proviene el recipiente.

Símbolos de Peligrosidad de los Residuos Sólidos

Fuente: Guía para la gestión de residuos industriales en Navarra

- Las labores mayores de mantenimiento de maquinarias, como cambio de aceite, lubricantes y lavado, deberán realizarse en talleres mecánicos con instalaciones apropiadas para la recepción y disposición de aceites, lubricantes y demás compuestos contaminantes.

- Las acciones de abastecimiento de combustible y mantenimiento menor de la maquinaria y equipo, se realizará únicamente en la zona habilitada para tal fin, actualmente llamada área de mantenimiento.

- Una vez retirada la maquinaria de las obras, se procederá a la remoción y eliminación de los suelos que hayan sido contaminados con derrames de combustibles, aceites, lubricantes, entre otros.

- El patio de maquinas deberá contar con un sistema de aislamiento acústico para evitar que los niveles de ruidos no excedan los Límites establecidos en el Estándar de Calidad Ambiental de Ruido.

- Deberá proveerse un tanque para almacenamiento de aceite usado, con capacidad adecuada para el tamaño de los motores, apto para ser instalado al exterior, con bridas de conexión, tuberías y bomba.

c. Disposición de Material Excedente

El material excedente se colocara en zonas estables, la capa superficial de suelo (5 a 30 cm) de cada depósito de material excedente, conjuntamente con la vegetación deberá ser retirada cuidadosamente y depositada al lado

del área de uso temporal a fin de ser utilizada luego en las acciones de restauración del área afectada. Una vez colocados los materiales excedentes en el DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE, deberán ser compactados, por lo menos con cuatro (4) pasadas de tractor orugas, sobre de capas de un espesor adecuado (0,50 – 1,00 m). Una vez estabilizado el depósito, se rehabilitará el área dejando taludes estables y colocando la capa superficial y material vegetativo sobre dicha área cuando así se requiera.

d. Conducción de Vehículos

Durante la etapa de construcción, se colocarán avisos y señales de tránsito. La señalización cumplirá con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras aprobado por Resolución Ministerial No. 210-2000- MTC/15.02. La selección y ubicación de las señales buscará la eficiencia y contribuir a una óptima utilización del camino de vigilancia del canal espino. La señalización vertical incluirá las señales preventivas, reglamentarias e informativas y de control de tránsito a través de zonas de trabajo.

5.2.3.- Programa de Manejo de Residuos

a. Generalidades

La finalidad del plan de manejo de residuos, es garantizar que la gestión de residuos se lleve a cabo de manera eficiente y no represente riesgos para el medio ambiente ni para las personas, al mismo tiempo que provee a los trabajadores del proyecto, prácticas útiles para el manejo de residuos de acuerdo a la normatividad ambiental vigente.

b. Objetivos

- Eliminar, prevenir y minimizar los impactos ambientales vinculados con la generación de residuos.

- Cumplir con la regulación ambiental vigente.

- Implementar un sistema de gestión de residuos sólidos y efluentes líquidos, utilizando técnicas ambientalmente adecuadas, basadas en el principio de reciclaje y re uso, y si es necesario someterlos a tratamiento y después de esto a una segura disposición final.

- Dar tratamiento y destino final seguro a los desechos inservibles y que no tiene valor para reciclar, con el fin de evitar la contaminación que se puede provocar con la quema a cielo abierto, el vertido en las quebradas, sumideros, fuentes de agua o alcantarilladas pública o privada.

c. Manejo de Residuos Sólidos

Según el **Artículo 17º**, del **Reglamento Para la Gestión de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición:**

El manejo de los residuos que realizan las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, deberá ser desarrollado de manera selectiva, sanitaria y ambientalmente óptima, teniendo en cuenta la clasificación y el destino de

los residuos, con la finalidad de prevenir los impactos negativos a la salud pública, respetando los principios de prevención y los lineamientos de política establecidos en la Ley.

La prestación de los servicios para el manejo y control de residuos debe ser realizado teniendo en cuenta tres (03) modalidades de servicio: directa o pública (municipalidad distrital), mixta pública-privada (municipalidad y tercero) y privada a través de concesiones o contrataciones con terceros, en concordancia con el Artículo 24º del presente Reglamento.

Además el **Artículo 20º.-Plan de Manejo de Residuos,** menciona:
El Plan de Manejo de Residuos, salvo para el caso de obras menores, deberá formar parte del Plan de Manejo Ambiental contenido en el Estudio Ambiental correspondiente, de acuerdo a lo que dispone la Ley Nº 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, según el Artículo 75º de la Ley 27157, Ley de Regularización de Edificaciones, el Artículo 26º de la Ley, Artículo 31° del Decreto Legislativo y normas complementarias.

El Plan de Manejo incluirá los procedimientos técnicos y administrativos necesarios para lograr una adecuada gestión de los residuos tal como se indica en el Anexo 7, indicando las características y sistema de monitoreo de los residuos que se generaron en mayor volumen.

c.1 Clasificación:

Conforme al reglamento clasificaremos los residuos en:

Residuos no Peligrosos

Son todos los demás residuos que por sus características no representan un riesgo significativo para la salud. Durante las actividades del proyecto, los residuos no peligrosos se clasificarán en: orgánicos (como restos de comidas), comunes (plásticos, latas, vidrios, papeles y cartones) e industriales (como restos de cemento no contaminado o lodos de las plantas de tratamiento de aguas no contaminados de acuerdo a análisis de laboratorio).

Residuos Peligrosos

Son residuos que por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente. Por lo general, los residuos peligrosos presentan por lo menos una o más de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radioactividad o patogenicidad.

c.2 Generación:

El generador de los residuos sólidos, es el contratista que estará a cargo de la ejecución del proyecto “Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas”.

Los residuos sólidos de la construcción y demolición, tienen su origen en las actividades relacionadas con movimiento de tierras, demolición de pavimento flexible, instalación de tuberías, fabricación de concreto, habilitación de acero, y otros. La gestión de estos residuos se realizará de conformidad con lo establecido en el Decreto Supremo Nº 057 –2004 –PCM, Reglamento de la Ley.

c.3 Minimización:

La minimización de los residuos, se inicia en el diseño del proyecto con el objetivo central de reducir la generación de residuos en cada etapa o fase del proceso constructivo, fomentando la segregación, reciclaje y aprovechamiento de residuos en obra, habilitándolos mediante un tratamiento, para darle un nuevo uso. Para ello el proyectista, formulara el expediente técnico considerando insumos o técnicas que puedan disminuir el volumen de residuos sólidos peligrosos, como por ejemplo en campamentos, comedores, oficinas de almacén y guardianía, comedores; utilizar mobiliario de madera con terminado simple (evitar la pintura toxica). Utilizar tejas, tableros, o placas de sándwich; para facilitar la reutilización en obras posteriores. Utilizar puertas y ventanas prefabricadas.

c.4 Segregación:

La segregación de los residuos tiene por objeto facilitar su reaprovechamiento o comercialización mediante separación sanitaria de los elementos o componentes de los residuos de la construcción y demolición y fomentar el ahorro en el uso de recursos naturales en la construcción evitando sobre costos por traslado a escombreras autorizadas, para tal efecto, se realizarán los procesos de segregación en el sitio de la obra, y en fuentes de generación.

Los residuos sólidos generados en las diferentes áreas deben ser almacenados adecuadamente en recipientes apropiados, para su posterior evacuación al relleno sanitario. Para el almacenamiento interno en cada una de las áreas mencionadas se utilizará el código de colores para la clasificación de los residuos sólidos, el cual ya se encuentra reglamentado según una Norma Técnica Peruana trabajada por un conjunto de instituciones públicas y privadas el año 2005. La Norma Técnica es NTP. 900.058.2005 “GESTIÓN AMBIENTAL. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos”. Los colores establecidos según esta Norma son:

- Amarillo: Metales
- Verde: Vidrio
- Azul: Papel y cartón
- Blanco: Plástico
- Marrón: Orgánicos
- Rojo: Residuos peligrosos
- Negro: Residuos generales que no se pueden reciclar

Los cilindros seleccionados para el almacenamiento interno que se realizara de acuerdo a lo señalados anteriormente estarán debidamente rotulados tal como se indica en la figura que se presenta a continuación:

Rotulado de Cilindros

FUENTE: NTP 900.058.2005 "GESTIÓN AMBIENTAL. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos".

En el caso de residuos de gran volumen, se reducirá el volumen de almacenamiento compactándolos, pudiendo ser materiales metálicos ligeros: Planchas de metal, ángulos de hierro, cables, artículos electrónicos rotos, materiales plásticos, y otros.

La segregación será efectuada por una cuadrilla especializada, por parte de la empresa contratista, encargada de la ejecución de la obra.

El desmonte limpio u otros residuos reaprovechables, luego de ser segregados y clasificados, y de haber recuperado sus propiedades iniciales o su calidad, podrán ser incorporados al proceso constructivo como materia prima, fomentando la reducción de costos por el ahorro de materiales en la construcción.

c.5 Reaprovechamiento:

El generador podrá comercializar estos residuos a través de Empresas Comercializadoras de Residuos Sólidos (EC-RS), registradas en la DIGESA, y personas naturales o jurídicas generadoras que los reutilicen en sus procesos.

El material producto de movimiento de tierras, será reaprovechado en rellenos y capas de fundación, para la colocación de las redes tanto de agua como de alcantarillado. El material a reciclar deberá estar libre de otros materiales como fierro, plásticos madera y cualquier otro material que no contengan elementos peligrosos.

c.7 Disposición Final:

Los espacios geográficos, para la disposición final de residuos, son espacios públicos y cumplen con el *Reglamento para la Gestión de Residuos Sólidos de la Construcción y Demolición.* Estas áreas cumplen lo siguiente:

1. Están ubicadas a más de 1 km, respecto de la población más cercana.
2. La pendiente del terreno no excede de una inclinación de 25 a 30 grados.
3. No están ubicadas en zonas que interfiera con el normal movimiento vehicular.
4. Están ubicadas fuera de las áreas arqueológicas y zonas reservadas.
5. Cuentan con áreas vehiculares de acceso para vehículos de gran tamaño, tales como camiones, volquetes y otros.

d. Manejo de Efluentes Líquidos

El CONTRATISTA deberá disponer los medios necesarios para lograr una correcta gestión de los efluentes líquidos durante todo el desarrollo de la obra, aplicando el Programa de Manejo de Residuos.
En caso de verificar desvíos a los procedimientos estipulados, el Supervisor Ambiental deberá documentar la situación dando un tiempo acotado para la solución de las no conformidades.
Se deberá contar con recipientes adecuados y en cantidad suficiente, para el almacenamiento seguro de los efluentes líquidos generados, tales como residuos de Hidrocarburos (lubricantes, pinturas, aditivos, combustible, y otros); además se contara con motobombas, mangueras, cisternas especiales, por si se produjese un rompimiento en las redes de alcantarillado existente. El CONTRATISTA será responsable de capacitar adecuadamente al personal para la correcta gestión de los efluentes líquidos de la obra. El CONTRATISTA será el responsable de evitar el lavado o enjuague de maquinarias y equipos que puedan producir escurrimientos y derrames de contaminantes cerca de canales o acequias. Este requerimiento se deberá cumplir en todo el frente de obra.

Los vertimientos de hidrocarburos a los suelos, deberán ser eliminados por la cuadrilla de trabajadores de la contratista, los vertimientos de efluentes y los residuos provenientes de servicios higiénicos temporales usados por los trabajadores de la obra, serán gestionados hasta las lagunas de oxidación, a través de carros cisterna. Los vertimientos de residuos sólidos generados serán trasladados al relleno sanitario de la ciudad ubicados a 4km al sur oeste. Los suelos contaminados con hidrocarburos serán tratados con corte y relleno. El material de corte será eliminado en un lugar especial del relleno sanitario y enterrado (calicata profunda y enterrada en capa de cobertura de arcilla impermeable).

Las actividades de operación y mantenimiento generaran efluentes, Los efluentes han sido tratados en las lagunas de la planta de tratamiento (lagunas de estabilización), los efluentes tratados en las lagunas de oxidación; luego del tratamiento a los rayos solares, son utilizados por los agricultores. Las aguas tratadas en las lagunas de oxidación; efluentes tratados serán usados eventualmente por los agricultores para fines agrícolas de tallo alto y finalmente si no son usados los efluentes tratados tendrán disposición final en el mar, a través de los drenes de la ciudad. Los límites máximos permisibles, para los efluentes de las plantas de tratamientos y aguas residuales, según la norma vigente es:

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LOS EFLUENTES DE PTAR

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

5.2.4.- Programa de Monitoreo y Seguimiento Ambiental

El Programa de Monitoreo, consiste en la evaluación periódica continuada y secuencial de cada una de las etapas del proyecto, con el objetivo de que en la ejecución de la obra se encuentren efectos no previstos, permite verificar compromisos, también determina la efectividad de las medidas del programa de mitigación, determina las compensaciones por efectos de la obra.

Periodo de monitoreo:

Se realiza previa ejecución de la obra, durante la etapa de construcción, operación y de cierre. En el mantenimiento el monitoreo está a cargo de la institución.

Los parámetros a monitorear es la calidad de aire, la calidad de agua que son los factores más importantes para el Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas

5.2.5.- Programa de Capacitación y Educación Ambiental

Todo el personal participante en la ejecución del proyecto en el campo, requerirá de una charla de entrenamiento previa a su contratación. Este entrenamiento estará enfocado principalmente a las prácticas de manejo de desechos, conservación de los cursos de agua, protección a la flora, fauna y propiedad privada y, conducta frente a los pobladores locales.

Se llevarán un registro de las charlas impartidas y del personal que las reciba. El personal que labore en la ejecución del proyecto deberá ser informado que el incumplimiento de estas directivas podría ocasionar su despido. Esta condición deberá ser claramente establecida en las condiciones de contratación del personal.

El personal responsable de la ejecución del Plan de Gestión Ambiental y de cualquier aspecto relacionado a la aplicación de la normatividad ambiental,

deberá recibir la capacitación y entrenamiento necesarios, de tal manera que le permita cumplir con éxito las labores encomendadas.

5.2.6.- Programa de Educación y Sensibilización

Programa de educación sanitaria:

Un Programa de Educación Sanitaria para preparar a la población beneficiada con el Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas con los siguientes objetivos:

Objetivos generales:

- Sensibilizar a la población sobre la importancia y la incidencia del Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas en la calidad ambiental de vida.
- Lograr que se haga un correcto y eficiente uso de la infraestructura existente y en construcción.
- Incrementar los niveles de conocimiento de la población sobre temas ambientales hasta niveles considerados satisfactorios.

Objetivos específicos:

- Incrementar la proporción de habitantes que manejan información básica sobre la existencia y características de los planes y obras de saneamiento en ejecución.
- Alcanzar niveles satisfactorios de conocimiento de la importancia y la incidencia del Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas en la calidad ambiental de vida.
- Alcanzar niveles satisfactorios de conocimiento de los efectos del Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas sobre aspectos sanitarios concretos.
- Aumentar la proporción de personas que conoce conductas adecuadas para el mantenimiento del Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas.
- Incrementar la proporción de personas que identifican relaciones específicas entre la presencia/ausencia de Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas y la presencia/ausencia de determinados problemas sanitarios.

- Incrementar la proporción de personas que valoran el Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas como un aspecto que mejora su calidad de vida.
- Aumentar la proporción de personas que adopta conductas adecuadas para el Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas.

Instrumentos educativos:

- Video educativo
- Video documental
- Folletos.
- Comunicados en medios de prensa.
- Conferencias.

Video educativo:

Se propone su utilización como pieza de uso múltiple en, al menos, las siguientes alternativas:

- Difusión en públicos específicos, como escolares y población, soporte de presentaciones ante organizaciones zonales;
- Difusión por medios masivos sin costo (TV Ciudad);
- Difusión parcial (cortes) como soporte de comunicados, avisos o publicidad contratada en TV.

Se realizarán 30 copias, remitiendo una unidad a cada uno de los entes involucrados, una a cada biblioteca municipal y las restantes a disposición de la unidad a cargo de la difusión.

Estrategias:

-Se realizará un listado de las escuelas y locales ubicados en las áreas de influencia del proyecto de manera tal que, a lo largo del año, y con la participación de los capacitadores formados, se comprometa la realización de al menos una exhibición en todos los grupos de 4º, 5º y 6º grado escolar y 1º y 2º año del ciclo básico de los institutos técnicos.

Folletos:

Folletos elaborados con una estructura sencilla, describe brevemente el Plan y sirve de apoyo específico a algunos temas concretos.

El folleto tendrá también un encarte original dirigido específicamente a los industriales.

Estrategias:

-Apoyo recordatorio en las carteleras.

-Soporte para trabajos de "sensibilización" de las empresas

-Soporte para comunicación con instituciones educativas y otras organizaciones

Comunicados en medios de prensa:

Comunicados a la población de las actividades ya sea por los medios de prensa escritos y hablados.

Instrumento de información de frecuencia mensual, que describe en términos de tres aspectos básicos:

-Nivel de avance de las obras.

-Información específica sobre interferencias que éstas puedan causar.

Estrategias:

Se propone utilizarlos en las siguientes alternativas:

– como pieza informativa en sí misma, en el marco de la campaña de difusión.

– como instrumento para reforzar el vínculo con los medios y/o comunicadores específicos.

La meta es lograr que la población en su totalidad este alertada sobre las acciones de ejecución de la obra.

Conferencias de capacitación:

Actividades de lanzamiento del Programa, apoyando los instrumentos diseñados anteriormente. Brindadas por los técnicos de la consultoría, especialistas en aspectos

Específicos:

§ Salud Ambiental

§ Medio Ambiente,

• Tienen por objetivo la multiplicación de la información y los conocimientos por parte de los concurrentes.

• Servirán para capacitar “Replicadores" que realicen tareas de difusión, a nivel resumido, tomando como base las charlas, materiales de apoyo, y el Video Educativo.

Estrategias:

Invitar a todos los pobladores que habitan en el área de influencia del proyecto.

- Cada uno de los participantes recibirá un manual con un resumen de las charlas y material para poder replicar, en una versión resumida, los contenidos básicos del cursillo atendido.

- Posteriormente, la coordinación con la población se establecerá un "Plan de replicación" que comprenderá la realización de al menos cinco charlas de divulgación en instituciones educativas.

.

5.3.- PLAN DE ABANDONO Y CIERRE

5.3..1.- Objetivos

El objetivo del Plan de Cierre y Abandono, es lograr que al culminar la ejecución del proyecto y su vida útil, el lugar ocupado por los componentes del proyecto:

- Signifique un riesgo mínimo a la salud y seguridad humana.
- Signifique un mínimo o nulo impacto al ambiente.
- Cumpla con todas las leyes y normatividad vigente.
- Sea estéticamente aceptable y no signifique deterioros al paisaje.

5.3..2.- Procedimientos Generales

Al término de la construcción los materiales, de desecho serán dispuestos adecuadamente, conforme al plan de manejo de residuos sólidos.

5.3..3.- Desarrollo del Plan

El Plan de Cierre y Abandono se desarrollará de acuerdo a las siguientes etapas:

a. Revisión y Adaptación del Plan de Abandono de las instalaciones.

Se procederá a adaptar el Plan de Abandono, a las circunstancias existentes en cada una de las instalaciones (oficina, almacén, comedores, y otros). Ello puede suponer una modificación de los lineamientos y actividades que se desarrollarán de acuerdo con el objetivo marcado para cada caso, y en función del objetivo de "recuperación del área" que se haya decidido.

Una vez finalizado este análisis y disponiendo de los resultados del diagnóstico, se podrán determinar cuáles son las acciones más adecuadas que se puedan adoptar a partir del enunciado que se acompaña.

b. Comunicación a la Administración

Para el cierre de operaciones total de las instalaciones (oficinas, almacenes, baños y otros) se deberá tener la autorización de la directiva, con el objetivo de coordinar el fin de la zona ocupada y las medidas que se tomarán para ejecutar el abandono final del área.

c. Procedimiento de Desmantelamiento

El desarrollo de los trabajos necesarios para el abandono y desmontaje de una instalación de las características de la utilizada para el proyecto implica un proceso de desmantelamiento bastante simple, dado que para el referido proyecto se hará uso del armado de un equipamiento en paquetes o módulos. Esto quiere decir que el mismo estaría siendo retirado en forma igual a su montaje.

d. Control de acceso

Dado que durante los trabajos de desmontaje se procede a la realización de movimientos de tierra de similares características a los que se realizarán durante la construcción. En estas zonas se deberán asumir los mismos procedimientos de cautela que se adoptaron durante las labores para

garantizar la seguridad de las personas. Para este fin se deberá limitar la accesibilidad de las personas a las zonas de trabajo. Para ello, todas las zonas en las que se realicen excavaciones se rodearan con cintas de señalización, las mismas que advertirán a los posibles usuarios del entorno la presencia de zanjas u otros peligros.

e. Limpieza del sitio

Una vez finalizados los trabajos de desmantelamiento de las instalaciones se confirmará que éstos se hayan realizado convenientemente, de forma que proporcione una protección ambiental al área a largo plazo, de acuerdo con los requisitos o acuerdos adoptados con la autoridad competente.

Durante el desarrollo de los trabajos se verificará que los restos producidos sean trasladados al relleno sanitario autorizado, conforme indica el plan de manejo de residuos, y que la limpieza de la zona sea absoluta, procurando evitar la creación de pasivos ambientales, como áreas contaminadas por derrames de hidrocarburos, acumulación de residuos, y otros.

f. Restauración de las zonas perturbadas

En las actividades de restauración de las superficies será de sumo interés el reacondicionamiento de la topografía a una condición similar a su estado original, restaurando las superficies, rellenando las zanjas abiertas, etc.

Para realizar el reacondicionamiento, el suelo que ha sido compactado será removido de forma tal que vuelva a su condición original, las áreas de corte deberán ser rellenadas, manteniendo la mayor área posible de la explanación para habilitarla para otros usos.

5.3..4.- Plan de Abandono en la Fase de Construcción

El alcance del Plan en esta fase comprende principalmente el retiro de todas las instalaciones utilizadas para la construcción del proyecto, así como los residuos generados (plásticos, madera, entre otros).

Frente al medio Físico: Después de culminada la obra se debe realizar la limpieza, eliminando todo los desmonte que se produjeran así mismo dejar en optimo funcionamiento.

Frente al medio Biológico: Especies ornamentales afectadas serán recuperadas al cierre de la obra.

Frente al medio socioeconómico:

Los campamentos serán desmantelados una vez abandonados, excepto de que puedan ser donados para beneficio de los pobladores

Los residuos resultantes serán reciclados en caso no pudieran ser utilizados, caso contrario deben ser dispuestos de manera adecuada.

Asegurar el funcionamiento de las obras en todas sus etapas.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas”, se llegó a lo siguiente:

6.1.- CONCLUSIONES

- La evaluación de impacto socio-ambiental, está hoy plenamente admitida como un importante instrumento preventivo para la preservación de los recursos naturales y la defensa del medioambiente. Las evaluaciones de impacto socio-ambiental, previas a la ejecución de actuaciones con incidencias ambientales sobre el entorno, tienen como objetivo principal la incorporación a tales proyectos de las recomendaciones que se puedan derivar de la consideración de los elementos, características y procesos más significativos del medio físico y socioeconómico, y facilitar con ello, la decisión acerca de su ejecución. Por tal motivo, el presente Estudio de Impacto Ambiental ha permitido determinar los impactos ambientales y presentar las medidas correctivas pertinentes a fin de lograr armonizar la ejecución del citado proyecto con la conservación del medio ambiente.
- Para identificar los impactos ambientales, que generaría la ejecución del proyecto en estudio se utilizó el Check List, se determinó la Matriz de Importancia de Impactos mediante la que se ha logrado como resultado que la mayoría de acciones inherentes al proyecto, afectan a los factores ambientales en el entorno medio físico y medio socioeconómico con el grado de irrelevantes (importancia de impacto, I<25), mas no obstante se debe prestar atención a la acciones como Movimiento de tierras y construcción de revestimiento de concreto (Importancia de impacto Moderado, I>25), que afectan al factor atmosfera (polvo), flora (cubierta vegetal) y Medio Perceptual (paisaje natural).
- Al aplicar el Método de Batelle-Columbus, aun habiendo encontrado que al aplicar la matriz de importancia, la mayoría de impactos se encuentran con calificativo de Impactos Irrelevantes, se ha obtenido resultados para ver la agresividad en las acciones y la fragilidad en los factores ambientales.
- La fragilidad incide en el factor atmosfera, por la generación de ruidos, en el suelo por contaminación directa.
- Los mayores impactos positivos del proyecto durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento del proyecto; se evidencian en el medio socio económico.
- La ejecución del proyecto mejorara la calidad de vida de los pobladores de la zona.

- Mejorar el nivel socioeconómico en el área de influencia, en la etapa de construcción y Operación del Proyecto.
- Como impacto negativo compatible habrá un leve desplazamiento de la fauna debido a la construcción de la planta del canal.
- El suelo se verá afectado con la pérdida de suelo en áreas donde se intervenga con obras de construcción, sin embargo el valor del suelo en los terrenos agrícolas se incrementará notablemente con el mejoramiento de esta infraestructura de riego.
- Para realizar correctas y eficientes medidas de atenuación, control y prevención de los impactos negativos, es necesario ejecutar todos los programas que contempla el Plan de Manejo Ambiental, tales como: Programa de Manejo de Residuos, Programa de Educación y Sensibilización.
- La señalización ambiental a implementarse será de tipo informativo y preventivo en torno a la salud y protección del ambiente, colocando letreros de advertencia, para los transeúntes o público en general, referentes a las diversas actividades que se realizaran, debiendo ser visibles tanto de día, como de noche.
- El Programa de Educación Ambiental, deberá ser dirigido al personal que laborara en la etapa de construcción del Proyecto, así como al público en general.
- Los criterios y buenas prácticas establecidas en el programa de Manejo de Residuos Sólidos, durante las etapas de construcción, incluyen el acondicionamiento, segregación, almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos generados, con el objeto de minimizar los impactos que podrían generarse en la salud pública y en el medio ambiente durante la manipulación, transporte y disposición final de los residuos, para lo cual se deberá contar con el servicio de una empresa prestadora de servicios de residuos sólidos registrada en la DIGESA, para el transporte externo, y disponer los residuos en rellenos sanitarios autorizados, en cumplimiento con la ley general de residuos sólidos y su reglamento.
- De la evaluación de las medidas de mitigación propuestas en el programa de prevención y/o mitigación, se obtuvo que estas son de una eficacia moderada, lo que permite garantizar que los impactos ambientales negativos identificados para ambas etapas del proyecto lograrían ser controlados y/o minimizados, de allí que se deberá velar por el estricto cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental Propuesto, durante la ejecución del Proyecto.

- Del proceso de identificación, evaluación y valoración de los impactos ambientales negativos, que se originaran por la construcción, operación y mantenimiento del proyecto, se concluye que implementando el Plan de Manejo Ambiental desarrollado en el presente estudio, ninguno de estos es de tal significancia, o son limitantes y/o restrictivos para la ejecución y operación del mismo, considerándose entonces que, el proyecto es ambientalmente viable.

6.2.- RECOMENDACIONES:

Se proponen las siguientes:

- Cumplir y mantener las políticas de protección ambiental establecidas dentro de la Ley General del Ambiente.
- Se recomienda el cabal cumplimiento de los dispositivos legales (ordenanzas municipales), respecto a la supresión y limitación de ruidos nocivos y molestos, que evitaran molestias a la población.
- Se recomienda llevar el monitoreo del cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental.
- Mantener un control programado del mantenimiento de las redes y planta de tratamiento.
- Tomar en cuenta el Plan de contingencias y los programas señalados para el mejor desenvolvimiento de las operaciones.
- Las actividades de construcción, operación y mantenimiento del proyecto, debe realizarse en plena armonía con el Plan de Manejo Ambiental propuesto, de manera que las condiciones ambientales no se alteren en perjuicio de los factores ambientales físico y socio económico.

C1
CANTERA

CANTERA

C 1

CANTERA

C2
CANTERA

C2
CANTERA

C2
CANTERA

CALICATA
N°.01

CALICATA
N° 01

C02
KM-27500

C02
KM-27500

TOYOTA

TOYOTA
TOYOTA
PC 1700

TOYOTA

TOYOTA

STOUT

PE PC-7709

TOYOTA

TOYOTA

C03
KM-3+700

C03
KM-3+700

C 04
KM-5+220

C 04

KM-5+220

C 05
KM-6+171

KM-6

"JOSE M. MARTIN CUESTAS"

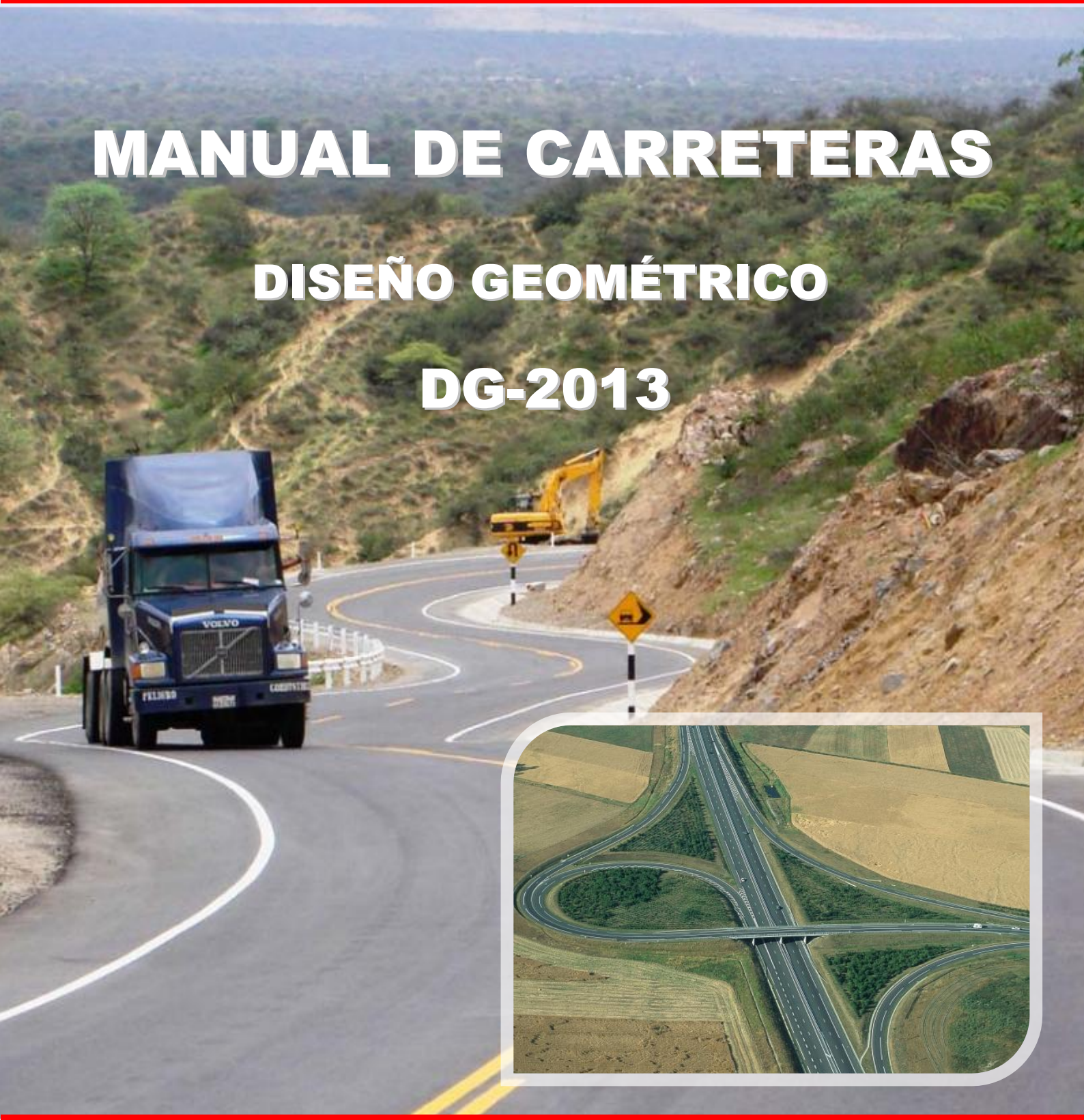
JOSE M. MARTIN CUESTAS

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

MANUAL DE CARRETERAS

DISEÑO GEOMÉTRICO

DG-2013



INDICE

PRESENTACIÓN

GENERALIDADES

1 Organización del Manual 11

1.1 Codificación 11

1.2 Siglas y abreviaturas 12

1.3 Unidades de medida 12

1.4 Glosario de términos 13

CAPITULO I CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS 14

Clasificación por demanda 15

101.01 Autopistas de Primera Clase 15

101.02 Autopistas de Segunda Clase 15

101.03 Carreteras de Primera Clase 15

101.04 Carreteras de Segunda Clase 15

101.05 Carreteras de Tercera Clase 16

101.06 Trochas Carrozables 16

Clasificación por orografía 17

102.01 Terreno plano (tipo 1) 17

102.02 Terreno ondulado (tipo 2) 17

102.03 Terreno accidentado (tipo 3) 17

102.04 Terreno escarpado (tipo 4) 17

CAPITULO II CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO 18

Estudios preliminares para efectuar el diseño geométrico 19

201.01 Criterios generales 19

201.02 Información general 19

201.03 Niveles de estudios preliminares 19

201.04 Criterios básicos 20

201.05 Clasificación general de los proyectos viales 20

201.06 Ingeniería básica 21

201.07 Aspectos ambientales 25
201.08 Estudio de seguridad vial 26
201.09 Reconocimiento del terreno 27
201.10 Derecho de vía o faja de dominio 29
Vehículos de diseño 30
202.01 Características generales 30
202.02 Vehículos ligeros 31
202.03 Vehículos pesados 32
202.04 Giro mínimo de vehículos tipo 34
Características del tránsito 98
203.01 Generalidades 98
203.02 Índice medio diario anual (IMDA) 98
203.03 Clasificación por tipo de vehículo 99
203.04 Volumen horario de diseño (VHD) 100
203.05 Crecimiento del tránsito 101
Velocidad de diseño 103
204.01 Definición 103
204.02 Velocidad de diseño del tramo homogéneo 103
204.03 Velocidad específica de los elementos que integran el trazado en planta y perfil 104
204.04 Velocidad específica en las curvas horizontales 105
204.05 Velocidad de marcha 107
204.06 Velocidad de operación 108
Distancia de visibilidad 111
205.01 Definición 111
205.02 Distancia de visibilidad de parada 111
205.03 Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento 114
205.04 Distancia de visibilidad de cruce 119
Control de accesos 123
206.01 Generalidades 123
206.02 Accesos directos 123
206.03 Caminos laterales o de servicios 123
206.04 Control de acceso y nuevos trazados 124
206.05 Materialización del control de accesos 124

Instalaciones al lado de la carretera 125

207.01 Generalidades 125

207.02 Ubicación y frecuencia de las instalaciones 125

207.03 Condiciones de uso del Derecho de Vía 125

207.04 Conexión de las instalaciones laterales con la vía 125

207.05 Obstrucciones a la visibilidad 126

Facilidades para peatones 127

208.01 Generalidades 127

208.02 En zonas urbanas 127

208.03 En zonas rurales 127

Valores estéticos y ecológicos 128

209.01 Generalidades 128

209.02 Consideraciones generales 128

CAPITULO III DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA, PERFIL Y SECCIÓN TRANSVERSAL 129

Generalidades 130

Diseño geométrico en planta 131

302.01 Generalidades 131

302.02 Consideraciones de diseño 131

302.03 Tramos en tangente 133

302.04 Curvas circulares 134

302.04.01 Elementos de la curva circular 134

302.04.02 Radios mínimos 135

302.04.03 Relación del peralte, radio y velocidad específica de diseño 138

302.04.04 Curvas en contraperalte 141

302.04.05 Coordinación entre curvas circulares 143

302.05 Curvas de transición 148

302.05.01 Generalidades 148

302.05.02 Tipo de curva de transición 148

302.05.03 Determinación del parámetro para una curva de transición 149

302.05.04 Determinación de la longitud de la curva de transición. 149

302.05.05 Elementos y características de la curva de transición 152

302.05.06 Parámetros mínimos y deseables....155
302.05.07 Radios que permiten prescindir de la curva de transición.157
302.06 Curvas compuestas 158
302.06.01 Definición....158
302.06.02 Caso excepcional....158
302.06.03 Curvas vecinas del mismo sentido....159
302.06.04 Configuraciones no recomendables....161
302.07 Curvas de vuelta....162
302.08 Transición de peralte....164
302.09 Sobreancho....172
302.09.01 Necesidad del sobreancho....172
302.09.02 Desarrollo del sobreancho....173
302.09.03 Valores del sobreancho....174
302.09.04 Longitud de transición y desarrollo del sobreancho....176
302.10 Verificación de la distancia de visibilidad....179
302.10.01 Verificación en planta....180
302.10.02 Verificación en perfil....181
302.10.03 Banquetas de visibilidad....182
302.10.04 Zonas de no adelantar....184
302.10.05 Frecuencia de las zonas adecuadas para adelantar....184
Diseño geométrico en perfil....186
303.01 Generalidades....186
303.02 Consideraciones de diseño....186
303.03 Pendiente....187
303.03.01 Pendiente mínima....187
303.03.02 Pendiente máxima....187
303.03.03 Pendientes máximas excepcionales....189
303.03.04 Longitud en pendiente....189
303.03.05 Carriles adicionales....191
303.04 Curvas verticales....192
303.04.01 Generalidades....192
303.04.02 Tipos de curvas verticales....192
303.04.03 Longitud de las curvas convexas....196
303.04.04 Longitud de las curvas cóncavas....200

Diseño geométrico de la sección transversal 203

304.01 Generalidades 203

304.02 Elementos de la sección transversal 203

304.03 Calzada o superficie de rodadura 206

304.03.01 Ancho de la calzada en tangente 206

304.03.02 Ancho de tramos en curva 208

304.04 Bermas 208

304.04.01 Ancho de las bermas 208

304.04.02 Inclinación de las bermas 210

304.05 Bombeo 212

304.06 Peralte 213

304.06.01 Valores del peralte (máximos y mínimos) 213

304.06.02 Transición del bombeo al peralte 215

304.06.03 Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas 215

304.07 Derecho de Vía o faja de dominio 216

304.07.01 Generalidades 216

304.07.02 Ancho y aprobación del Derecho de Vía 216

304.07.03 Demarcación y señalización del Derecho de Vía 217

304.07.04 Faja de propiedad restringida 217

304.08 Separadores 218

304.09 Gálibo 218

304.10 Taludes 221

304.11 Cunetas 227

304.12 Secciones transversales particulares 228

304.12.01 Puentes 228

304.12.02 Túneles 228

304.12.03 Ensanche de plataforma 228

304.12.04 Carriles de aceleración y deceleración 229

304.12.05 Confluencias y bifurcaciones 229

CAPITULO IV DISEÑO GEOMETRICO DE CASOS ESPECIALES 231

Diseño geométrico de puentes 232

Diseño geométrico de túneles 233

Pasos a desnivel para peatones 234

CAPITULO V DISEÑO GEOMETRICO DE INTERSECCIONES 236

Generalidades 237

Intersecciones a nivel 238

502.01 Denominación y tipos de intersección a nivel 238

502.02 Criterios de diseño 240

502.02.01 Criterios generales 240

502.02.02 Consideraciones de tránsito 241

502.02.03 Demanda y modelación 241

502.02.04 Elección del tipo de control 241

502.03 Visibilidad de cruce 242

502.03.01 Triángulo de visibilidad 242

502.03.02 Triángulo mínimo de visibilidad 242

502.03.03 Efecto del esviaje del cruce en el triángulo de visibilidad 243

502.04 Señalización de intersecciones 243

502.05 Intersecciones sin canalizar 244

502.05.01 Intersección sin canalizar simple 246

502.05.02 Ensanches de la sección de los accesos al cruce 247

502.06 Intersecciones canalizadas 249

502.06.01 Generalidades 249

502.06.02 Casos de intersecciones canalizadas 251

502.07 Curvas de transición en intersecciones 256

502.07.01 Uso de clotoides 256

502.07.02 Curvas compuestas 257

502.07.03 Combinación de más de dos curvas 257

502.08 Ramales de giro 257

502.08.01 Generalidades 257

502.08.02 Anchos de calzada en ramales de giro 258

502.08.03 Bermas o espacios adyacentes al pavimento del ramal de giro 260

502.09 Carriles de cambio de velocidad 260

502.09.01 Generalidades 260

502.09.02 Carriles de aceleración 262

502.09.03 Carriles de deceleración 264

502.09.04 Carriles centrales de deceleración 266

502.10 Tránsito por el separador central 267
502.10.01 Cruces y giros a la izquierda 267
502.10.02 Giros en U en torno al separador central 271
502.11 Islas 271
502.11.01 Generalidades 271
502.11.02 Tipos de islas 271
502.12 Perfil longitudinal de intersecciones 273
502.13 Intersecciones rotatorias o rotondas 273
502.13.01 Generalidades 273
502.13.02 Elementos de diseño en rotondas 274
Intersecciones a desnivel 277
503.01 Clasificación y tipo de intersecciones a desnivel 277
503.02 Intercambios de tres, cuatro y más ramas 278
503.02.01 Intercambios de tres ramas 278
503.02.02 Intercambio de cuatro y más ramas 279
503.03 Ramales 283
503.04 Criterios de diseño geométrico 285
503.04.01 Esquema general de diseño 285
503.04.02 Criterios generales de diseño 286
Diseño geométrico de atravesamiento de zonas urbanas 295

CAPITULO VI COORDINACIÓN DEL TRAZO EN PLANTA Y PERFIL, Y CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO 297

Coordinación del trazo en planta y perfil 298
601.01 Generalidades 298
601.02 Criterios generales de diseño 299
601.03 Casos de coordinación del trazo en planta y perfil 300
Consistencia del diseño geométrico 308
602.01 Generalidades 308
602.02 Interacción del diseño en planta, perfil y sección transversal 309
602.02.01 Combinaciones recomendables 309
602.02.02 Combinaciones recomendables de la carretera con sus elementos complementarios 311
602.02.03 Combinaciones no recomendables 314

ANEXO I GUIA DE CONTENIDO DE LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS DE CARRETERAS 316

Resumen ejecutivo 317

Memoria descriptiva 318

Metrados 318

Análisis de precios unitarios 319

Presupuesto 319

Formulas polinómicas 320

Cronogramas 320

Especificaciones técnicas 320

Estudios de ingeniería básica 320

- Trafico 320
- Topografía 321
- Suelos, canteras y fuentes de agua 321
- Hidrología e hidráulica 322
- Geología y geotecnia (incluye estabilidad de taludes) 322
- Seguridad vial 323

Diseños 324

- Geométricos 324
- Pavimentos 324
- Estructuras 325
- Drenaje 325
- Seguridad vial y señalización 325

Plan de mantenimiento 326

Estudios socio-ambientales 326

Planos 326

PRESENTACIÓN

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles; así como de fiscalizar su cumplimiento.

El Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico"**, forma parte de los **Manuales de Carreteras** establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

El Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico"**, es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Abarca la información necesaria y los diferentes procedimientos, para la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia con la demás normativa vigente sobre la gestión de la infraestructura vial.

La presente versión Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico (DG–2013)"**, es la actualización del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001), y está organizado en capítulos, secciones, tópicos, artículos y acápites, que abarcan las diferentes etapas y actividades.

Teniendo en consideración que como toda ciencia y técnica, la ingeniería vial se encuentra en permanente cambio e innovación, es necesario que el presente documento sea revisado y actualizado periódicamente por el órgano normativo de la infraestructura vial del MTC, cuyas nuevas versiones serán denominadas de la siguiente manera: Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico (DG – año de actualización)"**.

Lima, Diciembre de 2013

GENERALIDADES

GENERALIDADES

1 Organización del Manual

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras está organizado de la siguiente manera:

- GENERALIDADES
- CAPÍTULO I. Clasificación de las carreteras
- CAPÍTULO II. Criterio y controles básicos para el diseño geométrico
- CAPÍTULO III. Diseño geométrico en planta y perfil y sección transversal
- CAPÍTULO IV. Diseño geométrico de casos especiales
- CAPÍTULO V. Diseño geométrico de intersecciones
- CAPÍTULO VI. Coordinación del trazo en planta y perfil, y consistencia del diseño geométrico
- ANEXO I. Guía de contenido de los estudios definitivos de carreteras

Cada capítulo está dividido en secciones y abarca aspectos análogos referentes a un tema específico. Las secciones tratan un determinado tema y están divididas en tópicos, a su vez estos se dividen en artículos y acápites, respectivamente.

1.1 Codificación

A manera de ejemplo, a continuación se muestra la codificación del Manual:

302.06.03 (a) corresponde a:

III	CAPÍTULO	Diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal
302	SECCIÓN	Diseño geométrico en planta
302.06	TÓPICO	Curvas compuestas
302.06.03	ARTÍCULO	Curvas vecinas del mismo sentido
302.06.03 (a)	ACÁPITE	Curva circular con curva de transición

1.2 Siglas y abreviaturas

Las abreviaturas utilizadas en el Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico (DG–2013)"**, representan lo que se indica a continuación:

- SNIP: Sistema Nacional de Inversión Pública.
- MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- PNP: Policía Nacional del Perú.
- SLUMP: Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú.
- AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- FHWA: Federal Highway Administration - USA.
- TRB: Transportation Research Board.
- PIARC: Permanent International Association of Road Congresses.
- SI: Sistema Internacional de Unidades.

1.3 Unidades de medida

Las unidades de medida utilizadas en este Manual y sus símbolos, corresponden al Sistema Legal de Unidades de Medida de Perú (SLUMP aprobada con la Ley 23560), que adopta a su vez las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI). Aquellas que no se encuentren incluidas en la lista siguiente, se definirán como lo establece el SLUMP o la norma ASTM E 380 "Standard Practice for Use of International System of Units (SI) (The Moderniced Metric System)" o, en su defecto, en las especificaciones y normas a las cuales se hace referencia en el presente documento.

El sistema empleado para separar decimales con una coma es el establecido por el Sistema Internacional, y es el adoptado por la mayoría de países. En cuanto a la separación por miles, se adopta el punto (ejemplo: 1.234,55).

a. Unidades básicas

Símbolo	Unidad de Medida	Magnitud Física
m	metro	longitud
kg	kilogramo	masa
s	segundo	tiempo
km	kilometro	longitud
h	hora	tiempo

b. Unidades derivadas

Símbolo	Unidad de Medida	Nombre unidades
m^2	metro cuadrado	área
m^3	metro cúbico	volumen
kg/m^3	kilogramo por metro cúbico	densidad
m/s	metro por segundo	velocidad
km/h	Kilómetros por hora	velocidad

c. Otras unidades

Símbolo	Unidad de Medida	Magnitud Física
min	minuto	tiempo
d	día	tiempo
l	litro	volumen
t	tonelada métrica	masa
ha	hectárea	área

Para taludes (vertical: horizontal)

Para taludes con inclinación < 1:1, expresar la inclinación del talud como la relación de una unidad vertical a un número de unidades horizontales (1:n).

Para taludes con inclinación > 1:1 expresar la inclinación del talud como la relación de un número de unidades verticales a una unidad horizontal (n:1).

1.4 Glosario de términos

La definición de los términos usados en el presente documento corresponde al "Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial", vigente.

Así mismo, se incluye los siguientes términos que serán de uso exclusivo para el presente Manual:

Tramos homogéneos: Son aquellos que el diseñador identifica a lo largo de una carretera, a los que por las condiciones orográficas, se les asigna una misma velocidad de diseño. Por lo general, una carretera tiene varios tramos homogéneos.

Velocidad de diseño de tramo homogéneo: Es la base para la definición de las características de los elementos geométricos incluidos para un tramo homogéneo.

Velocidad de Operación: Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, sin sobrepasar la velocidad de diseño de tramo homogéneo.

CAPITULO I

CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

SECCIÓN 101

Clasificación por demanda

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

101.01 Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.02 Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.03 Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, ~~de~~ con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.04 Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.05 Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

101.06 Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

SECCIÓN 102

Clasificación por orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazado, se clasifican en:

102.01 Terreno plano (tipo 1)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado.

102.02 Terreno ondulado (tipo 2)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.

102.03 Terreno accidentado (tipo 3)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.

102.04 Terreno escarpado (tipo 4)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado.

CAPITULO II

CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

SECCIÓN 201

Estudios preliminares para efectuar el diseño geométrico

201.01 Criterios generales

En esta Sección se presentan los criterios, factores y elementos que deberán adoptarse para realizar los estudios preliminares que definen el diseño geométrico de las carreteras nuevas, así como las carreteras que serán rehabilitadas y mejoradas especialmente en su trazado.

No se debe perder de vista al definir la geometría de la vía, que el objetivo es diseñar una carretera que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto, dentro del marco de la viabilidad económica.

Asimismo, establece la clasificación e interrelación existente entre los tipos de proyectos, niveles y metodologías de estudio previstas para las obras viales y sintetiza el contenido y alcance de dichos niveles de estudio.

201.02 Información general

Es importante realizar estudios preliminares que permitan establecer las prioridades y recursos para la elaboración de un nuevo proyecto, para lo cual se deberá recopilar toda la información pertinente que esté disponible, complementando y verificando aquellas empleadas en los estudios de viabilidad económica. Se recurrirá a fuentes como son los vértices geodésicos, mapas, cartas y cartografía vial, así como fotografías aéreas, ortofotos, etc.

Aun cuando el reconocimiento en terreno resulta indispensable, su amplitud y/o grado de detalle dependerá, en gran medida, del tipo de información topográfica y geomorfologíca existente.

201.03 Niveles de estudios preliminares

Los estudios preliminares (pre inversión) deben dar respuesta, básicamente, a tres interrogantes fundamentales, ellas son:

- Definición preliminar de las características y parámetros de diseño.
- Identificación de rutas posibles.
- Anteproyectos preliminares de las rutas posibles.
- Selección de rutas.

Todos los estudios preliminares del diseño geométrico deben estar acorde a la normativa vigente del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).

201.04 Criterios básicos

a. Proyecto y estudio

El término "proyecto" incluye las diversas etapas que van desde la concepción de la idea, hasta la materialización de una obra civil, complejo industrial o programa de desarrollo en las más diversas áreas. En consecuencia, el proyecto es el objetivo que motiva las diversas acciones requeridas para poner en servicio una nueva obra vial, o bien recuperar o mejorar una existente.

Las materias tratadas en el presente manual están referidas a los diversos estudios preliminares y estudios definitivos requeridos, en sus diferentes fases, todo lo cual será identificado como "Estudios".

No obstante dentro de la amplitud asignada al término "Proyecto", se le identificará bajo el término "Proyectista" a la organización, equipo o persona que asume la responsabilidad de realizar los estudios en sus diferentes fases.

b. Estándar de diseño de una carretera

La Sección Transversal, es una variable dependiente tanto de la categoría de la vía como de la velocidad de diseño, pues para cada categoría y velocidad de diseño corresponde una sección transversal tipo, cuyo ancho responde a un rango acotado y en algunos casos único.

El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:

1. La Categoría que le corresponde (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).
2. La velocidad de diseño (V).
3. La sección transversal definida.

201.05 Clasificación general de los proyectos viales

Los proyectos viales para efectos del diseño geométrico se clasifican de la siguiente manera:

a. Proyectos de nuevo trazado

Son aquellos que permiten incorporar a la red una nueva obra de infraestructura vial. El caso más claro corresponde al diseño de una carretera no existente, incluyéndose también en esta categoría, aquellos trazados de vías de evitamiento o variantes de longitudes importantes.

Para el caso de puentes y túneles, más que un nuevo trazado constituye un nuevo emplazamiento. Tal es el caso de obras de este tipo generadas por la construcción de una segunda calzada, que como tal corresponde a un cambio de trazado de una ruta existente, pero para todos los efectos, dichas obras requerirán de estudios definitivos en sus nuevos emplazamientos.

b. Proyectos de mejoramiento puntual de trazado

Son aquellos proyectos de rehabilitación, que pueden incluir rectificaciones puntuales de la geometría, destinadas a eliminar puntos o sectores que afecten la seguridad vial. Dichas rectificaciones no modifican el estándar general de la vía.

c. Proyectos de mejoramiento de trazado

Son aquellos proyectos que comprenden el mejoramiento del trazo en planta y/o perfil en longitudes importantes de una vía existente, que pueden efectuarse mediante rectificaciones del eje de la vía o introduciendo variantes en el entorno de ella, o aquellas que comprenden el rediseño general de la geometría y el drenaje de un camino para adecuarla a su nuevo nivel de servicio.

En casos de ampliación de calzadas en plataforma única, el trazado está controlado por la planta y el perfil de la calzada existente. Los estudios de segundas calzadas con plataformas independientes, deben abordarse para todos los efectos prácticos, como trazados nuevos.

201.06 Ingeniería básica

201.06.01 Geodesia y topografía

En todos los trabajos topográficos, se aplicará el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP), que a su vez ha tomado las unidades del Sistema Internacional de Unidades o Sistema Métrico Modernizado.

a. Procedimientos geodésicos para referenciar los trabajos topográficos

Se adopta la incorporación como práctica habitual de trabajo, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que opera referido a sistemas geodésicos, en particular el conocido como WGS-84 (World Geodetic System de 1984).

El Sistema de Referencia WGS-84 es un sistema geocéntrico global (mundial) con origen en el centro de masa de la Tierra, cuya figura analítica es el Elipsoide Internacional GRS-80. Al determinar las coordenadas de un punto sobre la superficie de la Tierra mediante GPS, se obtienen las coordenadas cartesianas X, Y, Z y sus equivalentes geodésicas: latitud (φ), longitud (λ) y altura elipsóidica (h).

b. Sistemas geodésicos

Se denomina Sistema Geodésico Oficial, al conjunto conformado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, que están a cargo del Instituto Geográfico Nacional. Está materializado por puntos localizados dentro del ámbito del territorio nacional, mediante monumentos o marcas, que interconectados permiten la obtención conjunta o por separado de su posición geodésica (coordenadas), altura o del

campo de gravedad, enlazados a los sistemas de referencia establecidos.

- Constitúyase como Red Geodésica Horizontal Oficial a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), a cargo del Instituto Geográfico Nacional; la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) sustentada en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 1994 –International Terrestrial Reference Frame 1994 (ITRF94) del International Earth Rotation Service (IERS) para la época 1995.4 y relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980- Geodesic Referente System 198D (GRS80). [Para efectos prácticos como elipsoide puede ser utilizado el World Geodetic System 1984 (WGS84).]
- Constitúyase como Red Geodésica Vertical Oficial a la Red de Nivelación Nacional, a cargo del Instituto Geográfico Nacional, la misma que tiene como superficie de referencia el nivel medio del mar, está conformada por Marcas de Cota Fija (MCF) o Bench Mark (BM) distribuidos dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las principales vías de comunicación terrestre, los mismos que constituyen bienes del Estado. Esta Red Geodésica estará sujeta al avance tecnológico tendiente a obtener una referencia altimétrica global relacionada al campo de la gravedad.

  La tendencia mundial apunta a la adopción de un sistema geocéntrico, no solo para fines geodésicos, sino que también para fines de mapeo, con su derivación a sistemas locales para proyectos de ingeniería. Los sistemas de coordenadas más utilizados son las geodésicas (latitud, longitud y altura elipsódica) y las cartesianas (x, y, z).

c. Sistemas globales de referencia

El posicionamiento con GPS, así como cualquier otro sistema satelital, por ejemplo su homólogo ruso GLONASS (Global Navigation Satellite System), requiere sistemas de referencia bien definidos consistentes globales y geocéntricos. Esto implica que consideran todo el globo terrestre y tienen su origen en el centro de masa de la Tierra.

Los más conocidos son:

- El Sistema de Referencia Terrestre Internacional ITRF (International Terrestrial Reference Frame).
- El Sistema Geodésico Mundial 1984 WGS-84 (World Geodetic System 1984).
- SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur).
- Sistemas de referencia sudamericanos. Datum Provisorio Sudamericano 1956 – PSAD-56.

d. Sistemas de proyección

1. Aspectos generales

Los sistemas de proyección cartográfica tienen por objeto representar la superficie terrestre, o parte de ella, en una superficie plana cuadriculada. En términos generales se distinguen, por la superficie de proyección, entre azimutales, cilíndricas, cónicas y otras; y de acuerdo a la orientación de la superficie ésta puede ser normal, transversal u oblicua.

2. Transversal de Mercator

La proyección transversal de Mercator (TM) es, en sus diferentes versiones, el sistema más utilizado mundialmente. Su empleo resulta especialmente favorable para representar la superficie terrestre de grandes extensiones en dirección norte-sur. Dicha proyección puede ser graficada por un cilindro que envuelve el elipsoide terrestre, siendo el eje del cilindro perpendicular al eje de rotación terrestre. En su forma original el cilindro es tangente en un meridiano, que corresponde al meridiano central de la proyección. La proyección TM es conforme y tiene mínimos errores de escala en el meridiano central o en sus cercanías.

Los más utilizados son:

- La proyección transversal de mercator (TM).
- El sistema universal transversal de mercator (UTM).
- La proyección TM local (LTM).

201.06.02 Hidrología, hidráulica y drenaje

Los estudios de hidrología y de hidráulica en el proyecto de obras viales deben proporcionar al proyectista los elementos de diseño necesarios para dimensionar las obras que, técnica, económica y ambientalmente, cumplan con los siguientes fines:

- Cruzar cauces naturales, lo cual determina obras importantes tales como puentes y alcantarillas de gran longitud o altura de terraplén.
- Restituir el drenaje superficial natural, el cual se ve afectado por la construcción de la vía. Ello debe lograrse sin obstruir o represar las aguas y sin causar daño a las propiedades adyacentes.
- Recoger y disponer de las aguas lluvias que se junten sobre la plataforma del camino o que escurren hacia ella, sin causar un peligro al tráfico.
- Eliminar o minimizar la infiltración de agua en los terraplenes o cortes, la que puede afectar las condiciones de estabilidad de la obra básica.
- Asegurar el drenaje subterráneo de la plataforma y base, de modo que no afecten las obras de la superestructura.

- Considerar el impacto ambiental que pueden tener las obras proyectadas.

Los conocimientos de hidrología le permitirán al proyectista estimar los escurrimientos superficiales en secciones específicas de quebradas, pantanos, ríos y canales, en los puntos en que el camino cruza dichos cauces. Estos escurrimientos deben asociarse a la probabilidad de ocurrencia que ellos tienen, a fin de tener antecedentes probabilísticos sobre su comportamiento futuro. Igualmente, la hidrología permite calcular y estimar los escurrimientos de aguas de lluvia sobre la faja del camino o en superficies vecinas y que fluyen superficialmente hacia ella, así como también las propiedades hidráulicas del subsuelo y las condiciones de la napa freática bajo la plataforma.

La hidráulica permite predecir las velocidades y las alturas de escurrimiento en cauces naturales o artificiales; definir las dimensiones de las obras de drenaje transversal; calcular las dimensiones y espaciamiento de sub-drenes, diseñar los elementos del sistema de recolección y disposición de aguas lluvias, y definir las secciones y pendientes, cunetas y canales interceptores.

Dado que la construcción de una obra vial moderna puede afectar grandes áreas de terreno, la consideración de los problemas de erosión, sedimentación y arrastre debe ser una preocupación central del diseño y planificación de las obras viales. Los estudios de erosión y arrastre deben permitir la construcción y materialización de las obras viales, manteniendo en niveles aceptables los efectos adversos relativos a estos problemas.

201.06.03 Geología y Geotecnia

Desde las primeras fases del estudio de una obra vial, el proyectista deberá trabajar en forma coordinada con los especialistas en Geología y Geotecnia. En efecto, en la etapa de identificación de rutas posibles, la oportuna detección de zonas conflictivas desde el punto de vista geotécnico, puede justificar el abandono de una ruta, que pudiera parecer atrayente por consideraciones de trazado.

En los diversos niveles de estudio, el ingeniero especialista irá detectando con grados de precisión creciente, aspectos tales como:

- Identificación de sectores específicos con características geotécnicas desfavorables.
- Sectorización de la zona de emplazamiento del trazado, definiendo el perfil estratigráfico pertinente y sus propiedades.
- Todo ello, orientado a establecer la capacidad de soporte del terreno natural, así como los taludes seguros para terraplenes y cortes, asociados a los distintos materiales.
- Condiciones de fundación de estructuras, obras de drenaje y obras complementarias.
- Aspectos de drenaje incidentes en el problema geotécnico.

- Disponibilidad de yacimientos de materiales.

Las características geotécnicas de los materiales que pueden presentarse a lo largo del emplazamiento de una carretera son variadas, pudiendo experimentar cambios radicales entre sectores muy próximos. No es posible, por lo tanto, definir a priori un procedimiento de estudio de tipo general. En consecuencia, deberá ser el ingeniero especialista quien vaya definiendo, en las diversas etapas, los estudios específicos que deberán ejecutarse.

El Consultor procederá a la recopilación de toda la información geológico-geotécnica representativa de la zona de emplazamiento de los corredores seleccionados.

El análisis de las cartas de pequeña escala en que se definieron los corredores permitirá establecer aspectos morfológicos, los cuales orientan respecto a la calidad de los terrenos. Por otra parte el modelaje superficial que se observa permite tipificar cuales han sido los elementos generadores de estas formas, deduciendo así cuales han sido los principales agentes de erosión. El análisis o estudio fotointerpretativo se basará en el estudio de fotos aéreas y fotos satelitales del área donde se emplazan los corredores.

201.07 Aspectos ambientales

En el pasado, los moderados niveles de demanda y las restricciones en cuanto a disponibilidad de recursos, generalmente hacían que la geometría de los caminos se adaptara en forma ceñida a la topografía del terreno y que la faja del camino fuera relativamente estrecha. Consecuentemente las alteraciones que los proyectos viales imponían sobre el medio ambiente eran mínimas.

El incremento de la demanda derivado del crecimiento de la población, del desarrollo económico y de los avances tecnológicos, ha impuesto mayores exigencias de capacidad, seguridad y confort, lo que ha redundado en que la geometría de los trazados en planta y perfil sea más amplia, con lo que en las etapas de construcción y operación de un camino, alteran en menor o mayor medida las condiciones ambientales prevalecientes en el corredor en que la ruta se emplaza, llegando incluso, en determinados casos, a degradarlas.

En el desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) u otro instrumento de evaluación, se deberán revisar aquellos aspectos que siempre estarán presentes y que incidirán directamente en el nivel o grado de impacto de una determinada obra.

En primer lugar, interviene el trazado del camino que se estudia, ya que a mayor nivel las exigencias técnicas de la geometría implicarán una menor posibilidad de adecuarse al terreno, aumentando las alturas de corte y terraplén. Por otro lado, un camino de elevado estándar está ligado a un mayor ancho de faja vial, todo lo cual se traduce en un aumento de la probabilidad de generar un impacto de mayor magnitud.

Por otra parte están las características naturales de los terrenos donde se emplazará el camino. Por ejemplo, los rasgos topográficos del terreno condicionarán el grado de deterioro ambiental que puede producir el proyecto

de un camino, el que, en general, aumentará en la medida que el terreno sea más accidentado.

También la geomorfología y geología del terreno condicionarán el grado de impacto ya que, dependiendo de los materiales que estén presentes y la inestabilidad de las laderas, es posible que se activen procesos erosivos en los taludes expuestos o se propicien asentamientos o deslizamientos de masas de materiales que pueden afectar al camino proyectado o a quebradas o cauces cercanos.

Otro aspecto por considerar es el tipo de vegetación natural localizada en la faja del camino, la que al ser eliminada puede perturbar el ecosistema natural en una superficie mayor que la afectada directamente por el camino.

Finalmente se deberán considerar las características socioeconómicas de la zona donde se emplaza el camino, a fin de estudiar el posible efecto que podría provocar el proyecto, en las actividades humanas presentes en el sector.

Es importante destacar que de acuerdo con estudios realizados, la incorporación de la variable ambiental en la toma de decisiones, ha significado no sólo mitigar y neutralizar los impactos negativos que producen los proyectos, sino que en determinados casos, ha contribuido a mejorar el medio donde se emplazan, a conservar y aprovechar racionalmente los recursos naturales renovables en beneficio de la población local y a desarrollar el potencial recreativo y turístico del área.

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta con la inclusión de la dimensión ambiental, es que incorpora elementos de juicio que permiten seleccionar una alternativa óptima del emplazamiento del camino, de tal forma de generar un proyecto vial en armonía con el entorno, lo cual no implica, necesariamente, estar en la disyuntiva de construir o no construir un camino. La integración armónica del proyecto con el entorno se entiende como un estado de equilibrio en donde los posibles impactos negativos se evitan o mitigan, controlando de esta manera el deterioro del medio ambiente.

En resumen, los EIA deberán cumplir la normativa aplicable vigente sobre la materia.

201.08 Estudio de seguridad vial

En el apartado de Seguridad vial se tratarán, según corresponda al tipo de proyecto y con el orden de relevancia que se estime conveniente, los aspectos relativos a los siguientes puntos:

- Distancias de visibilidad, parada y adelantamiento
- Señalización vertical: ubicación, tamaño, visibilidad, nivel de reflexión, coherencia, uniformidad…
- Señalización horizontal: características del material, tipología, coherencia con la señalización vertical
- Balizamiento: necesidad, adecuación y disposición

- Otros dispositivos de seguridad: bandas transversales rugosas, pantallas antideslumbrantes, pinturas con resaltos, semáforos, pasos de peatones
- Zonas de seguridad y sistemas de contención: distancia de seguridad, amortiguadores de impacto, lechos de frenado, barreras, pretiles, tratamientos de márgenes y medianas
- Ampliación del derecho de vía o faja de dominio respecto a lo considerado, por motivos de Seguridad Vial
- Condiciones climáticas de la zona por donde discurre la carretera:

  a) Lluvias, para comprobar la adecuación del sistema de drenaje y la conveniencia de disponer material granular drenante.

  b) Nieve o hielo, para evitar la coincidencia de puntos de posible acumulación de agua con zonas en sombra

  c) Nieblas, para reforzar la señalización horizontal y el balizamiento de la carretera

  d) Orientación, para evitar tramos prolongados o elementos críticos del trazado (cambios de rasante, aproximaciones a intersecciones, finales de carriles adicionales, etcétera) en los que puedan producirse deslumbramientos al amanecer o al atardecer

Las personas, el vehículo (en especial los conductores) y la infraestructura son los tres principales factores que influyen en la seguridad vial.

El elevado incremento en el número de desplazamientos hace que la infraestructura adquiera una especial relevancia. El estado de las carreteras unido al acelerado crecimiento de la movilidad, los atascos, los problemas para estacionar, etc. hacen del "factor vía" un destacado factor de siniestralidad.

Paralelamente a la infraestructura, los vehículos son otro factor determinante de la seguridad vial. En los últimos años han sufrido una gran transformación con una mejora de los equipamientos de protección a los usuarios que ayudan a reducir y minimizar las consecuencias de los accidentes de tráfico.

Todos estos factores han de tenerse en cuenta previamente al desarrollo de un nuevo proyecto.

201.09 Reconocimiento del terreno

Esencialmente consistirá en la comprobación y confirmación de los puntos de control seleccionados sobre la carta geográfica. Dependiendo de la extensión y características del terreno, puede ser aconsejable un primer reconocimiento aéreo, para obtener una adecuada visión de conjunto, o bien para complementar las impresiones obtenidas a partir de las cartas geográficas y/o fotos aéreas.

Para obtener apreciaciones cuantitativas del recorrido terrestre, el Proyectista deberá contar con instrumentos adecuados para verificar y comprobar los puntos críticos que las cartas no alcancen a precisar, tales como: laderas de fuerte pendiente transversal, factibilidad de salvar un desnivel específico,

precisar el ancho de una quebrada o curso de agua, rumbo en algunos tramos boscosos, etc.; Se sugiere el uso de GPS, altímetro, brújula, eclímetro, telémetro, etc., que pueden resultar apropiados en determinados sectores del reconocimiento. También es aconsejable obtener fotografías y vistas panorámicas de los sectores conflictivos.

Como recomendación general conviene tener presente las siguientes pautas de trabajo:

- El reconocimiento no debe limitarse a las rutas prefijadas en las cartas, sino que debe abarcar un área lo suficientemente amplia para no omitir información que pudiera ser útil para una mejor decisión.
- Al recorrer el terreno, el proyectista y los especialistas deberán visualizar, simultáneamente, aspectos de la geomorfología, hidrología, geotecnia y ecología, ponderando racionalmente la incidencia e importancia que, separadamente y en conjunto, pueden tener en el emplazamiento del trazado.
- Las áreas cubiertas por bosques normalmente se asocian a terrenos con relieve pronunciado que poseen una densa red de drenaje natural. Si el área por reconocer es extensa y se prevén varias rutas alternativas, las cartas de pequeña escala (1:50.000) pueden resultar insuficientes, incluso para fijar rutas o corredores, y después de un reconocimiento aéreo amplio, se deberá optar por la ejecución de una restitución aerofotogramétrica a escala intermedia (1:5.000 ó 1:10.000).

  La restitución aerofotogramétrica estará limitada en precisión por la cubierta vegetal existente. No obstante, un plano escala 1:5.000 con curvas de nivel cada 5 m, permitirá desarrollar los estudios preliminares en óptimas condiciones.

  Aun cuando se consulte la ejecución de una restitución aerofotogramétrica, el reconocimiento a nivel de estudio preliminar es indispensable, en una primera etapa, para establecer las fajas o el área por restituir, cuyos límites serán mucho más amplios que los de cada ruta en particular.
- El proyectista deberá estar siempre alerta de no formarse una falsa opinión de las bondades o defectos de una solución, según sea el grado de facilidades o dificultades encontradas para avanzar durante el recorrido del terreno, o bien por la falta de visibilidad en terrenos boscosos o de difícil acceso.
- El proyectista recogerá información relativa al proyecto, sea de índole favorable o desfavorable al criterio propio y deberá aceptarla imparcialmente.

En síntesis, el proceso de estudio en la fase del reconocimiento es una sucesión de ensayos, pruebas y aproximaciones, en las que se evalúan y ponderan las diversas alternativas, investigando y considerando todas las soluciones posibles. El conocimiento técnico, experiencia y buen criterio, ayudarán a encontrar la solución adecuada.

Un reconocimiento completo permite descartar, en una etapa inicial del estudio, rutas no favorables, con lo que los esfuerzos se concentrarán sobre aquellos emplazamientos que ofrezcan una posibilidad real de solución.

Durante el reconocimiento se verifican los lugares considerados como más apropiados para el emplazamiento de los puentes, los cruces y empalmes con otras vías, construcciones y estructuras existentes que convenga mantener o demoler y, en general, todo aquello que puede influir en la ubicación posterior del trazado del camino. Se precisará la extensión de las zonas de desprendimientos, pantanos, laderas meteorizadas e inestables, etc., a fin de delimitarlas con precisión en la carta y evitarlas al trazar el eje probable.

Según sea la complejidad de los problemas previstos o que se detecten durante el reconocimiento, éste podrá requerir varias visitas y la participación, en mayor o menor grado, de los especialistas en geotecnia, hidrología, estructuras, etc. Se aprovecharán las visitas de campo para obtener datos complementarios de la región, recoger opiniones de los habitantes, prever y anticipar los efectos potenciales, tanto positivos como negativos, que provocaría la construcción del camino por una u otra ruta, y la alteración que podrá sufrir el equilibrio ecológico y el paisaje natural.

201.10 Derecho de vía o faja de dominio

Teniendo como base, la definición de las características geométricas y categoría de la carretera a intervenir, se definirá la faja del terreno denominada "Derecho de Vía", dentro del cual, se encontrará la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas para futuras obras de ensanche o mejoramiento y zona de seguridad, para las acciones de saneamiento físico legal correspondiente.

SECCIÓN 202

Vehículos de diseño

202.01 Características generales

Las características físicas y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan por las carreteras, son elementos clave en su definición geométrica. Por ello, se hace necesario examinar todos los tipos de vehículos, establecer grupos y seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto. Estos vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de operación, utilizados para establecer los criterios de los proyectos de las carreteras, son conocidos como vehículos de diseño.

Al seleccionar el vehículo de diseño hay que tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Normalmente, hay una participación suficiente de vehículos pesados para condicionar las características del proyecto de carretera. Por consiguiente, el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (camiones y/o buses).

Las características de los vehículos tipo indicados, definen los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobreancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- La relación de: peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

La clasificación del tipo de vehículo según encuesta de origen y destino, empleada por SNIP para el costo de operación vehicular (VOC), es la siguiente:

- **Vehículo de pasajeros**
  - Jeep (VL)
  - Auto (VL)
  - Bus (B2, B3, B4 y BA)
  - Camión C2

- **Vehículo de carga**
  - Pick-up (equivalente a Remolque Simple T2S1)
  - Camión C2
  - Camión C3 y C2CR
  - T3S2

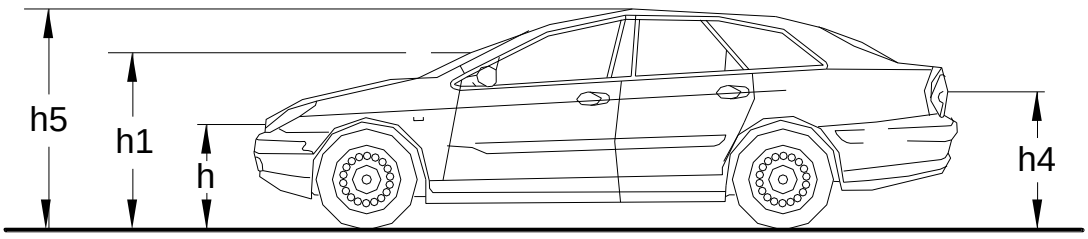
202.02 Vehículos ligeros

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones, situación poco probable en el proyecto de carreteras. A modo de referencia, se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles:

- Ancho: 2,10 m.
- Largo: 5,80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h: altura de los faros delanteros: 0,60 m.
- h_1: altura de los ojos del conductor: 1,07 m.
- h_2: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0,15 m.
- h_4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.
- h_5: altura del techo de un automóvil: 1,30 m

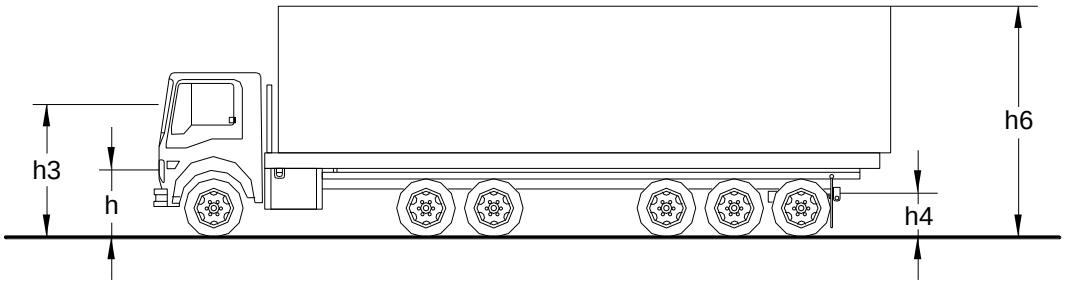


El vehículo ligero es el que más velocidad desarrolla y la altura del ojo de piloto es más baja, por tanto, estas características definirán las distancias de visibilidad de sobrepaso, parada, zona de seguridad en relación con la visibilidad en los cruces, altura mínima de barreras de seguridad y antideslumbrantes, dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento en zonas de estacionamiento, miradores o áreas de descanso.

202.03 Vehículos pesados

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h: altura de los faros delanteros: 0,60 m.
- h_3: altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2,50 m.
- h_4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.
- h_6: altura del techo del vehículo pesado: 4,10 m



En la **Tabla 202.01** se resumen los datos básicos de los vehículos de diseño.

El vehículo pesado tiene las características de sección y altura para determinar la sección de los carriles y su capacidad portante, radios y sobreanchos en curvas horizontales, alturas libres mínimas permisibles, necesidad de carriles adicionales, longitudes de incorporación, longitudes y proporción de aparcamientos para vehículos pesados en zonas de estacionamiento, miraderos o áreas de descanso.

Tabla 202.01

Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras

Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1,30	2,10	0,15	1,80	5,80	0,90	3,40	1,50	7,30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4,10	2,60	0,00	2,60	13,20	2,30	8,25	2,65	12,80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	14,00	2,40	7,55	4,05	13,70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	15,00	3,20	7,75	4,05	13,70
Ómnibus articulado (BA-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	18,30	2,60	6,70 / 1,90 /4,00	3,10	12,80
Semirremolque simple (T2S1)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	6,00 /12,50	0,80	13,70
Remolque simple (C2R1)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	10,30 / 0,80 / 2,15 / 7,75	0,80	12,80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,40 / 6,80 /1,40 / 6,80	1,40	13,70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,45 / 5,70 /1,40 / 2,15 / 5,70	1,40	13,70
Semirremolque simple (T3S3)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	5,40 / 11,90	2,00	1

202.04 Giro mínimo de vehículos tipo

El espacio mínimo absoluto para ejecutar un giro de 180º en el sentido del movimiento de las agujas del reloj, queda definido por la trayectoria que sigue la rueda delantera izquierda del vehículo (trayectoria exterior) y por la rueda trasera derecha (trayectoria interior). Además de la trayectoria exterior, debe considerarse el espacio libre requerido por la sección en volado que existe entre el primer eje y el parachoques, o elemento más sobresaliente.

La trayectoria exterior queda determinada por el radio de giro mínimo propio del vehículo y es una característica de fabricación.

La trayectoria interior depende de la trayectoria exterior, del ancho del vehículo, de la distancia entre el primer y último eje y de la circunstancia que estos ejes pertenecen a un camión del tipo unidad rígida o semirremolque articulado.

De esta forma camiones y ómnibus en general, requerirán dimensiones geométricas más generosas que en el caso de vehículos ligeros. Ello se debe a que, en su mayoría, los primeros son más anchos, tienen distancias entre ejes más largas y mayor radio mínimo de giro, que son las principales dimensiones de los vehículos que afectan el alineamiento horizontal y la sección transversal

En las **Figuras 202.01** a **202.54** se ilustran las trayectorias mínimas obtenidas para los vehículos tipo con las dimensiones máximas establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos.

En las **Tablas 202.02** a **202.11** se incluyen los radios máximos y mínimos y los ángulos para las seis trayectorias descritas.

Tabla 202.02

Vehículo ligero (VL) Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	Rmáx exterior vehículo (E)	Rmín interior vehículo (I)	Rmín Interior Rueda (J)	Ángulo máximo dirección
30º	7,76 m	5,14 m	5,28 m	17,8º
60º	7,84 m	4,73 m	4,88 m	24,2º
90º	7,87 m	4,59 m	4,74 m	26,4º
120º	7,88 m	4,54 m	4,69 m	27,3º
150º	7,88 m	4,52 m	4,67 m	27,6º
180º	7,88 m	4,51 m	4,66 m	27,7º

Similar a "Minimum Turning Path for Passenger Car (P) Design Vehicle" en la norma AASTHO.

Figura 202.01

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 30º

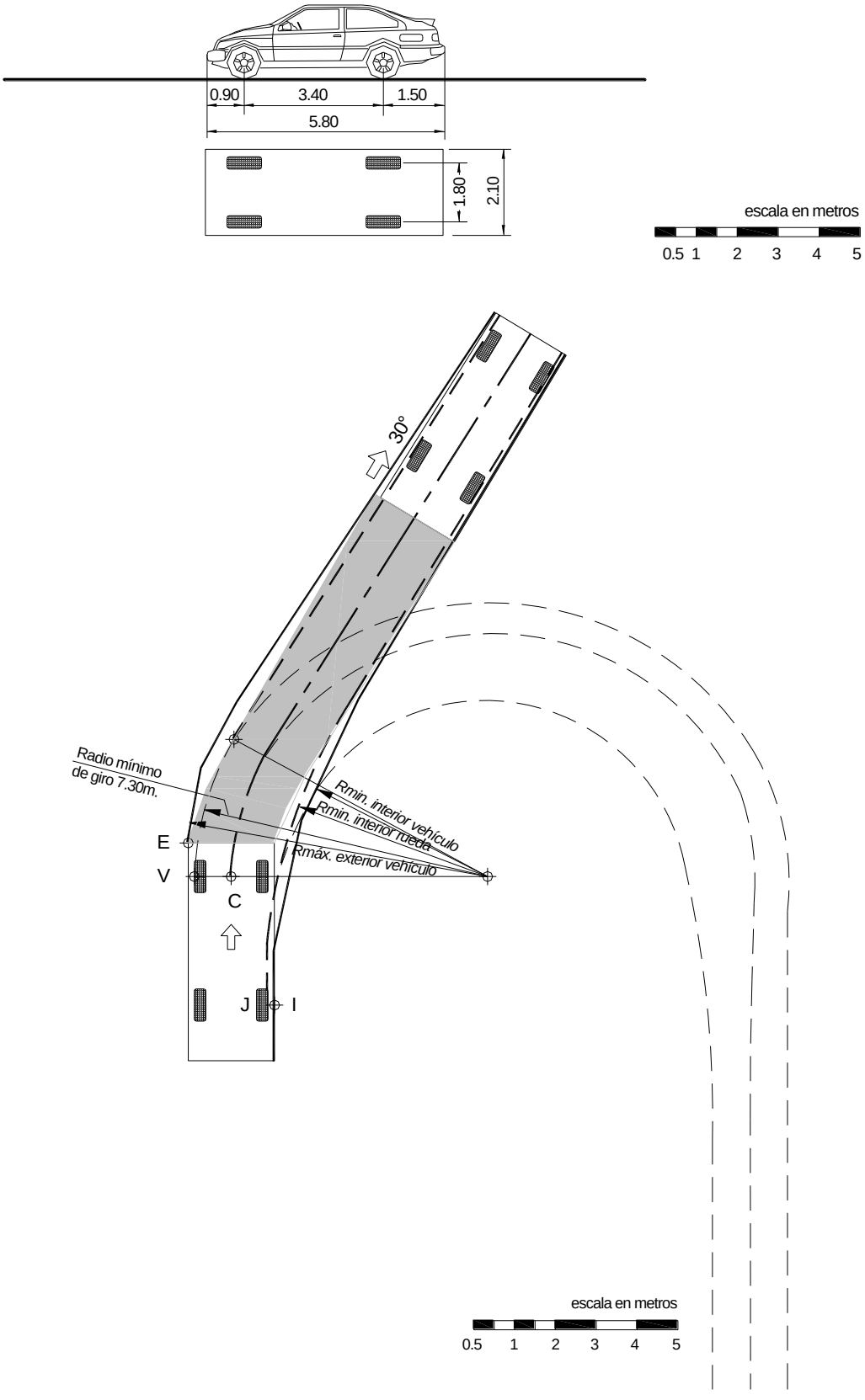


Figura 202.02

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 60º

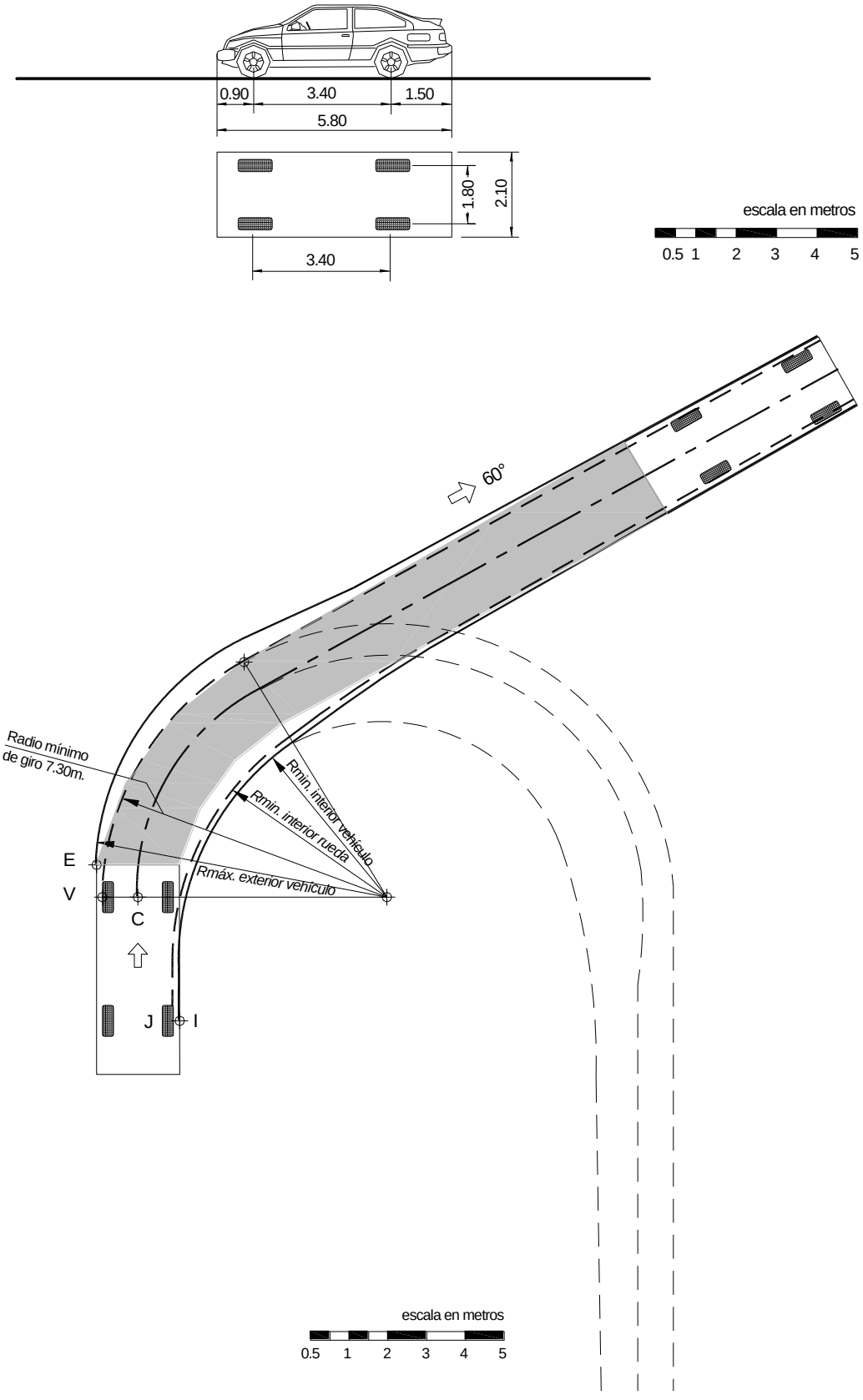


Figura 202.03

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 90º

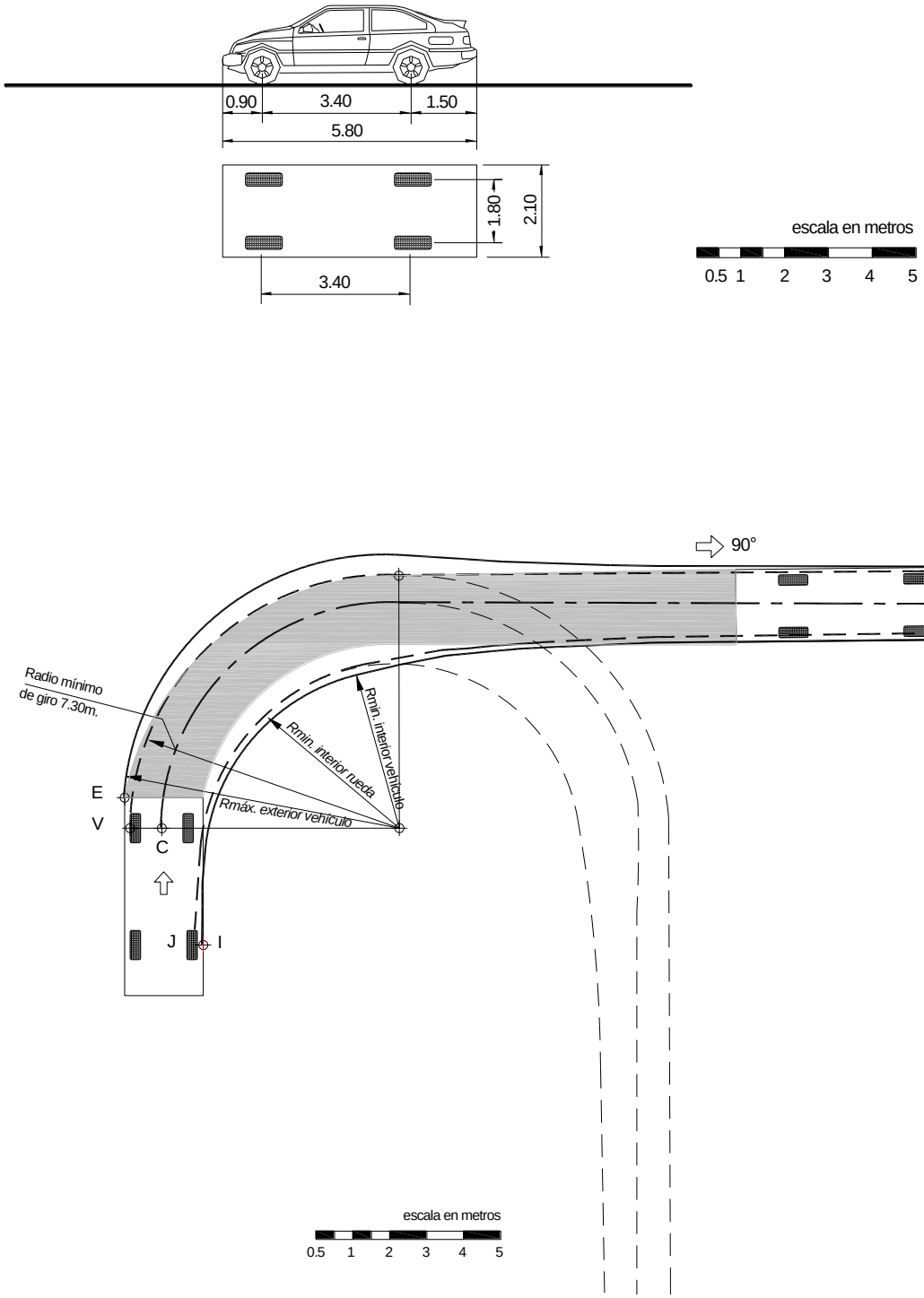


Figura 202.04

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 120º

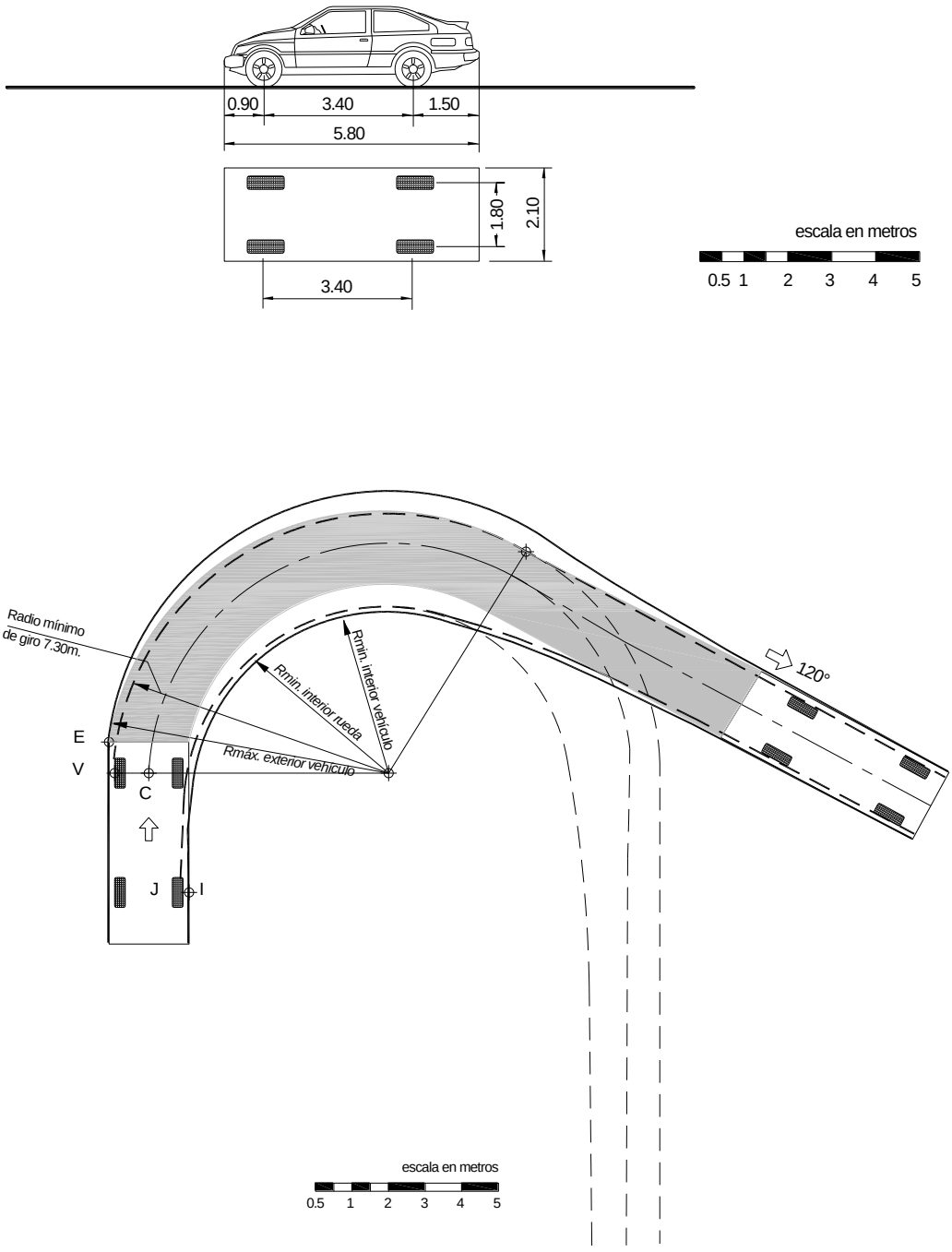


Figura 202.05

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 150º

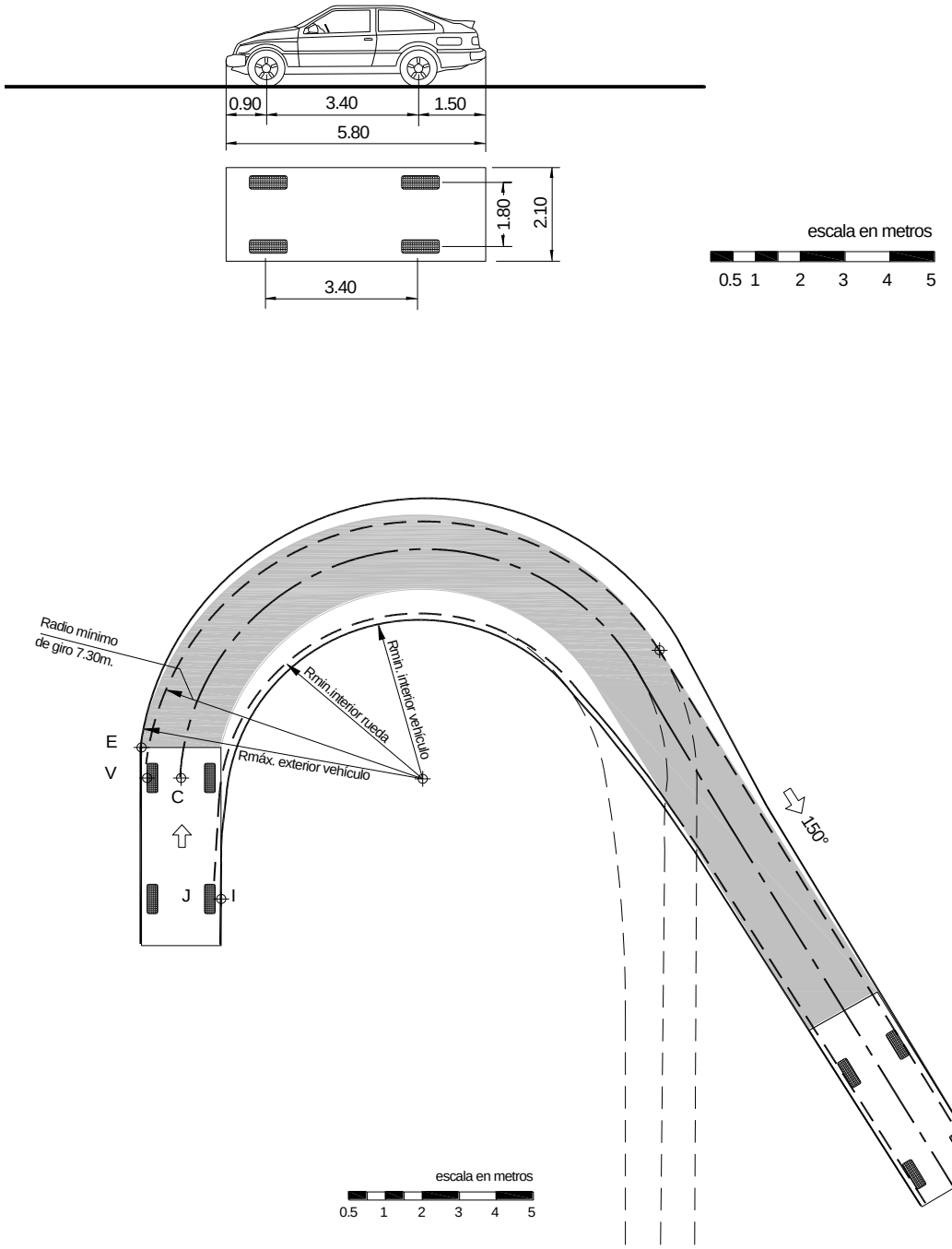


Figura 202.06

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 180º

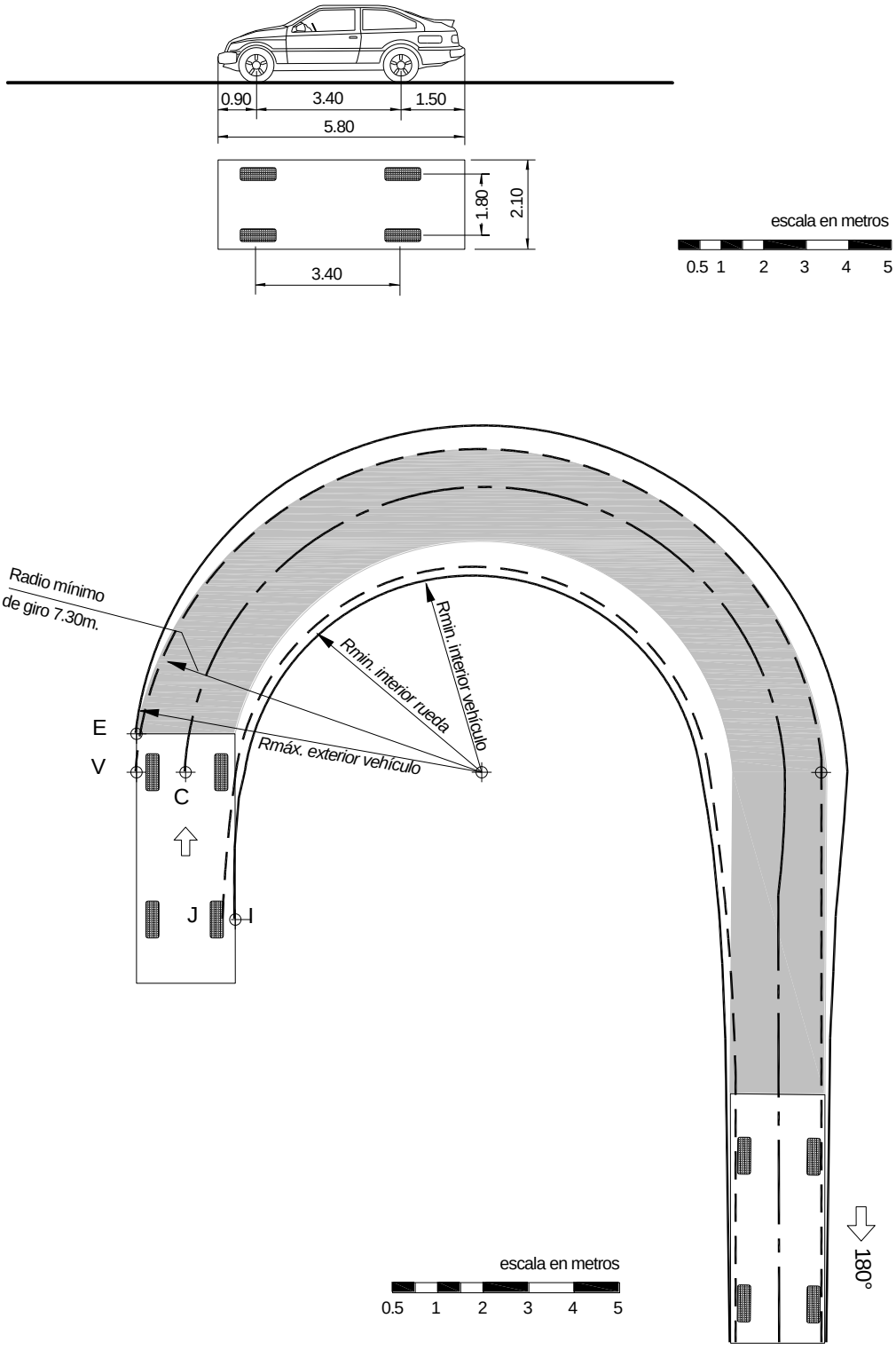


Tabla 202.03

Ómnibus de dos ejes (B2)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx Exterior vehículo (E)	R mín Interior Rueda (J)	Ángulo Máximo dirección
30º	13,76 m	10,17 m	20,2º
60º	14,09 m	8,68 m	30,0º
90º	14,24 m	7,96 m	34,9º
120º	14,31 m	7,59 m	37,4º
150º	14,35 m	7,40 m	38,7º
180º	14,37 m	7,30 m	39,3º

Similar a "Minimum Turning Path for City Transit Bus (CITY-BUS) Design Vehicle" en la norma AASTHO.

Figura 202.07

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 30º

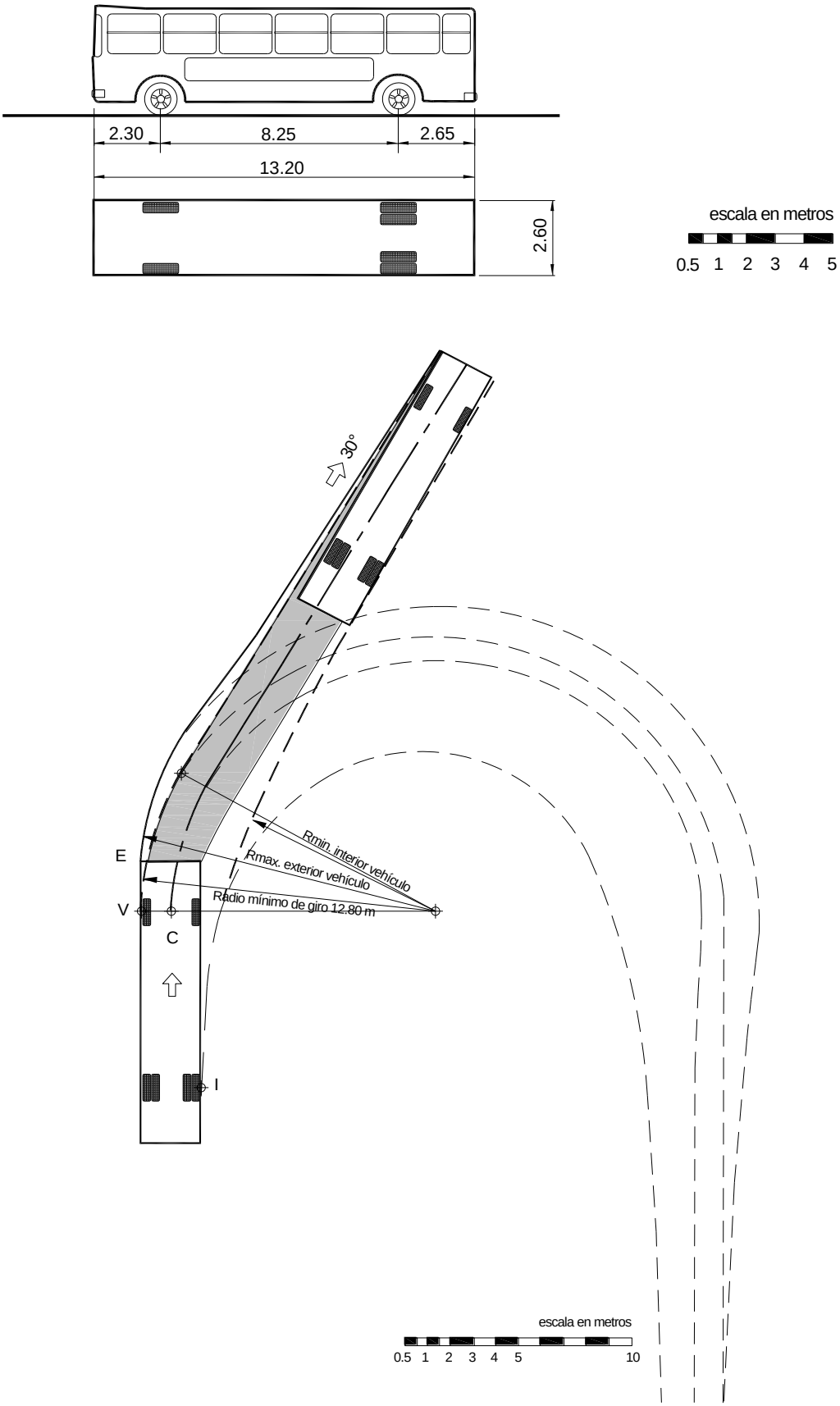


Figura 202.08

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 60º

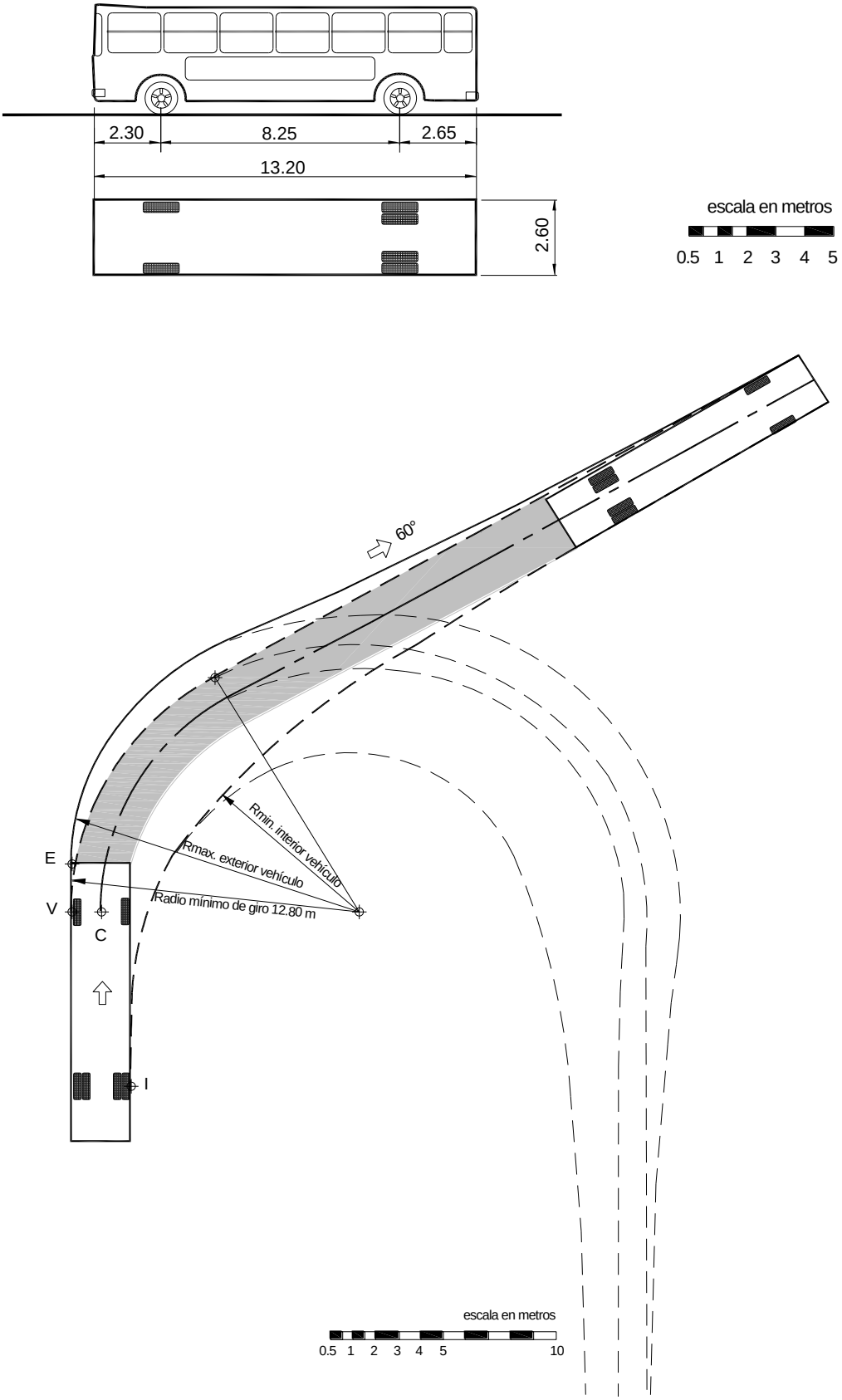


Figura 202.09

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 90º

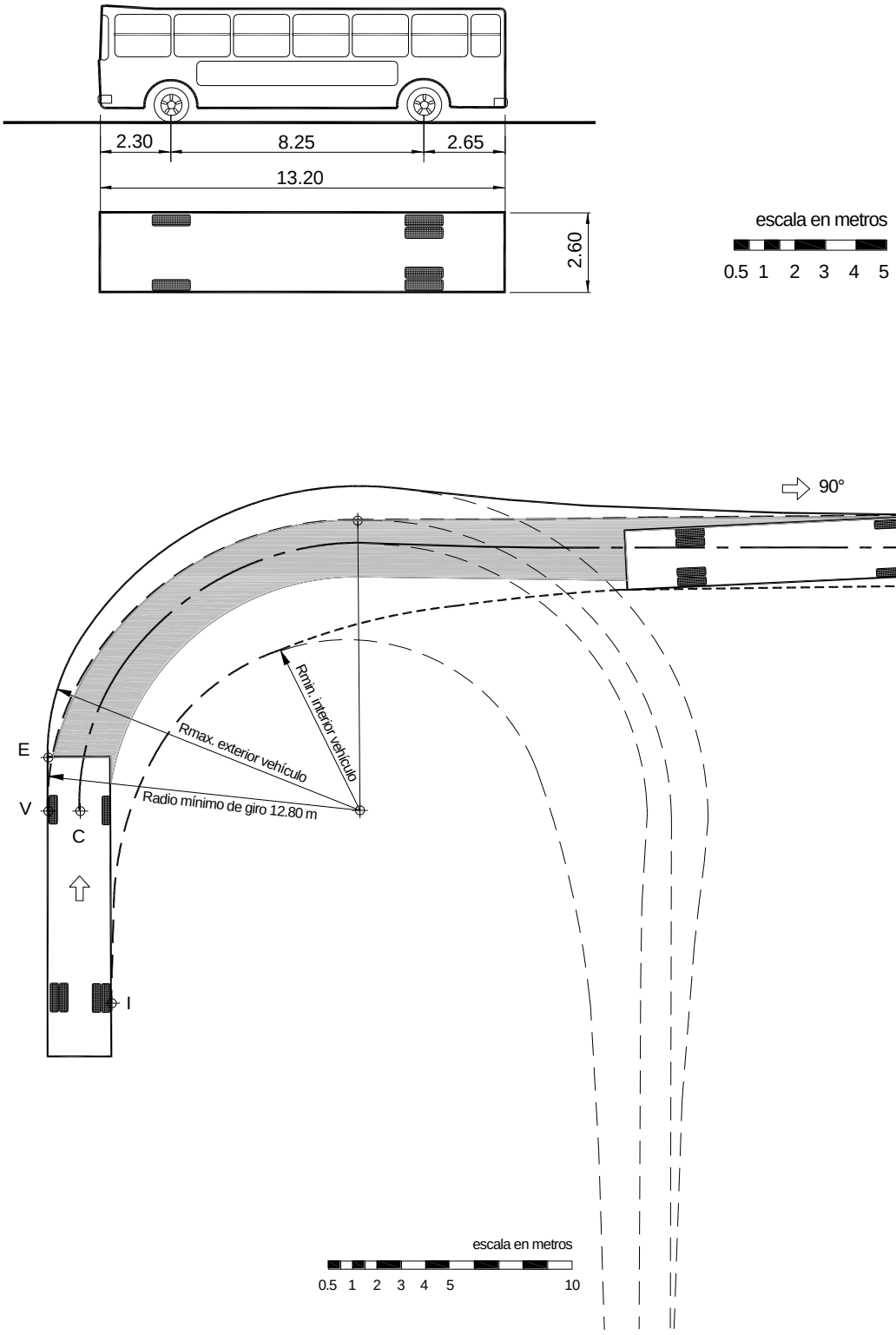


Figura 202.10

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 120º

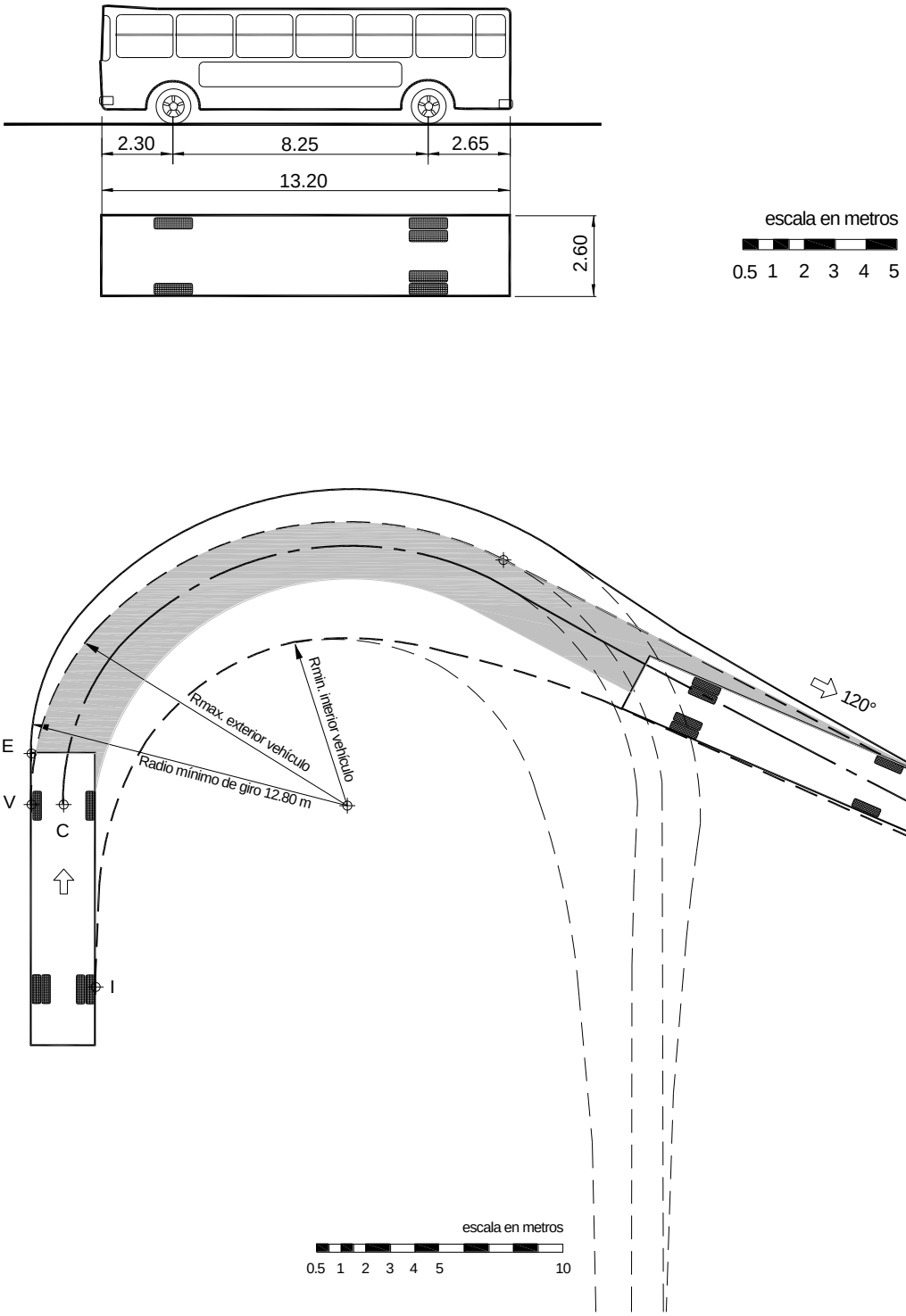


Figura 202.11

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 150º

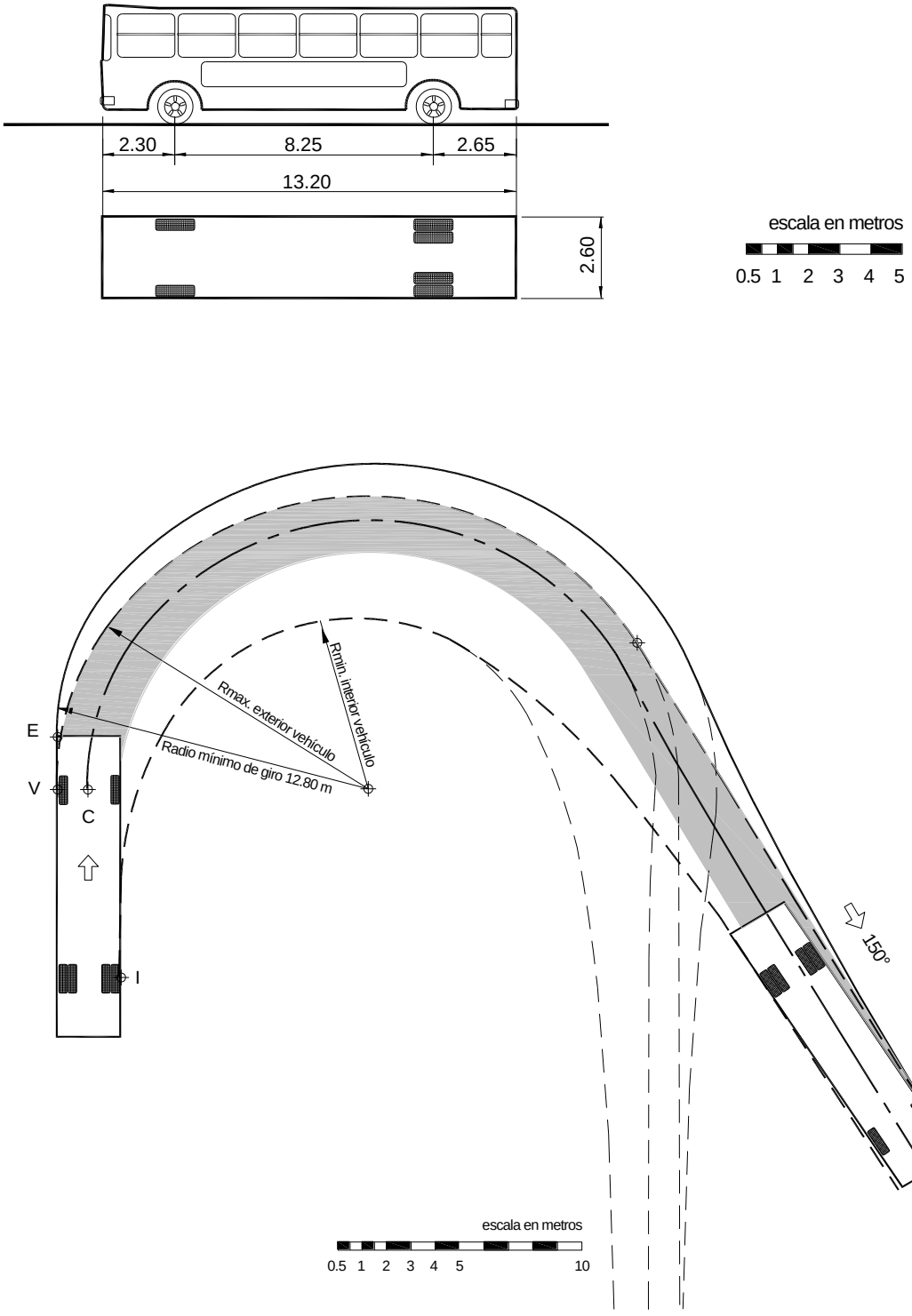


Figura 202.12

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 180º

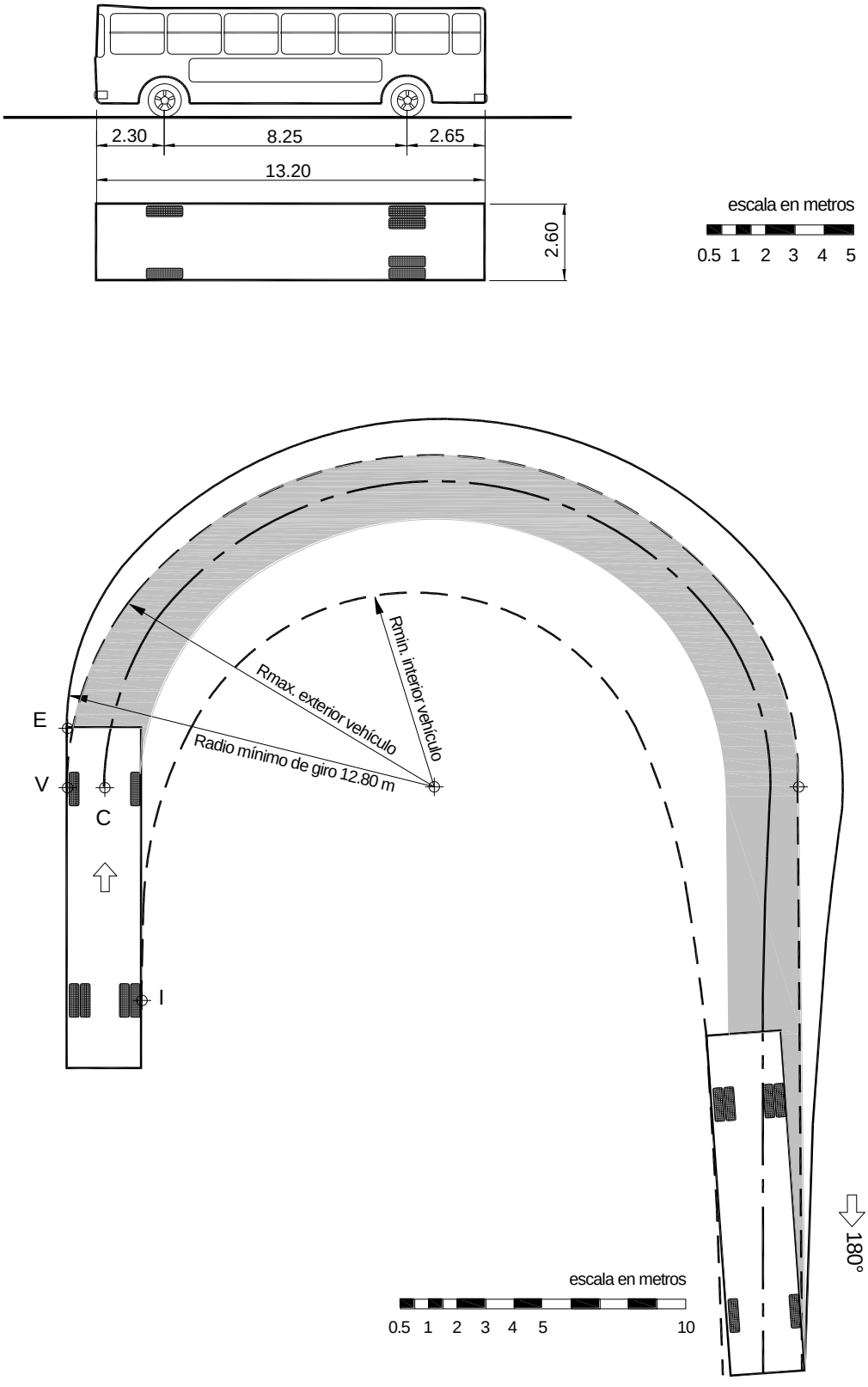


Tabla 202.04

Ómnibus de tres ejes (B3-1)
Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior Vehículo (E)	R mín. interior Rueda (J)	Ángulo máximo dirección
30º	14,66 m	10,80 m	19,1º
60º	14,95 m	9,67 m	27,2º
90º	15,07 m	9,20 m	30,7º
120º	15,12 m	9,00 m	32,2º
150º	15,14 m	8,91 m	32,9º
180º	15,15 m	8,87 m	33,2º

Similar a "Minimum Turning Path for Intercity Bus (BUS-14 [BUS-45]) Design Vehicle" en la norma AASTHO.

Figura 202.13

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 30º

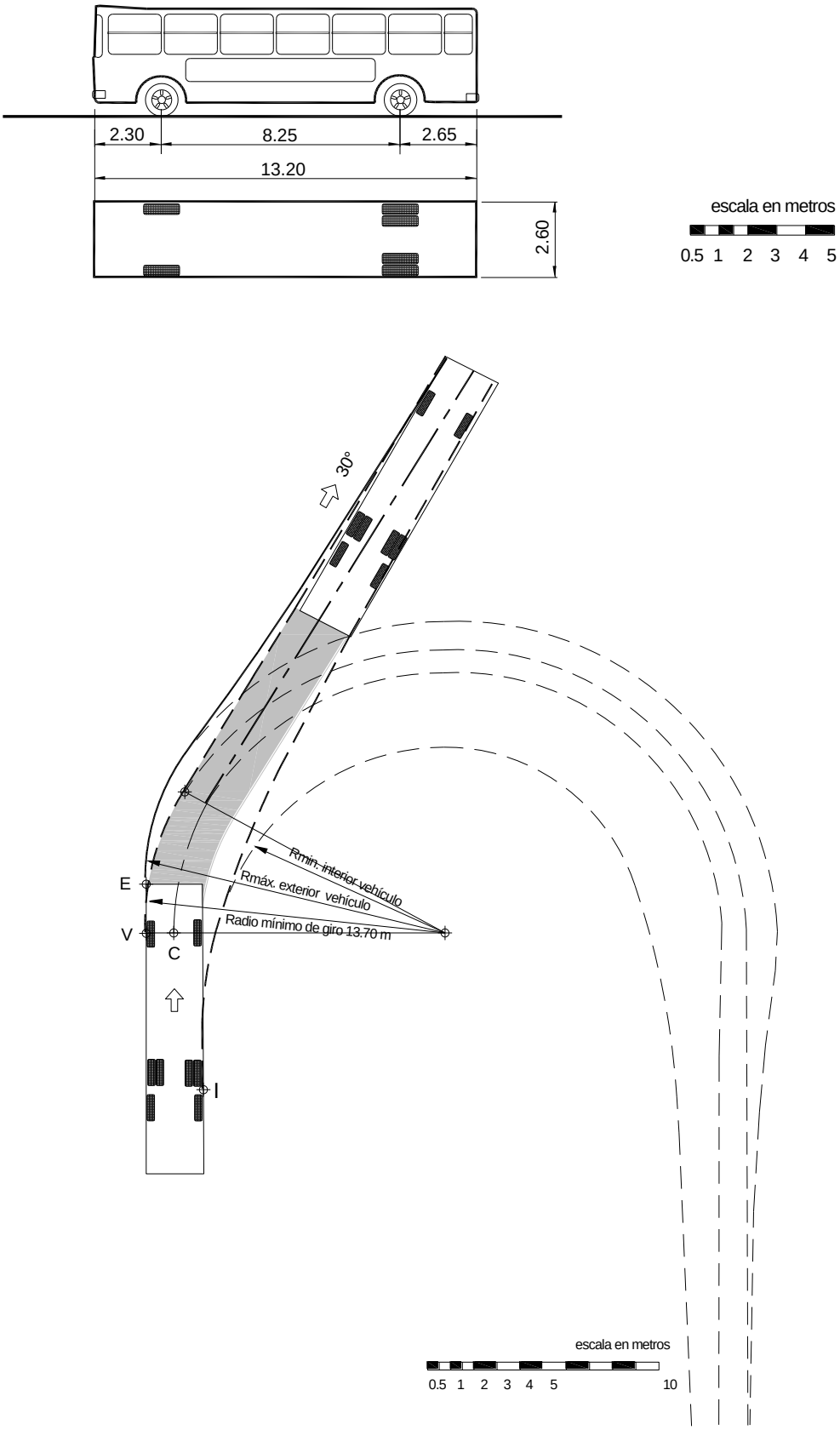


Figura 202.14

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 60º

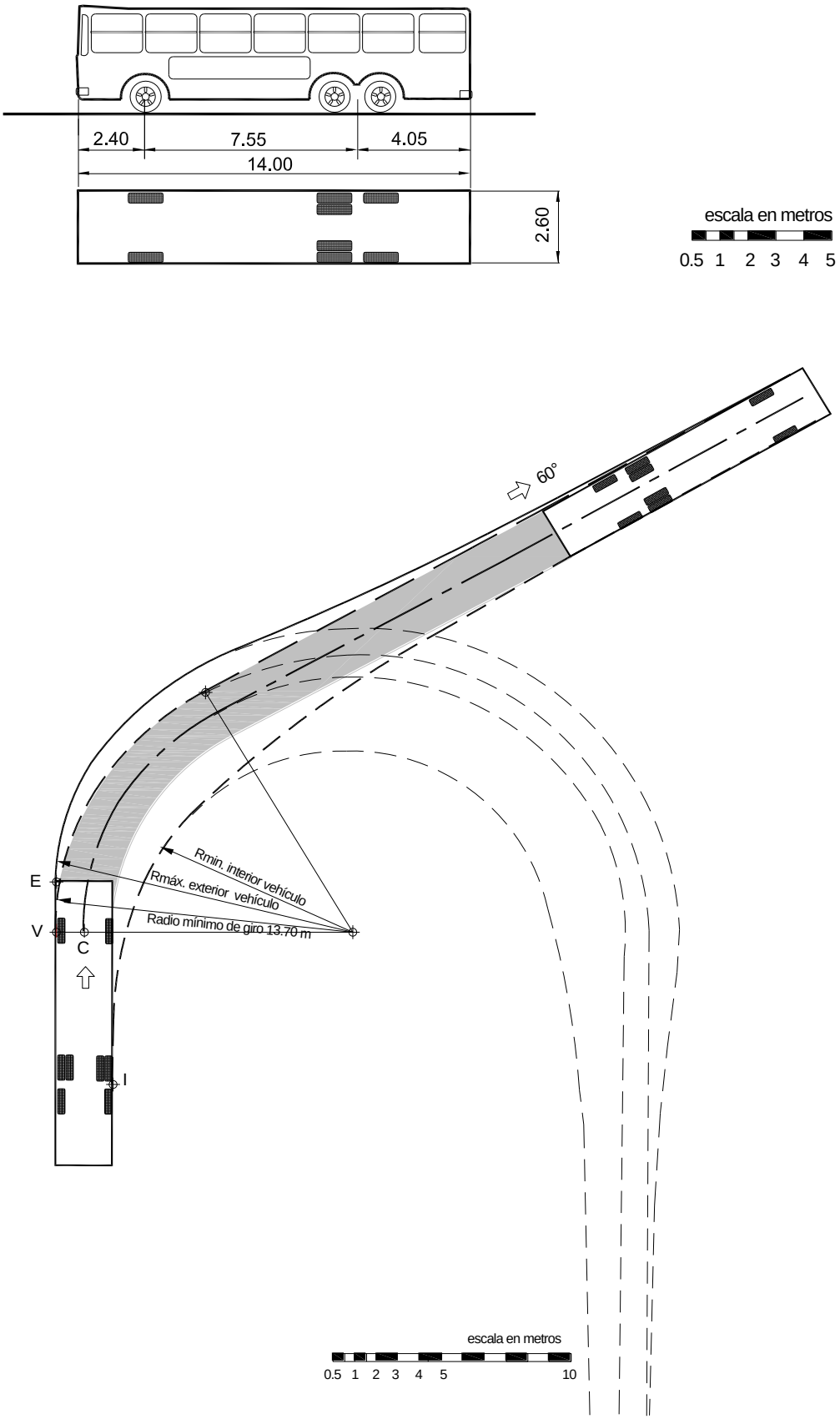
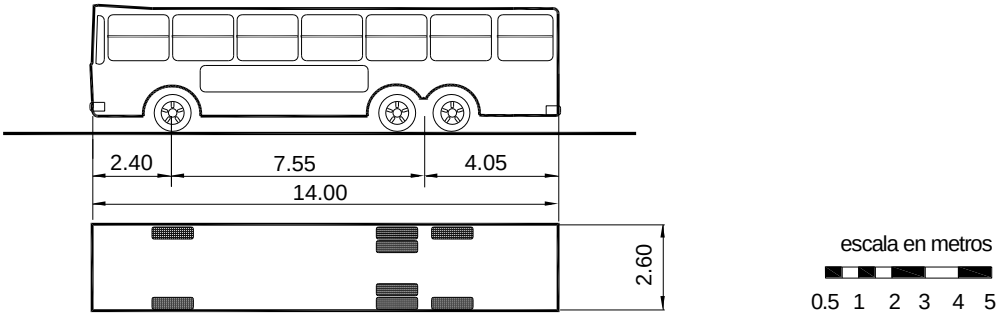


Figura 202.15

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 90º



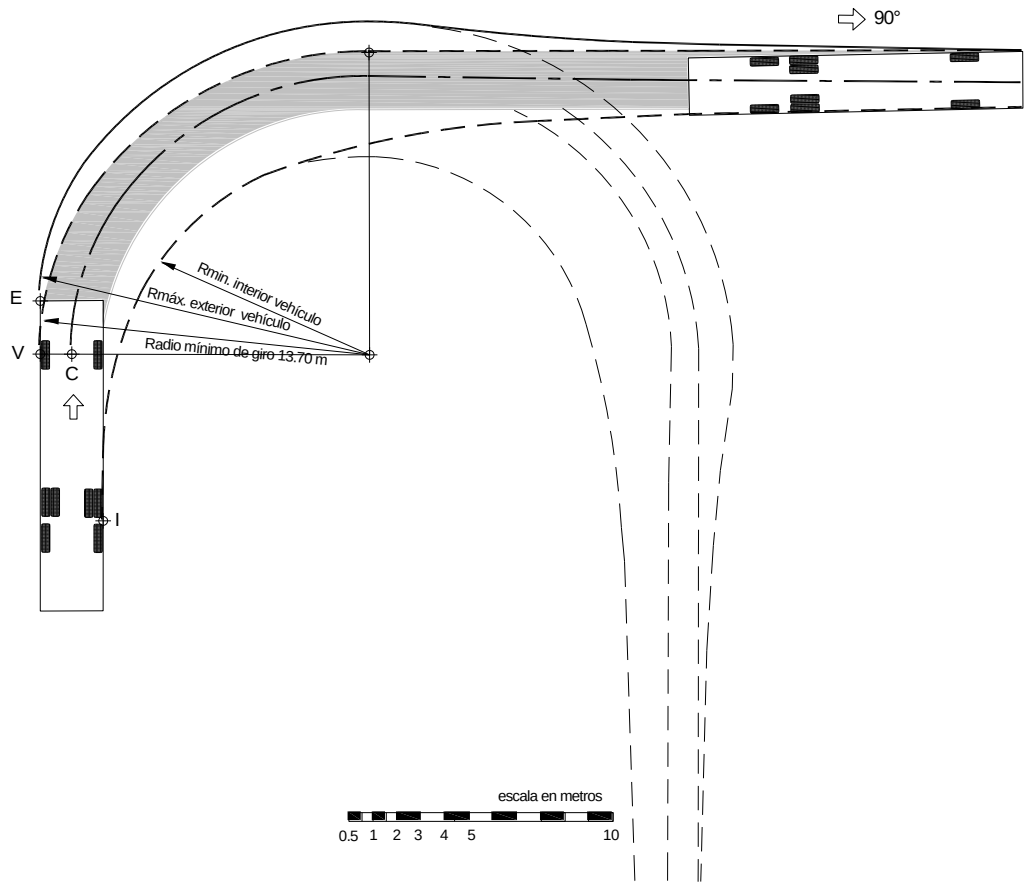


Figura 202.16

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 120º

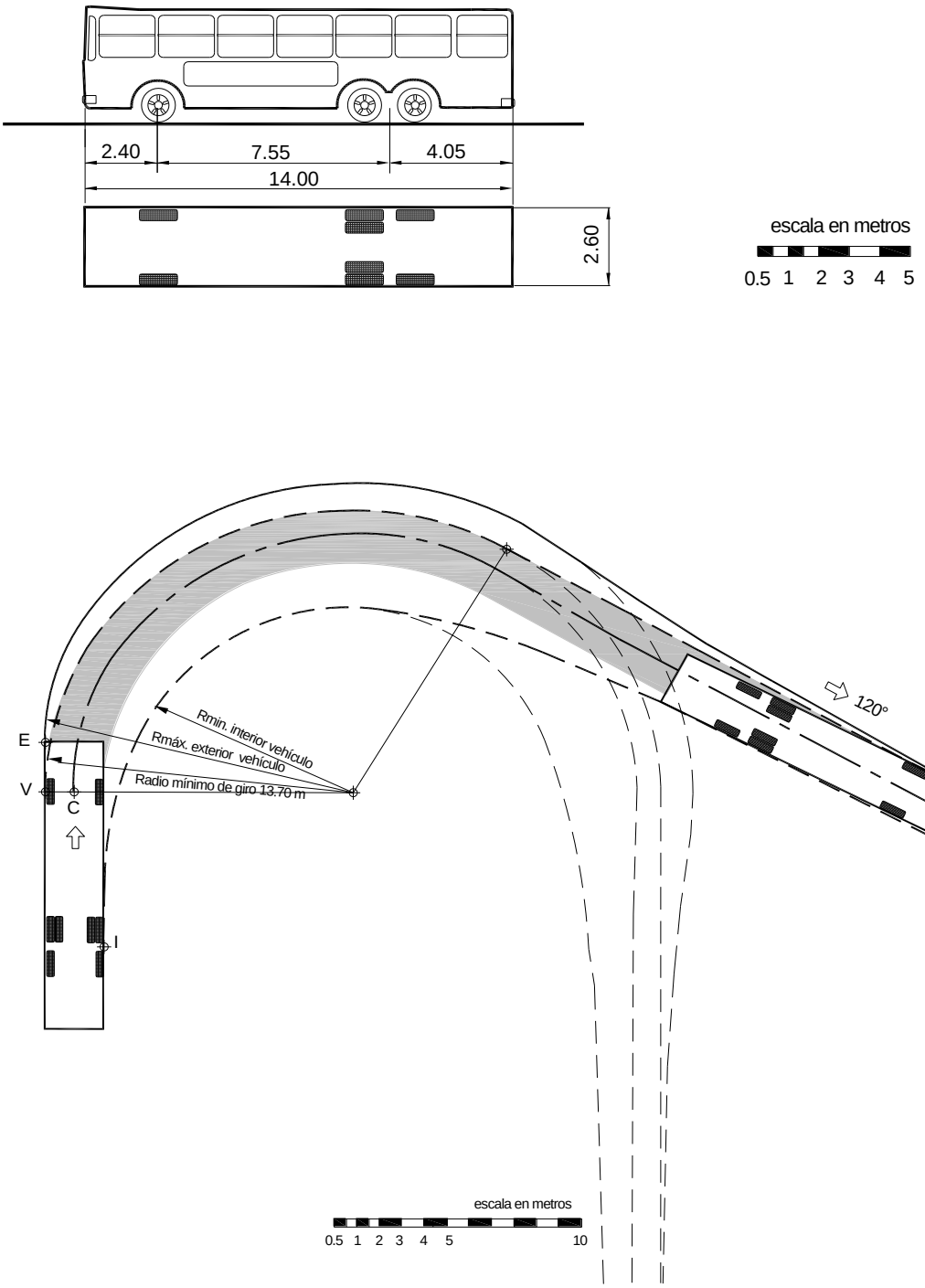


Figura 202.17

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 150º

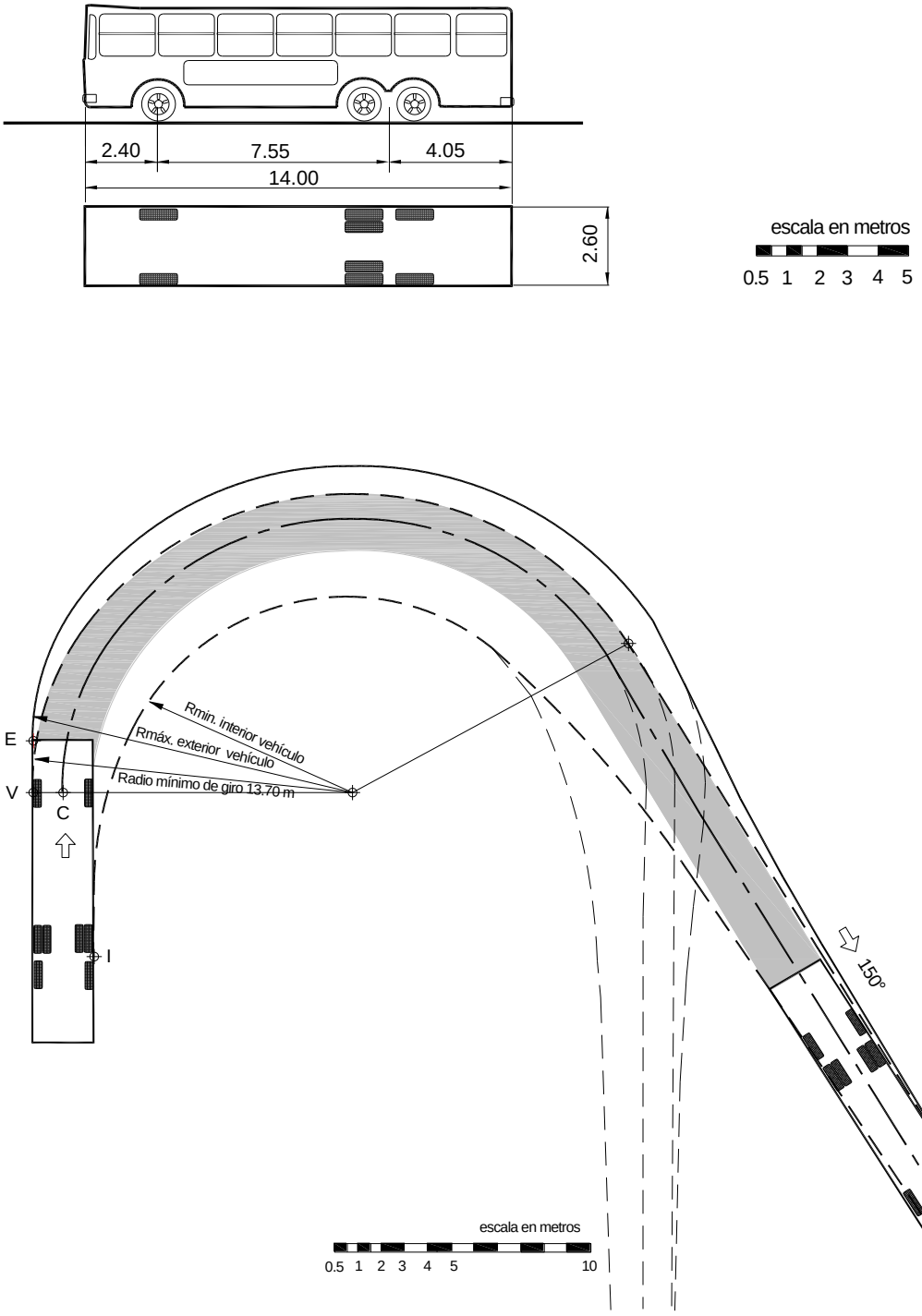


Figura 202.18

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 180º

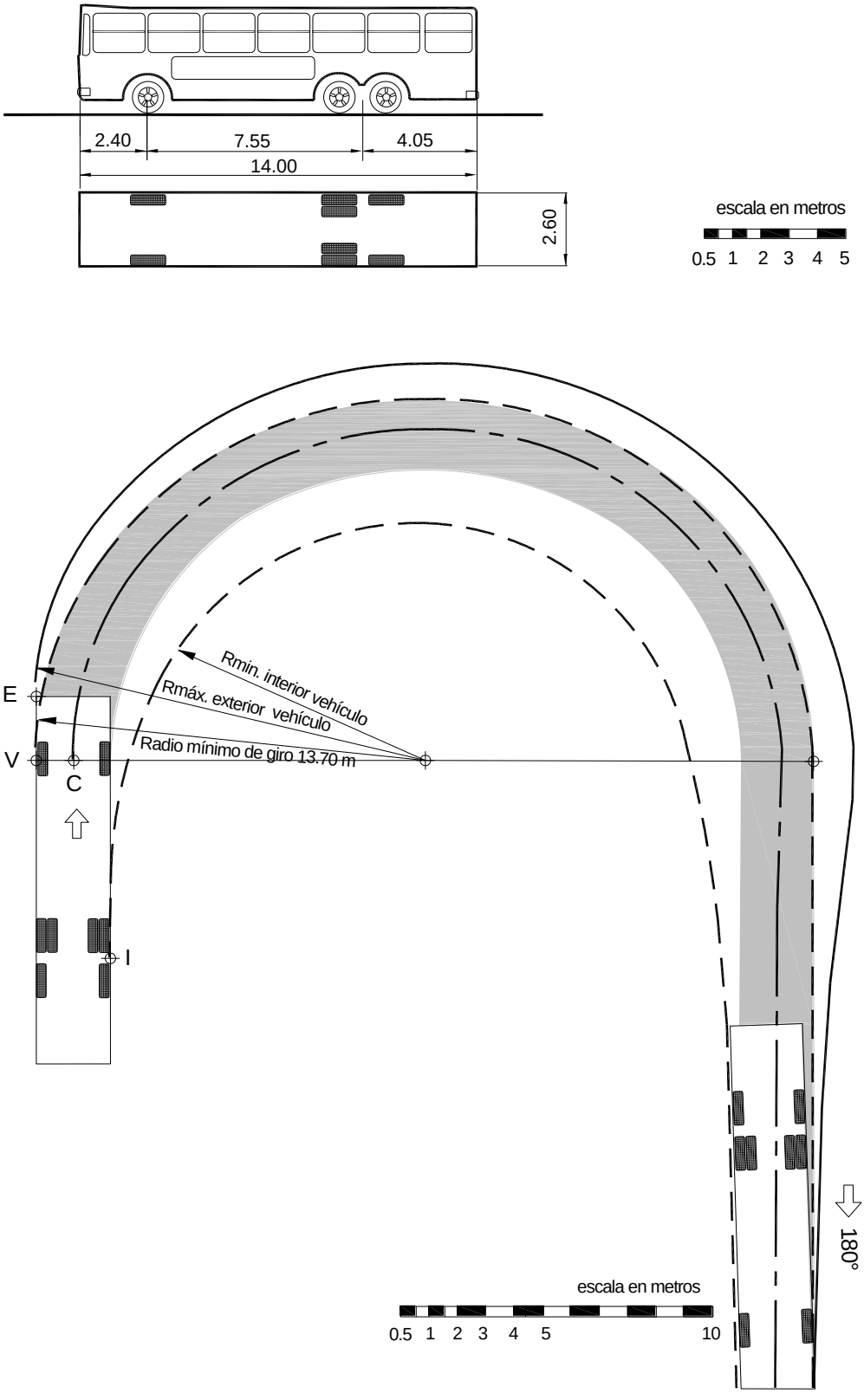


Tabla 202.05

Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior vehículo (E)	R mín. Interior rueda (J)	Ángulo máximo dirección
30º	15,06 m	10,83 m	19,3º
60º	15,45 m	9,63 m	27,7º
90º	15,61 m	9,12 m	31,4º
120º	15,68 m	8,89 m	33,0º
150º	15,70 m	8,79 m	33,8º
180º	15,72 m	8,74 m	34,1º

Figura 202.19

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 30º

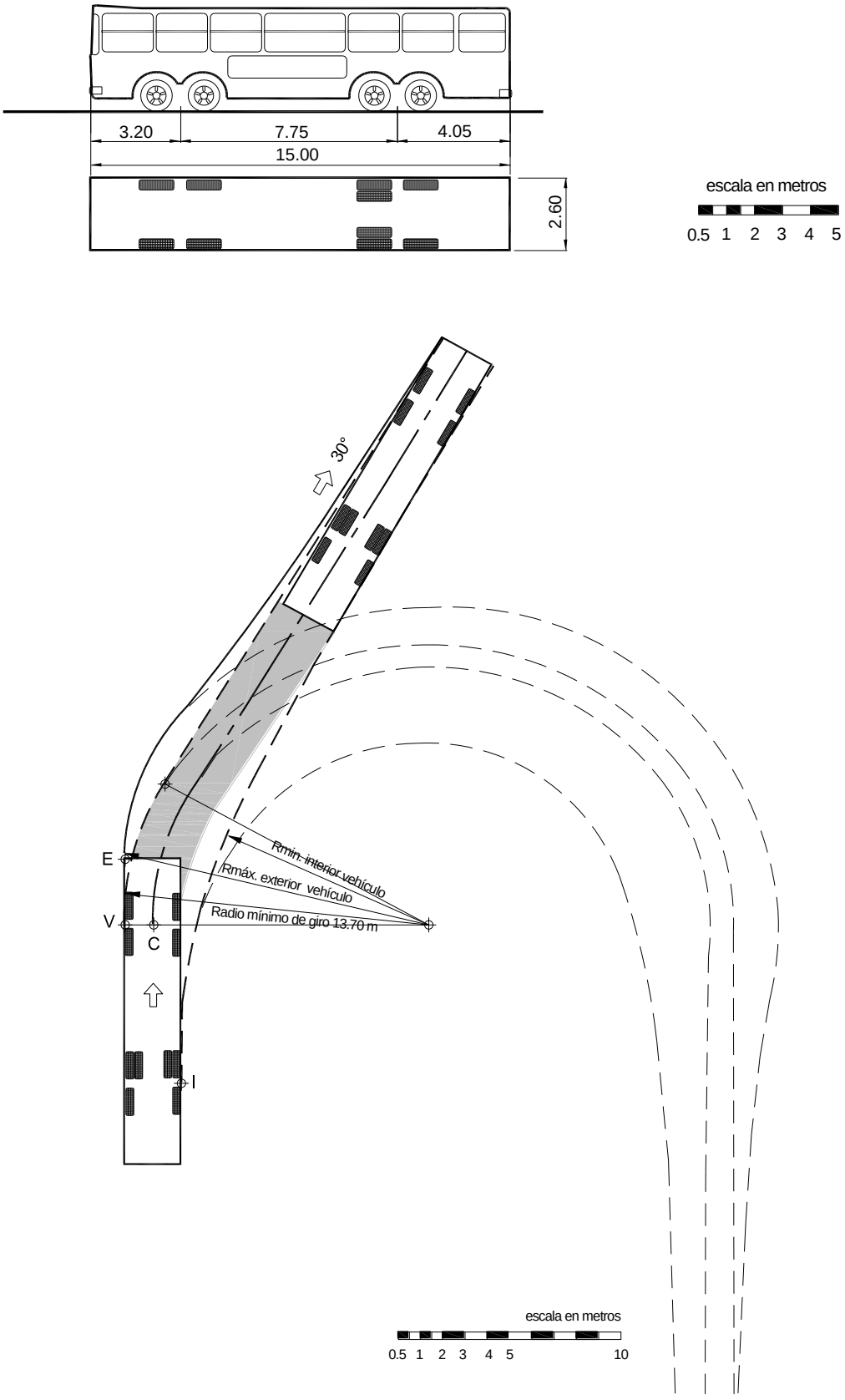


Figura 202.20

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 60º

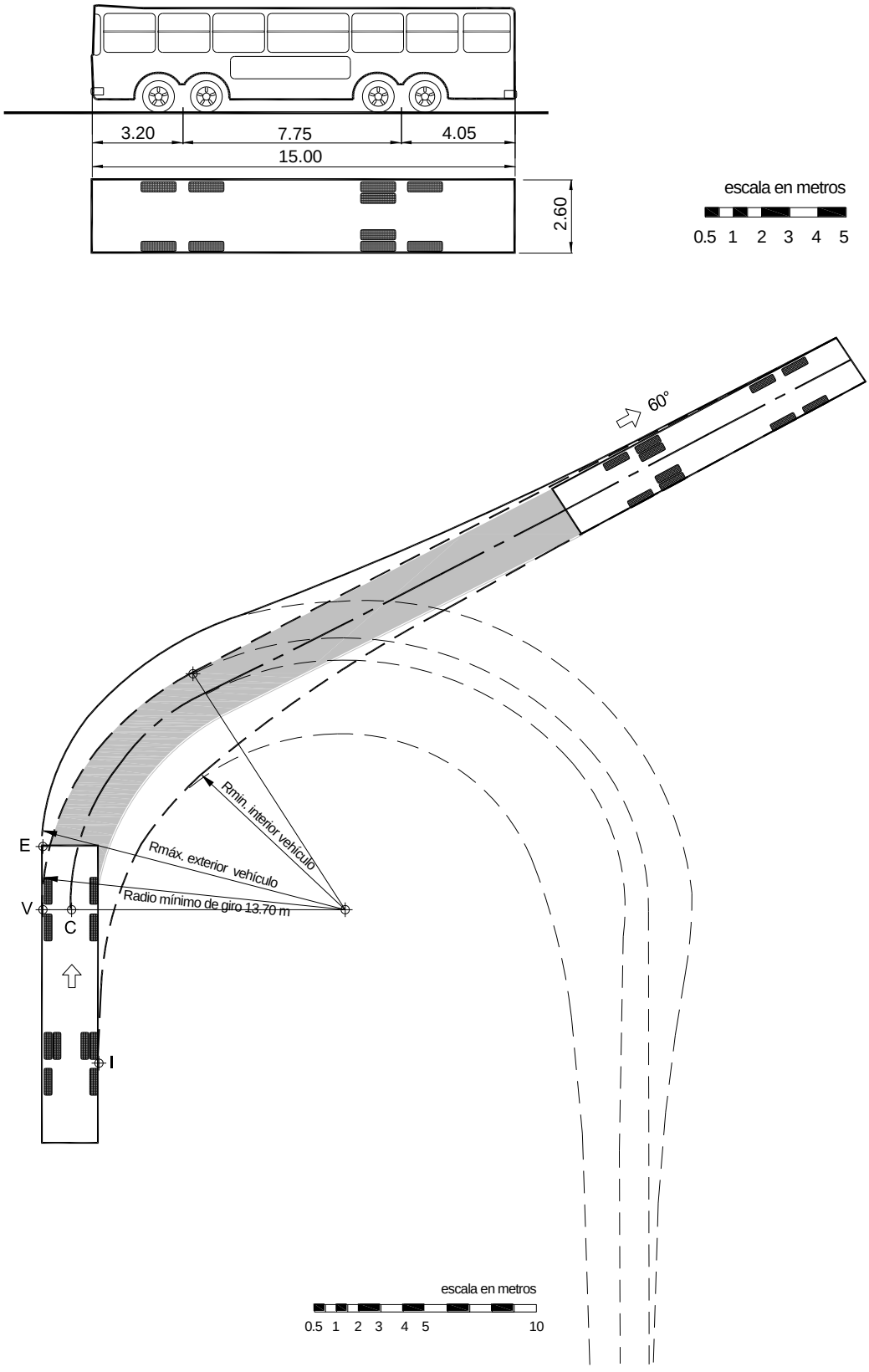


Figura 202.21

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 90º

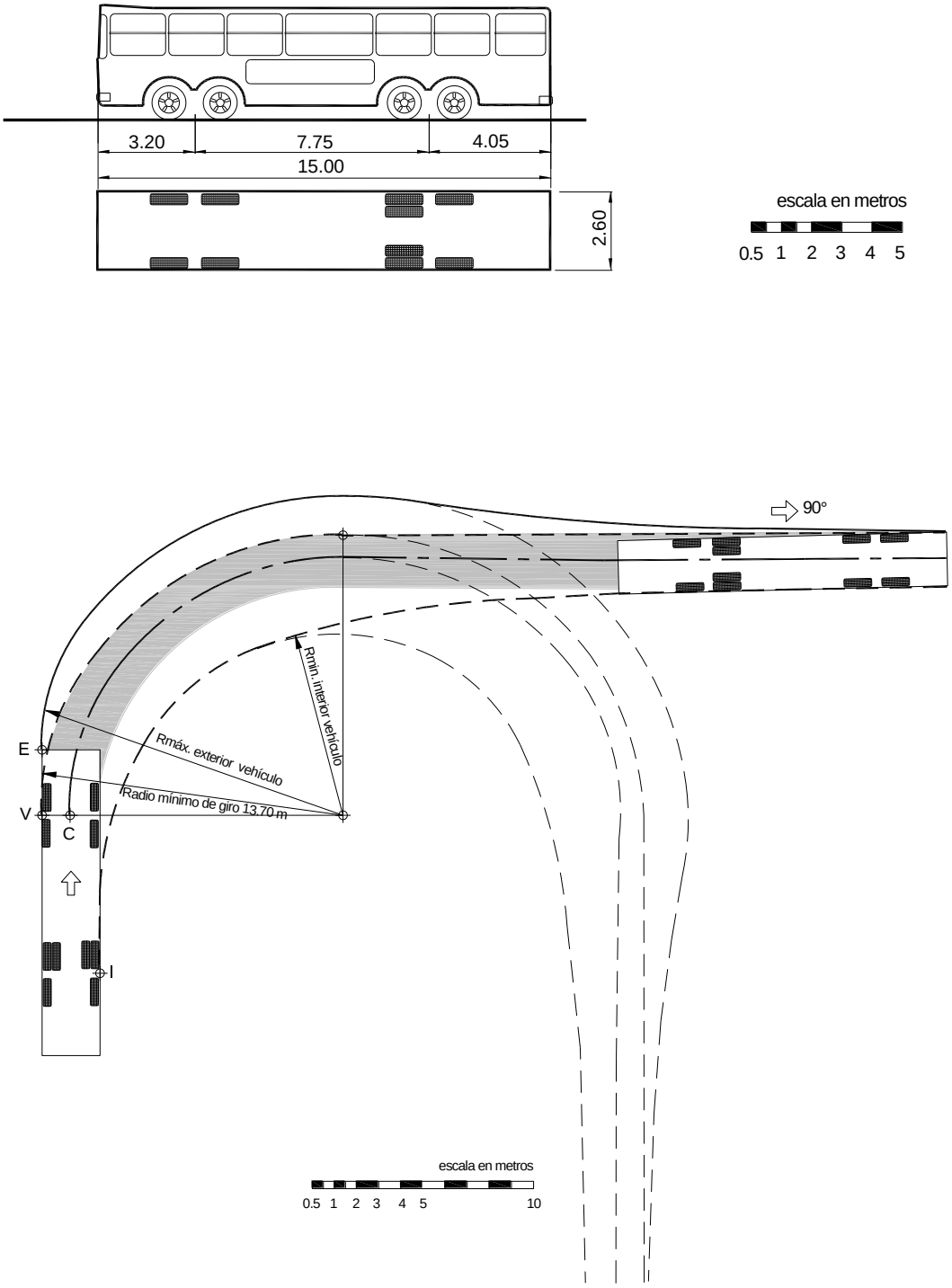


Figura 202.22

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 120º

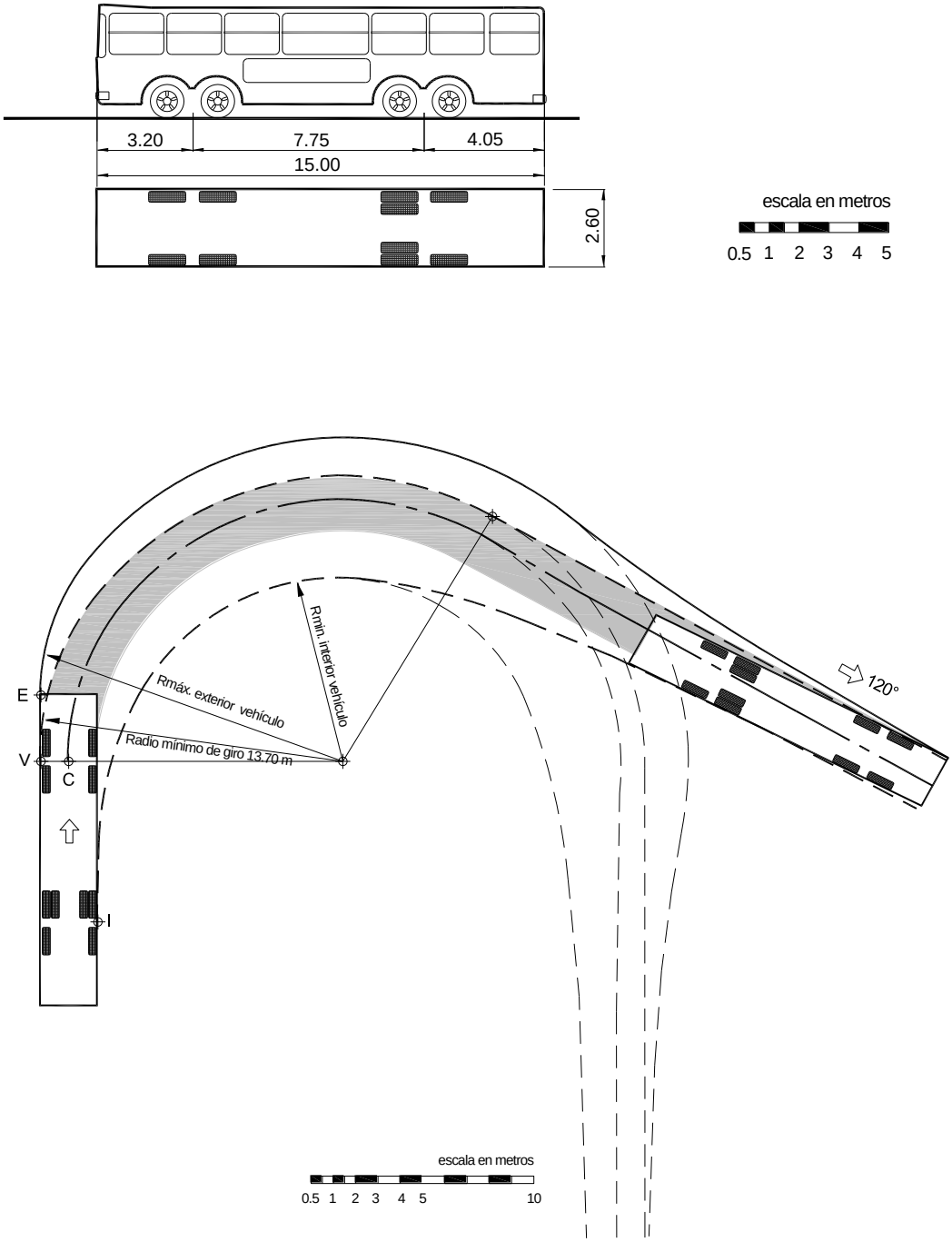


Figura 202.23

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 150º

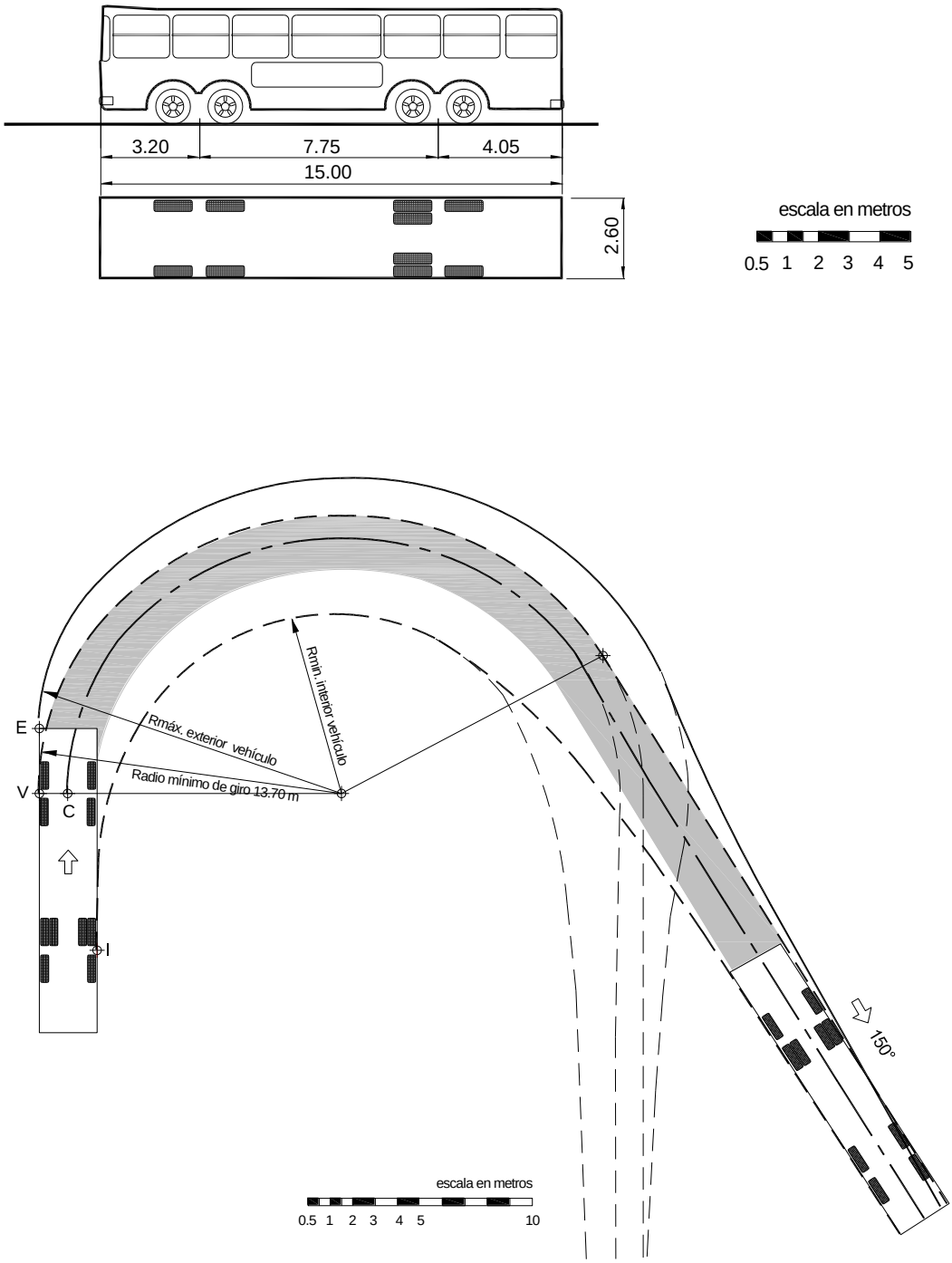


Figura 202.24

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 180º

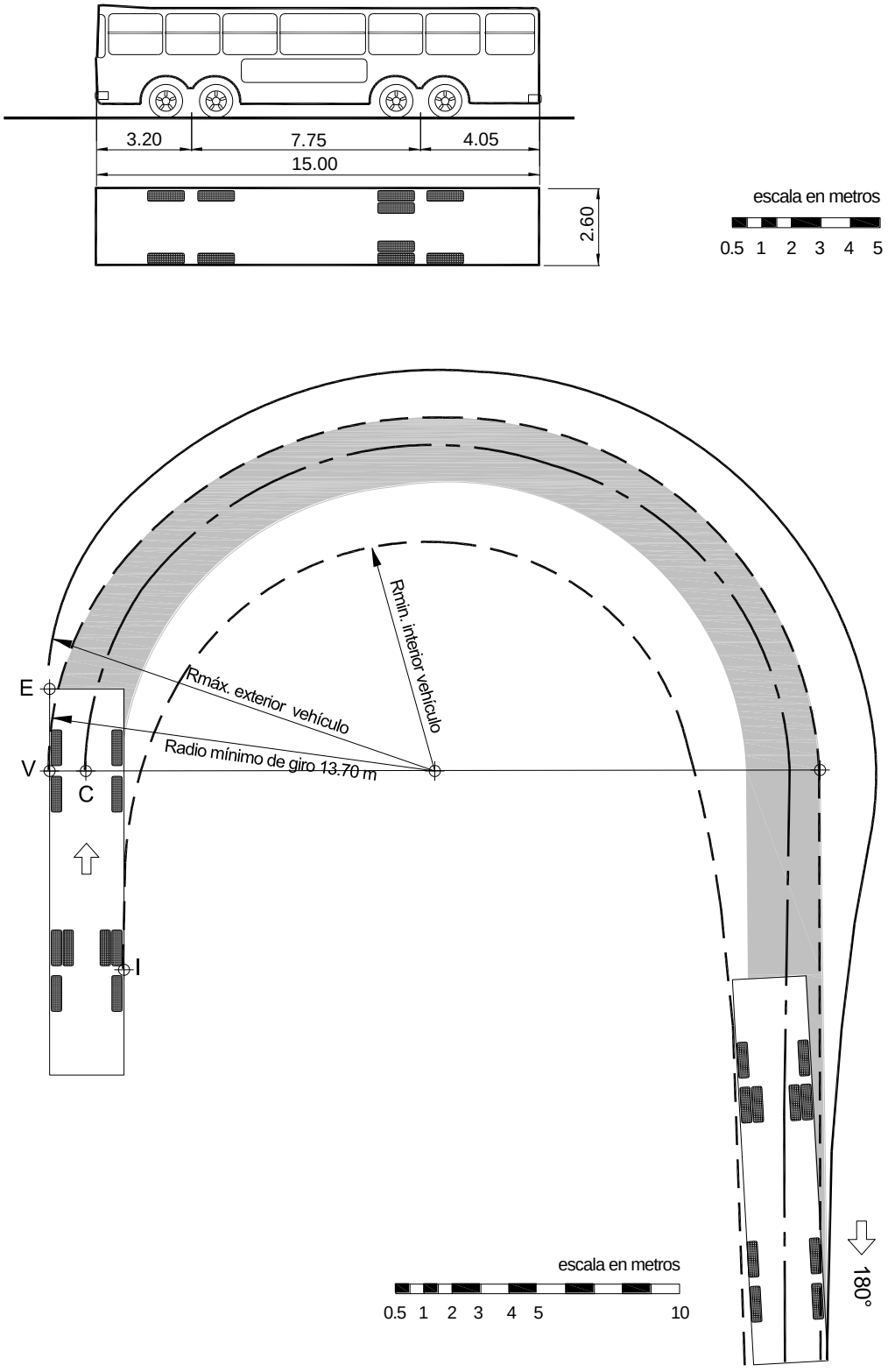


Tabla 202.06

Ómnibus articulado (BA-1)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. exterior vehículo (E)	R mín. interior vehículo (I)	Ángulo Máximo dirección	Ángulo Máximo articulación
30º	13,66 m	9,06 m	19,0º	11,6º
60º	14,08 m	8,41 m	26,4º	21,3º
90º	14,25 m	8,05 m	29,4º	27,5º
120º	14,30 m	7,86 m	30,6	30,9º
150º	14,32 m	7,76 m	31,2º	32,7º
180º	14,33 m	7,72 m	31,4º	33,6º

Similar a "Minimum Turning Path for Articulated Bus (A-BUS) Design Vehicle" en la norma AASTHO.

Figura 202.25

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 30º

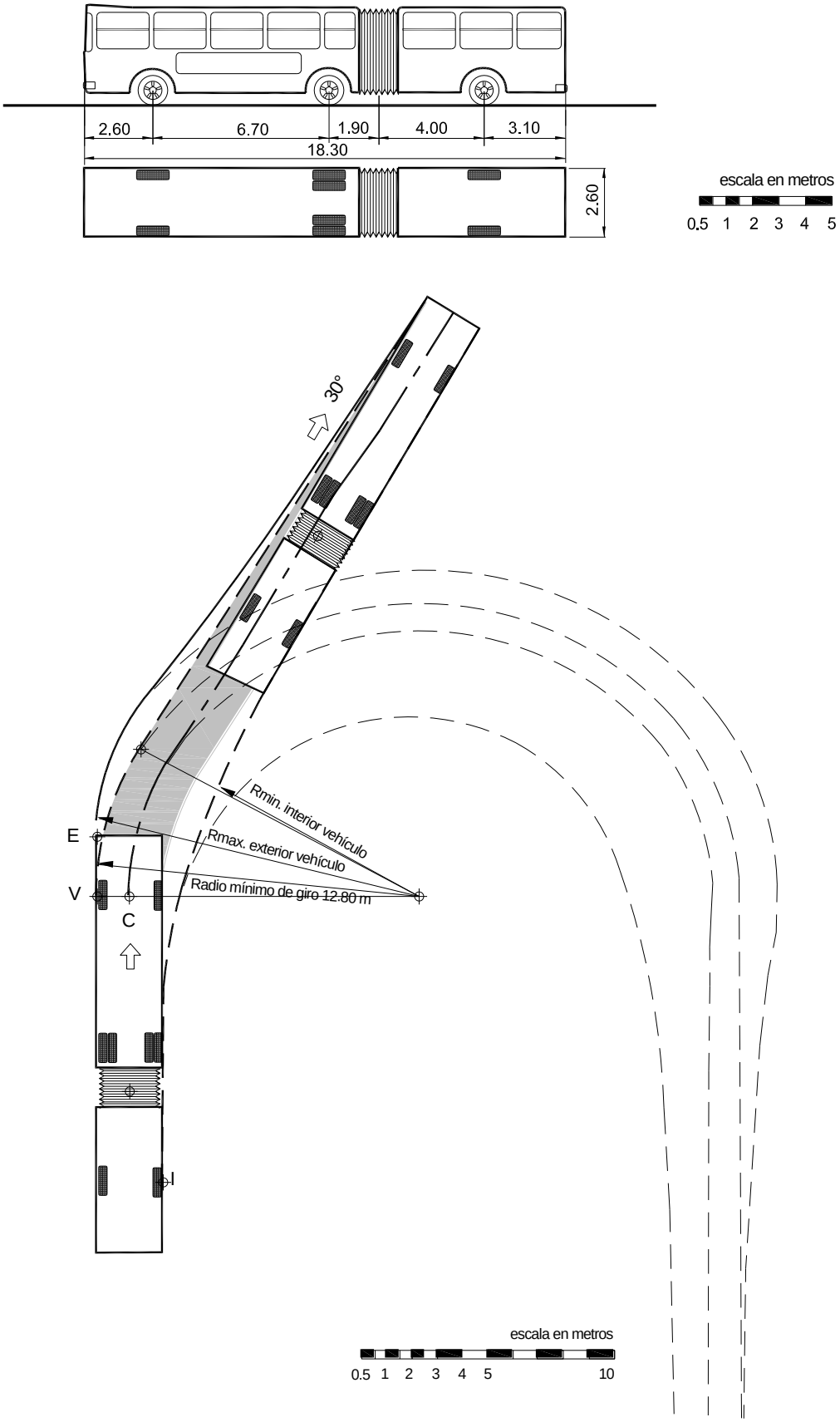


Figura 202.26

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 60º

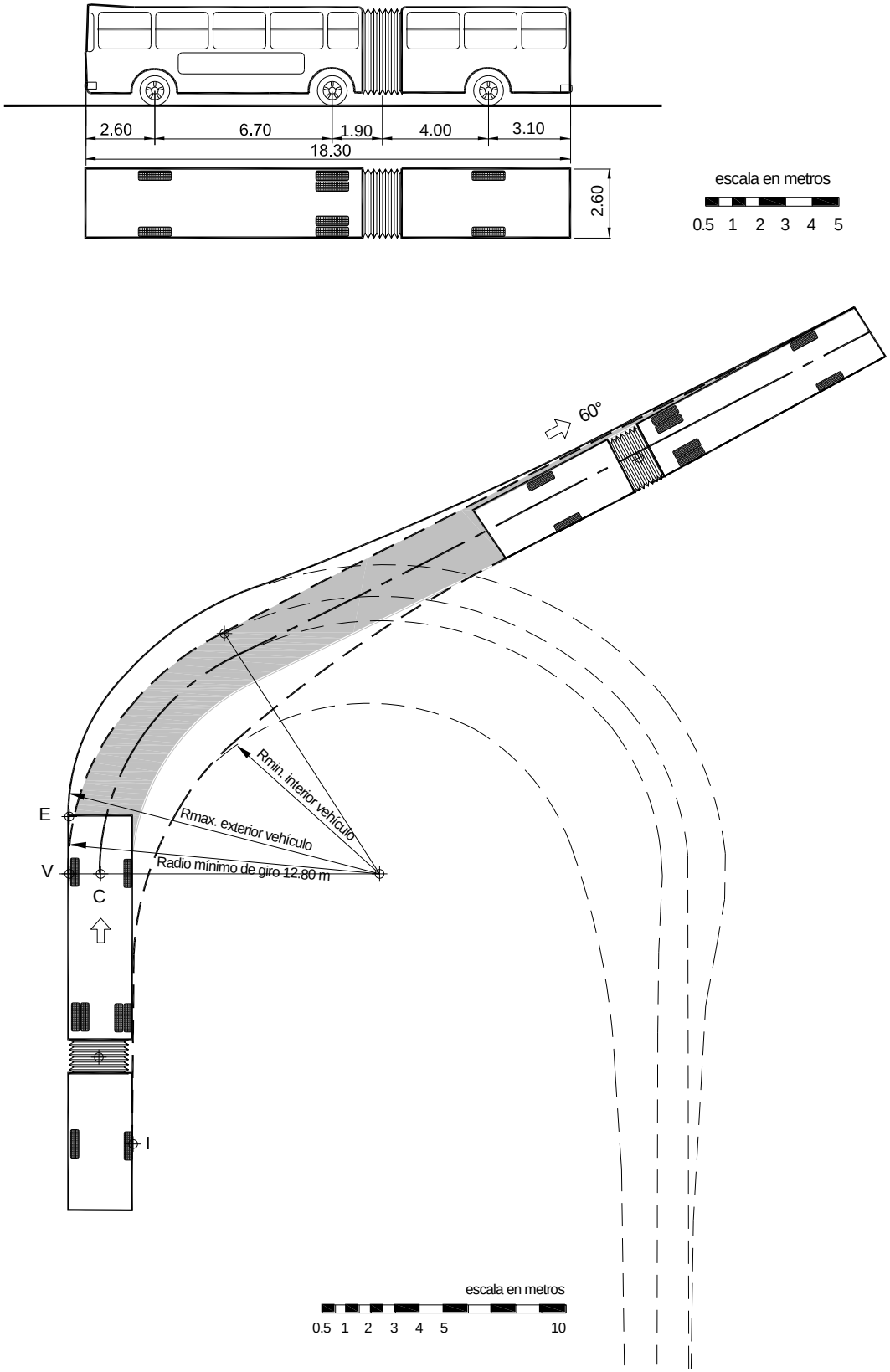


Figura 202.27

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 90º

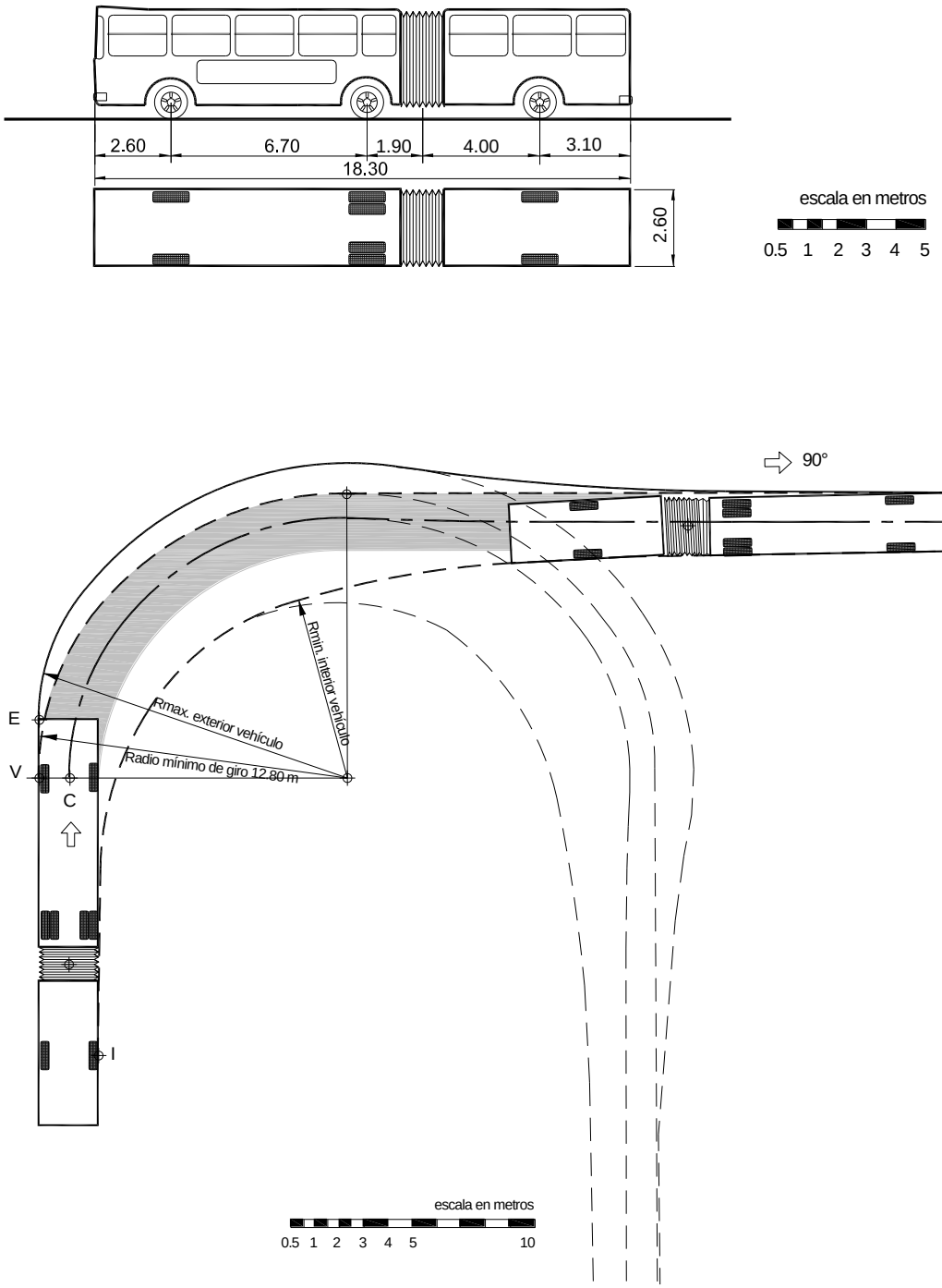


Figura 202.28

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 120º

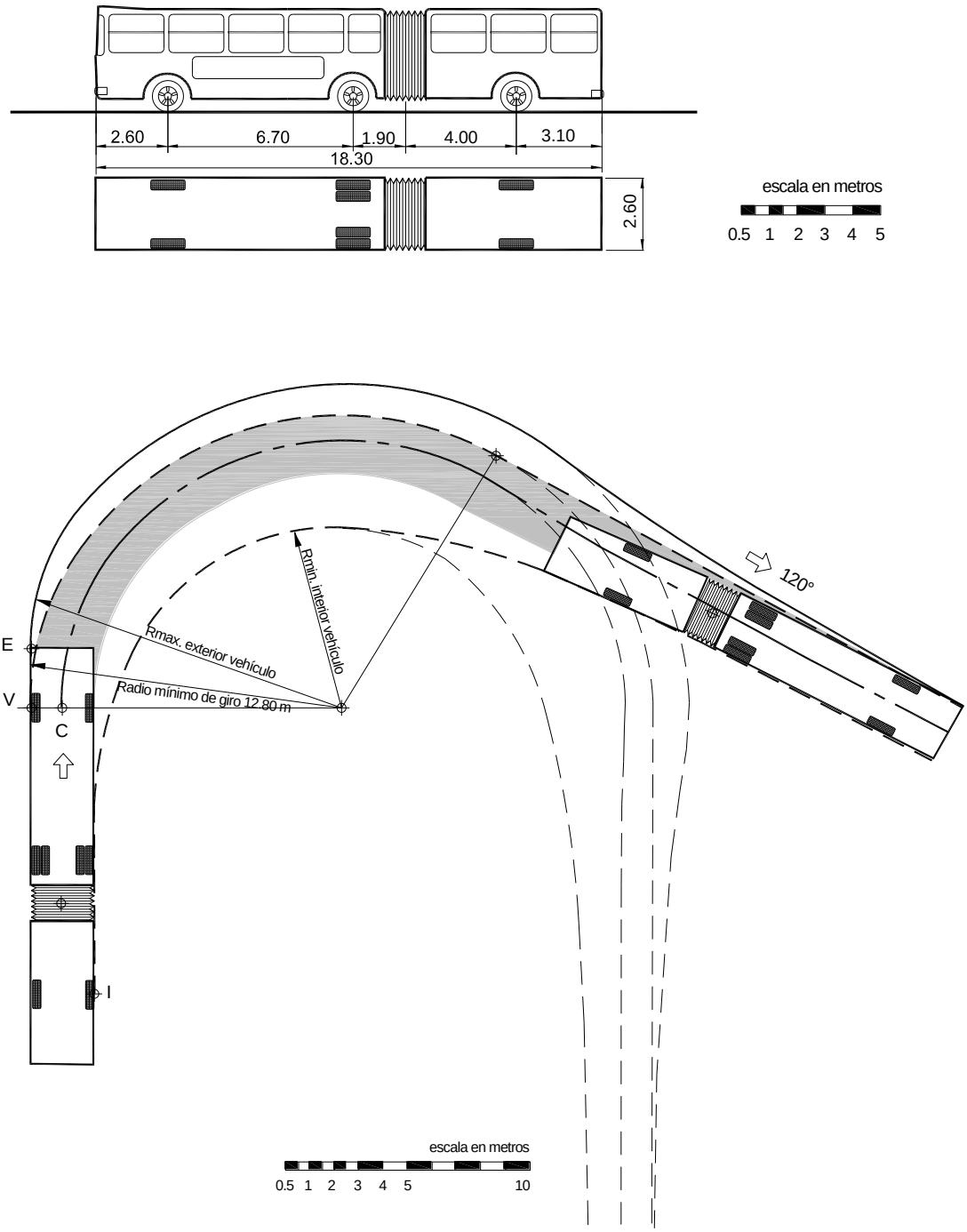


Figura 202.29

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 150º

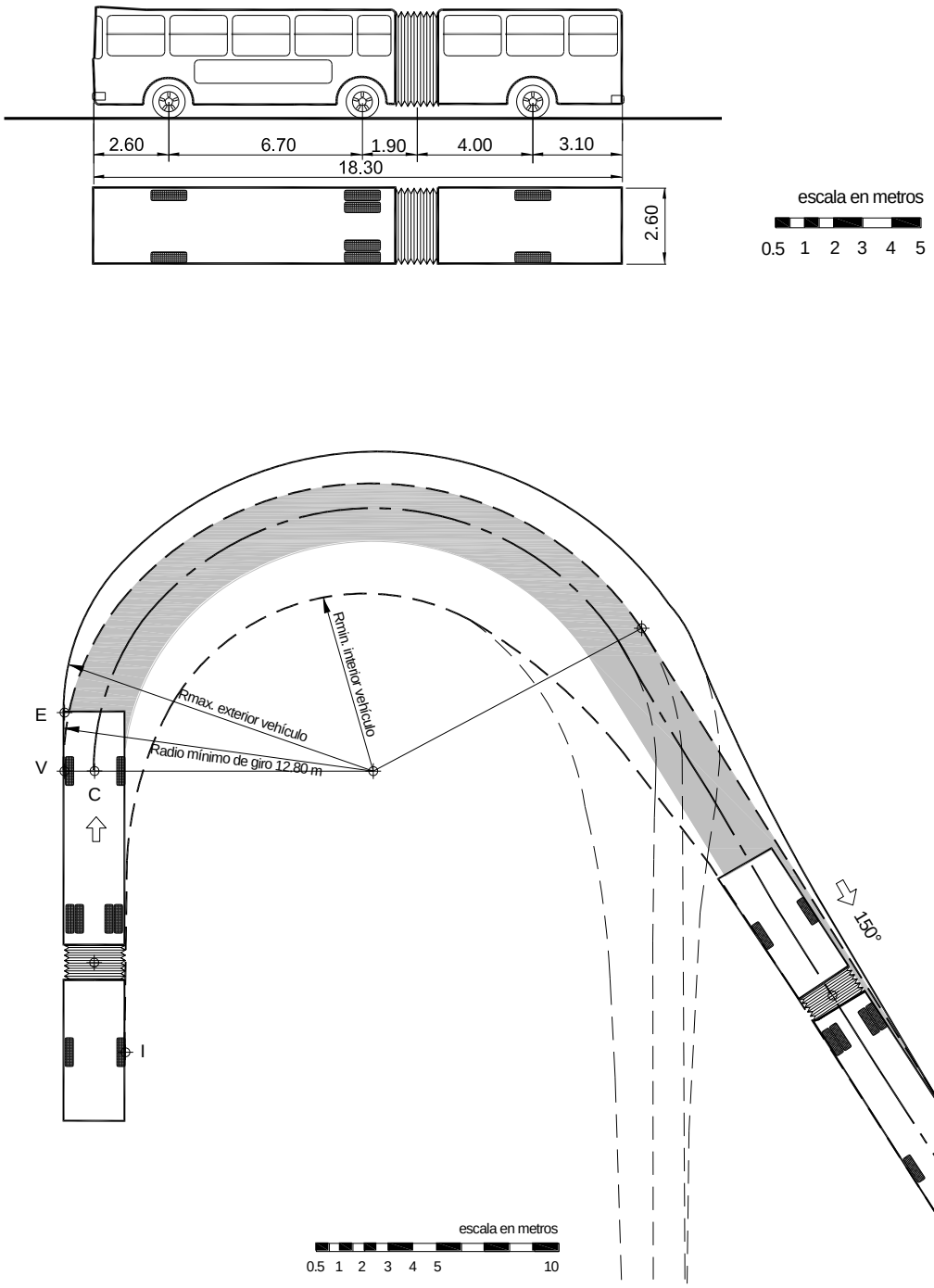


Figura 202.30

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 180º

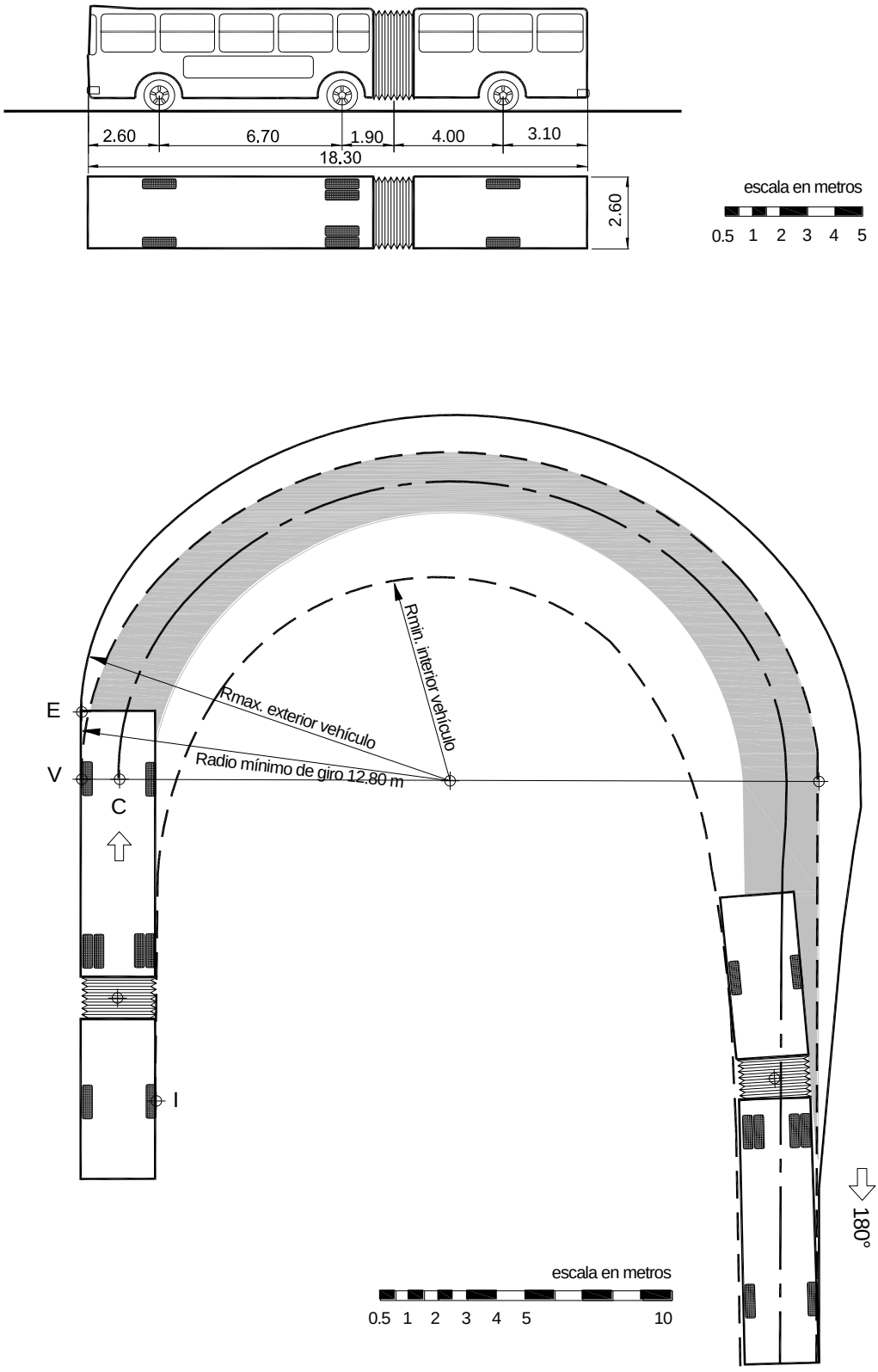


Tabla 202.07

Semirremolque simple (T2S1)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior Vehículo (E)	R mín. interior Vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación
30º	14,08 m	8,73 m	17,6º	15,1º
60º	14,20 m	6,89 m	23,2º	29,23º
90º	14,24 m	5,41 m	25,0º	41,1º
120º	14,26 m	4,19 m	25,7º	50,8º
150º	14,26 m	3,14 m	25,9º	58,5º
180º	14,27 m	2,22 m	25,9º	65,4º

Figura 202.31

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 30º

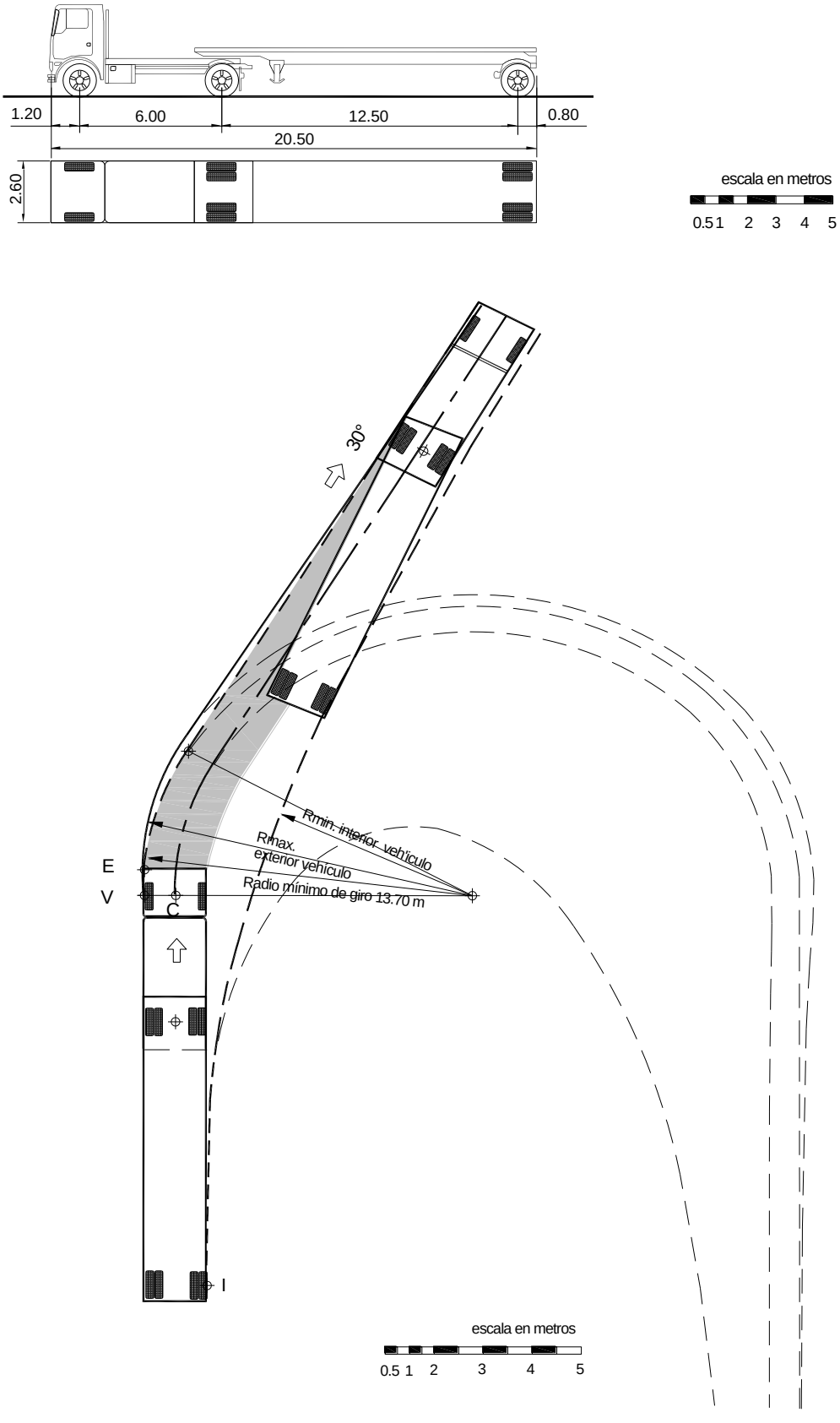


Figura 202.32

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 60º

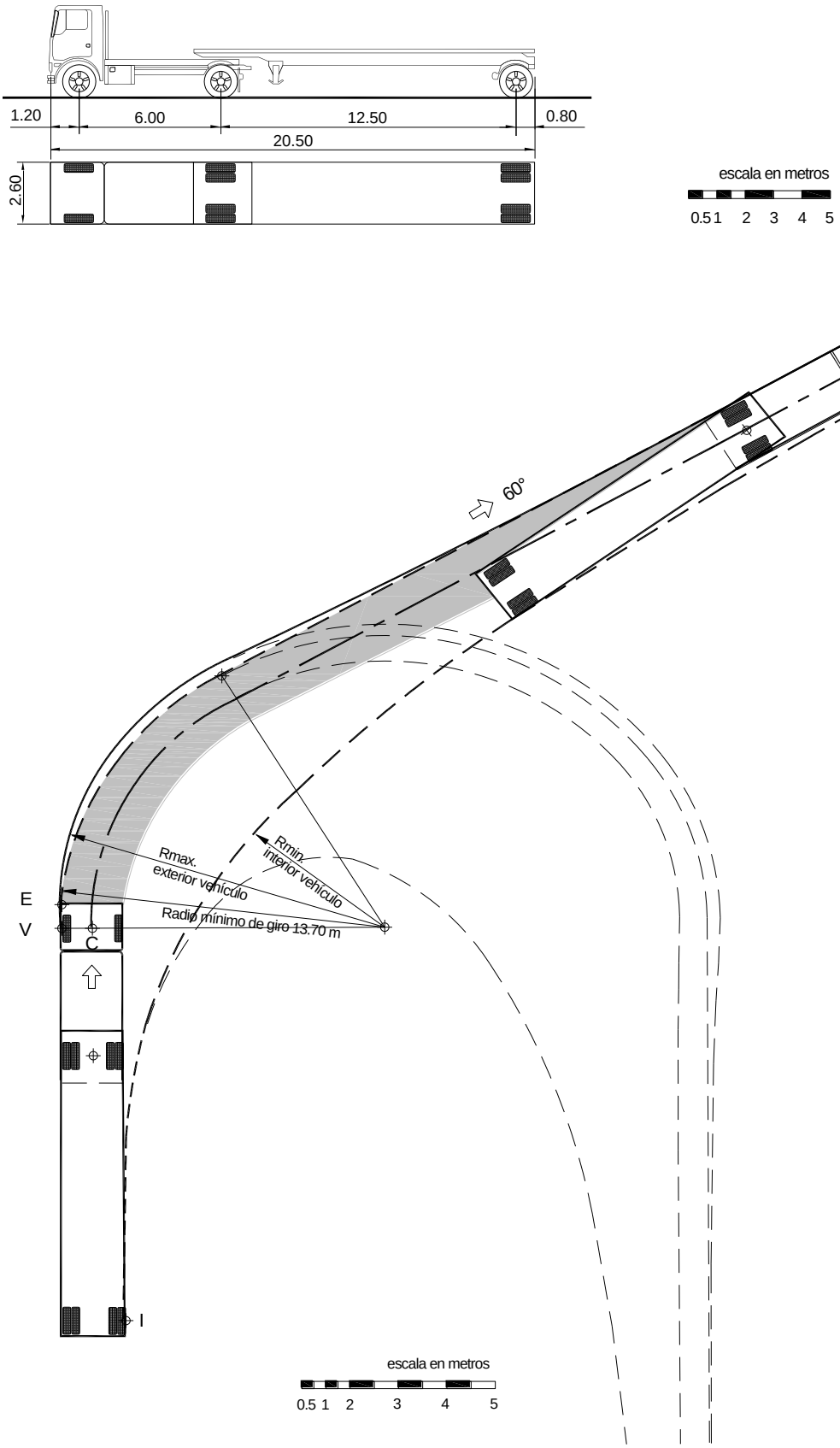


Figura 202.33

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 90º

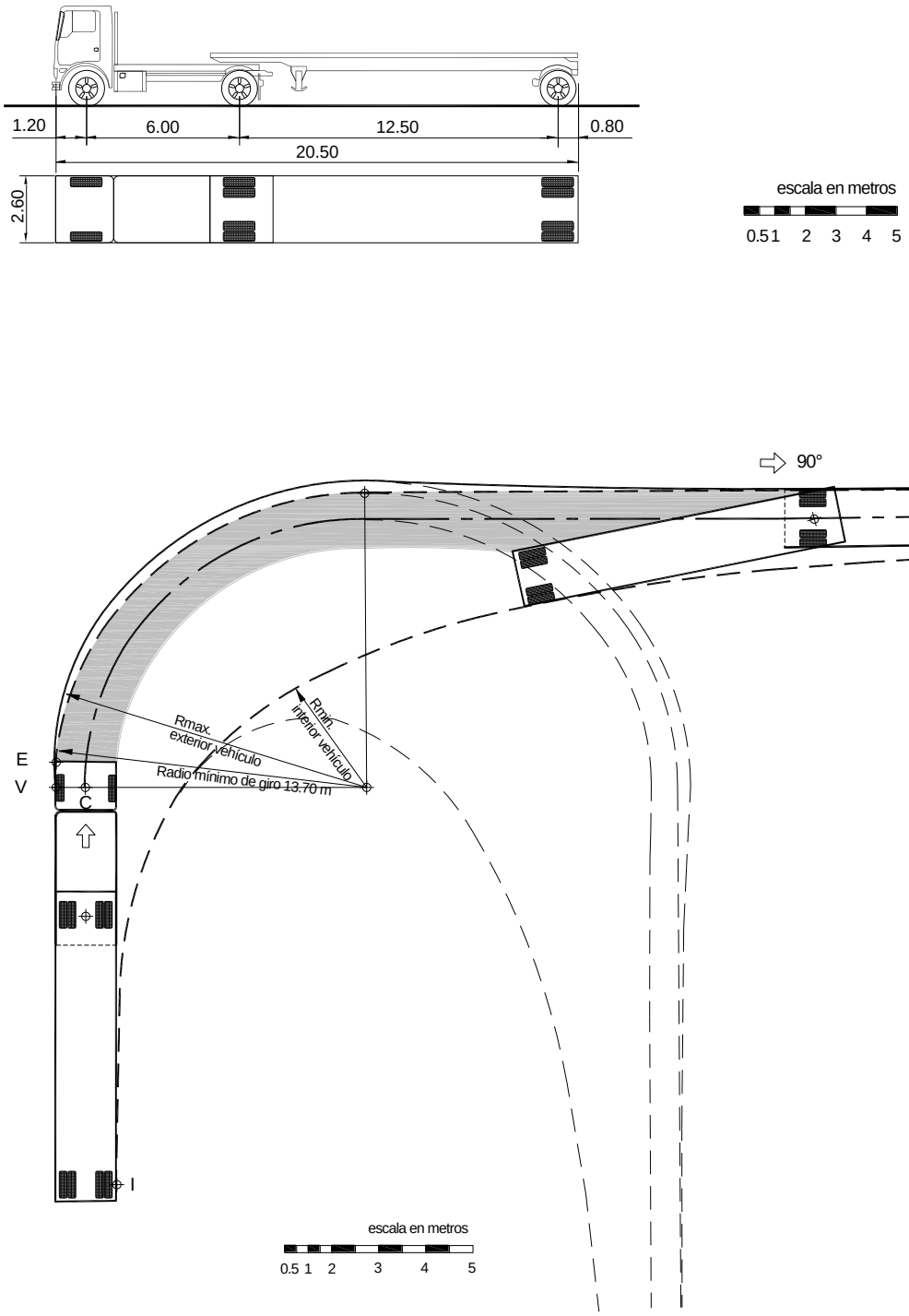


Figura 202.34

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 120º

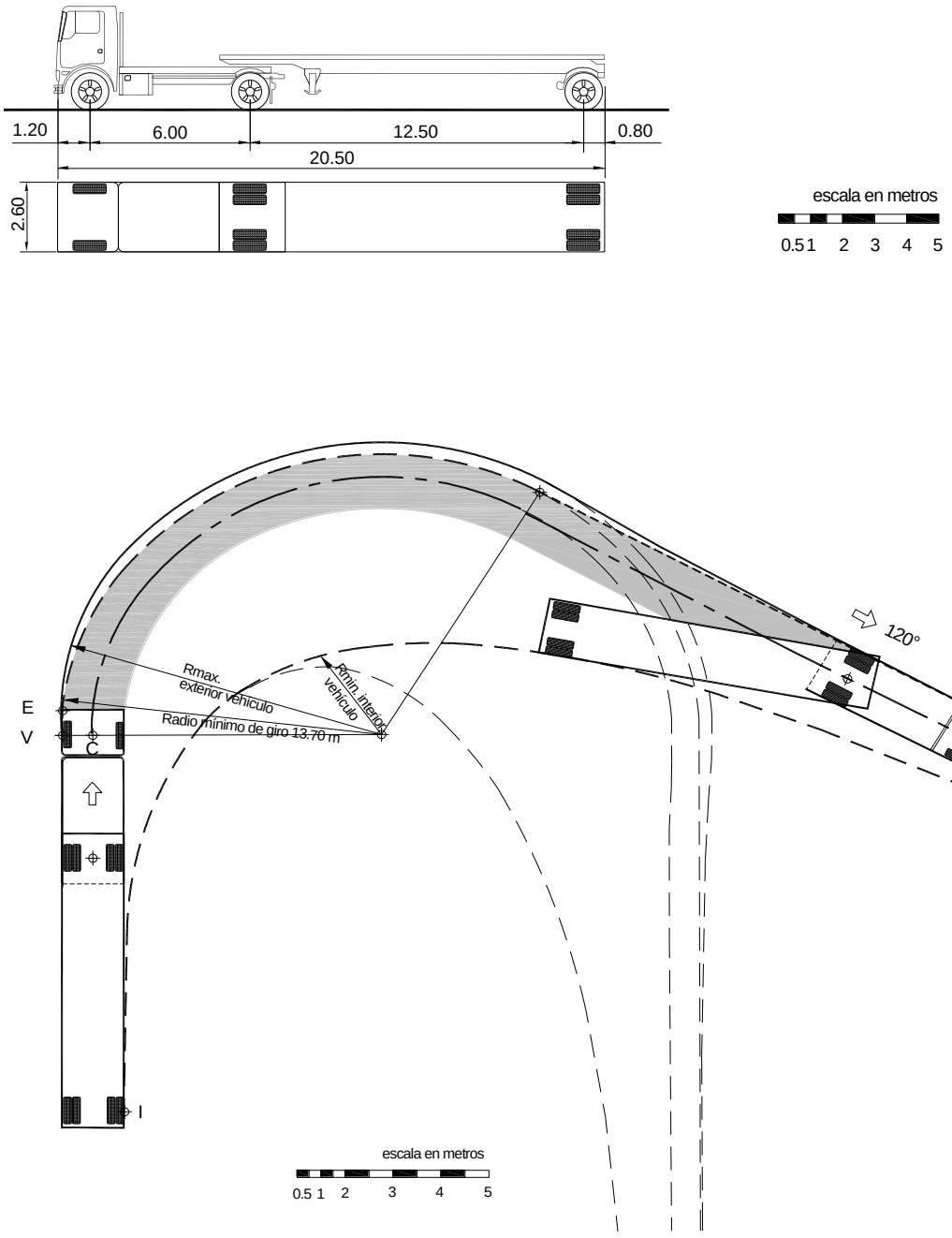


Figura 202.35

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 150º

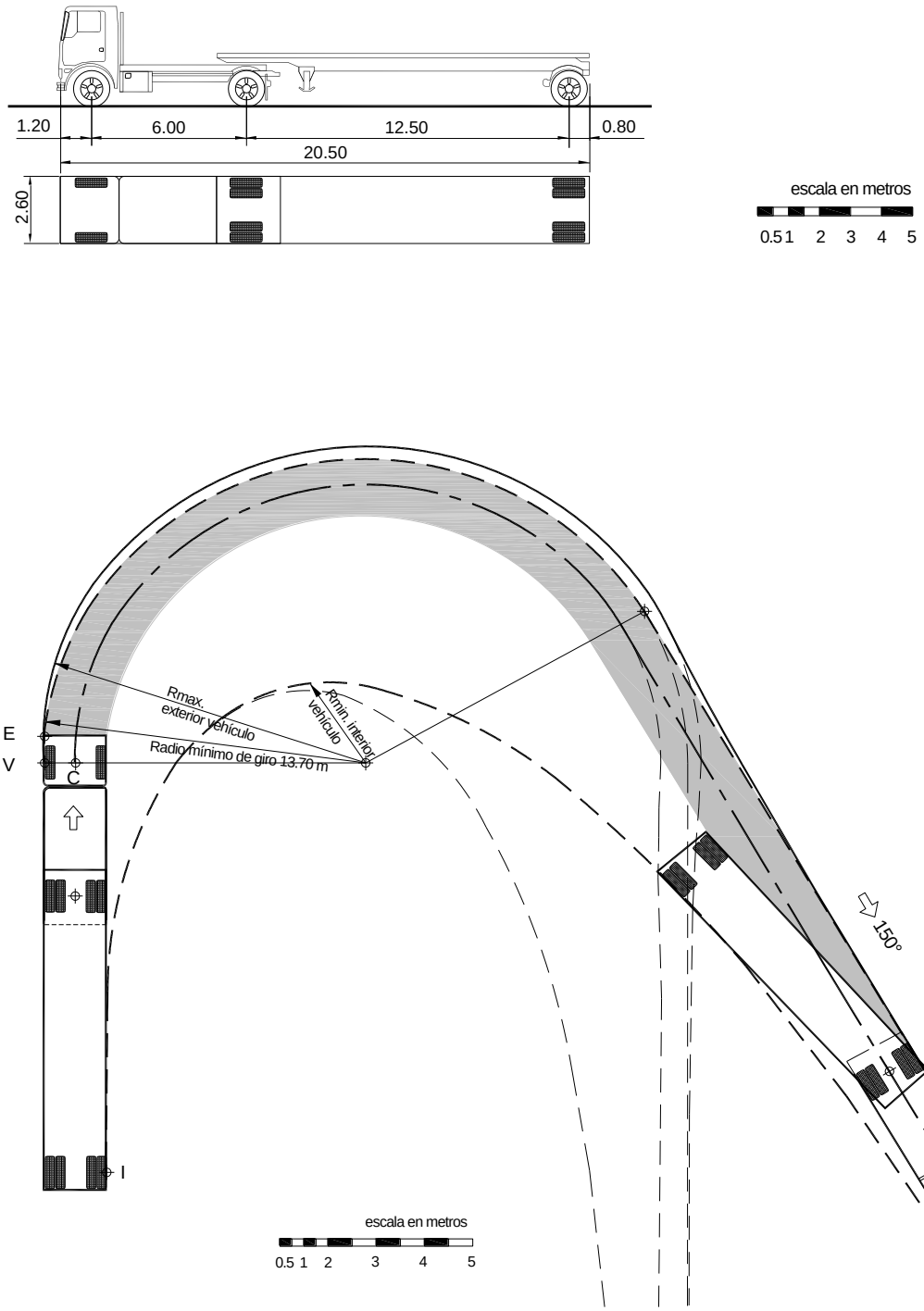


Figura 202.36

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 180º

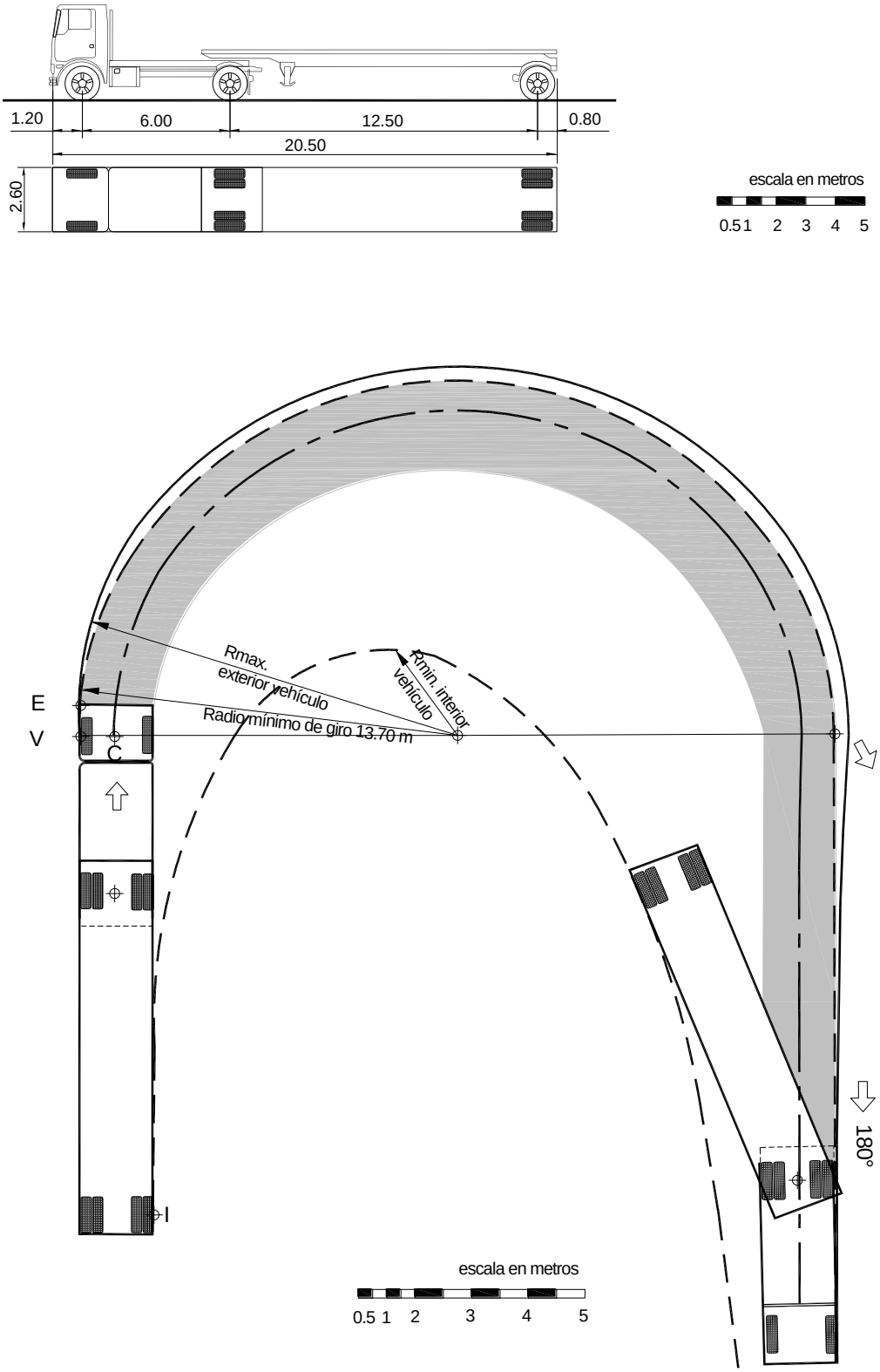


Tabla 202.08

Remolque simple (C2R1)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. exterior Vehículo (E)	R mín. interior Vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación camión	Ángulo máximo articulación remolque
30º	13,25 m	7,94 m	22,1º	5,6º	9,3º
60º	13,49 m	6,21 m	34,2º	10,6º	18,7º
90º	13,61 m	4,81 m	41,3º	14,6º	27,8º
120º	13,68 m	3,66 m	45,6º	17,8º	36,5º
150º	13,71 m	2,67 m	48,3º	20,3º	44,6º
180º	13,74 m	1,79 m	50,1º	22,2º	52,3º

Similar a "Minimum Turning Path for Double-Trailer Combination (WB-20D [WB-67D]) Design Vehicle" en la norma AASTHO.

Figura 202.37

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 30º

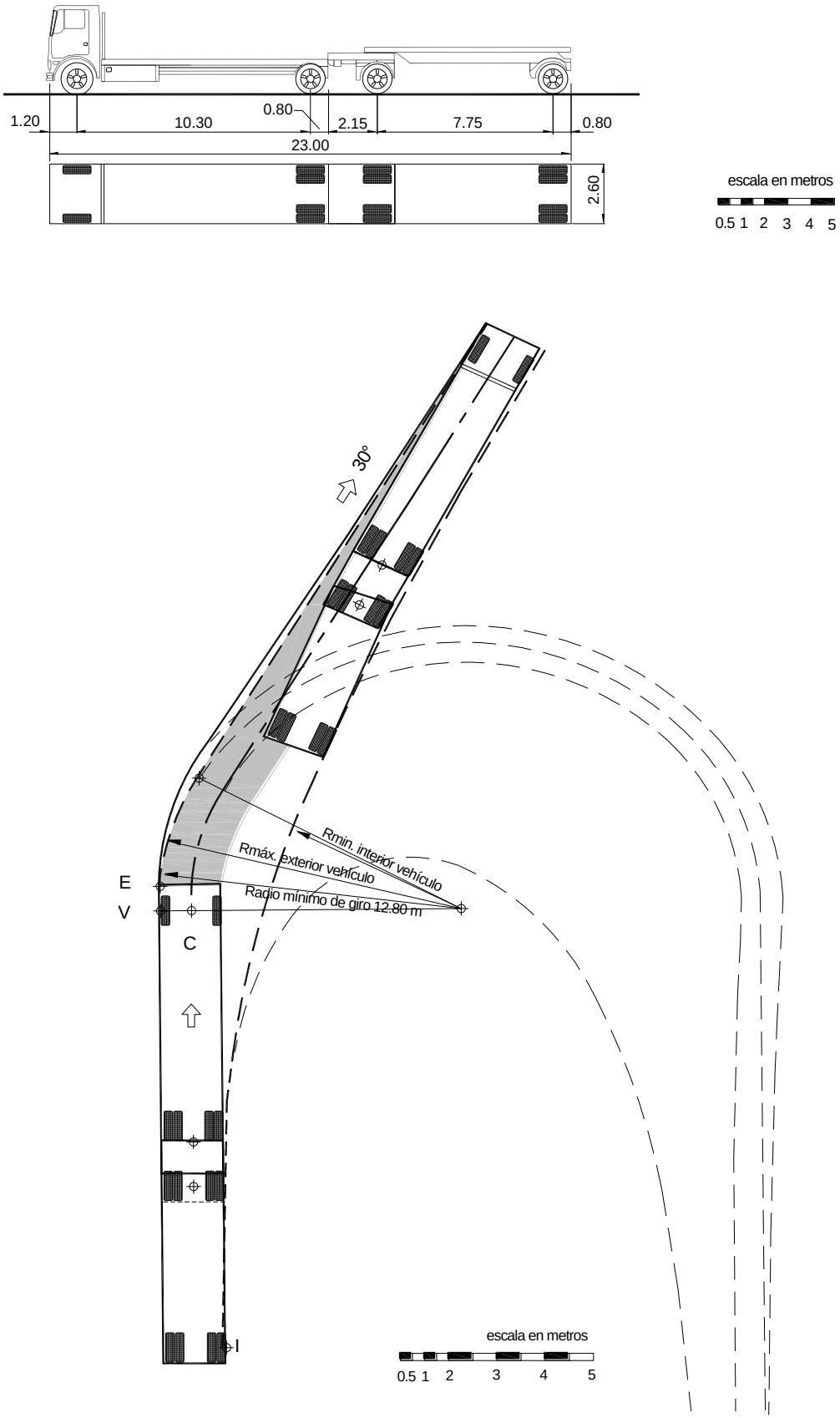
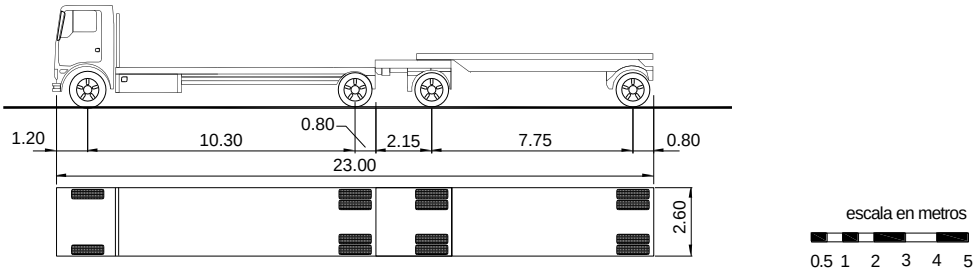


Figura 202.38

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 60º



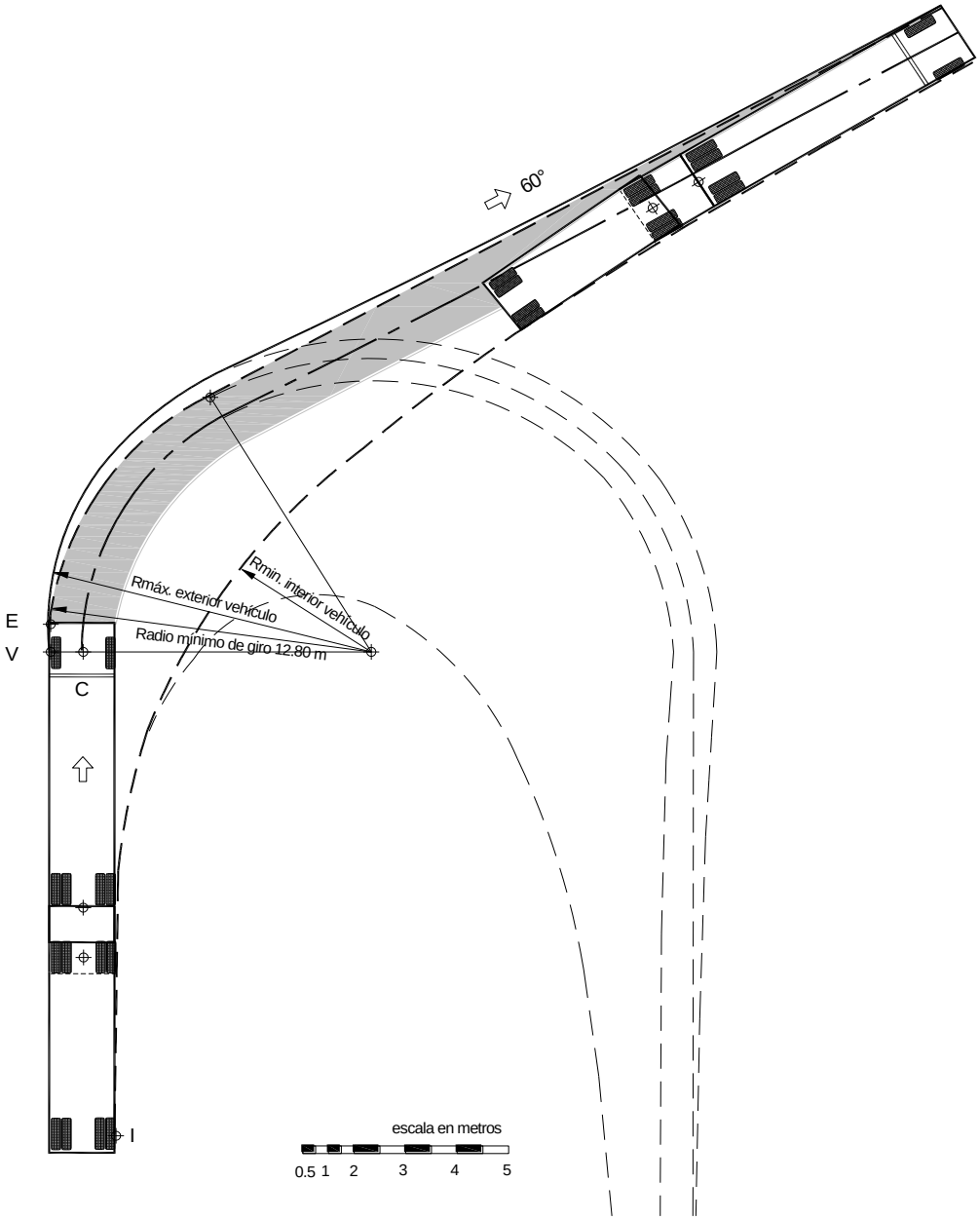
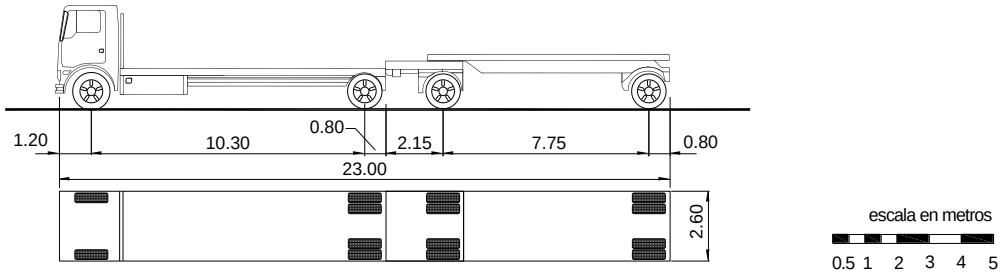


Figura 202.39

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 90º



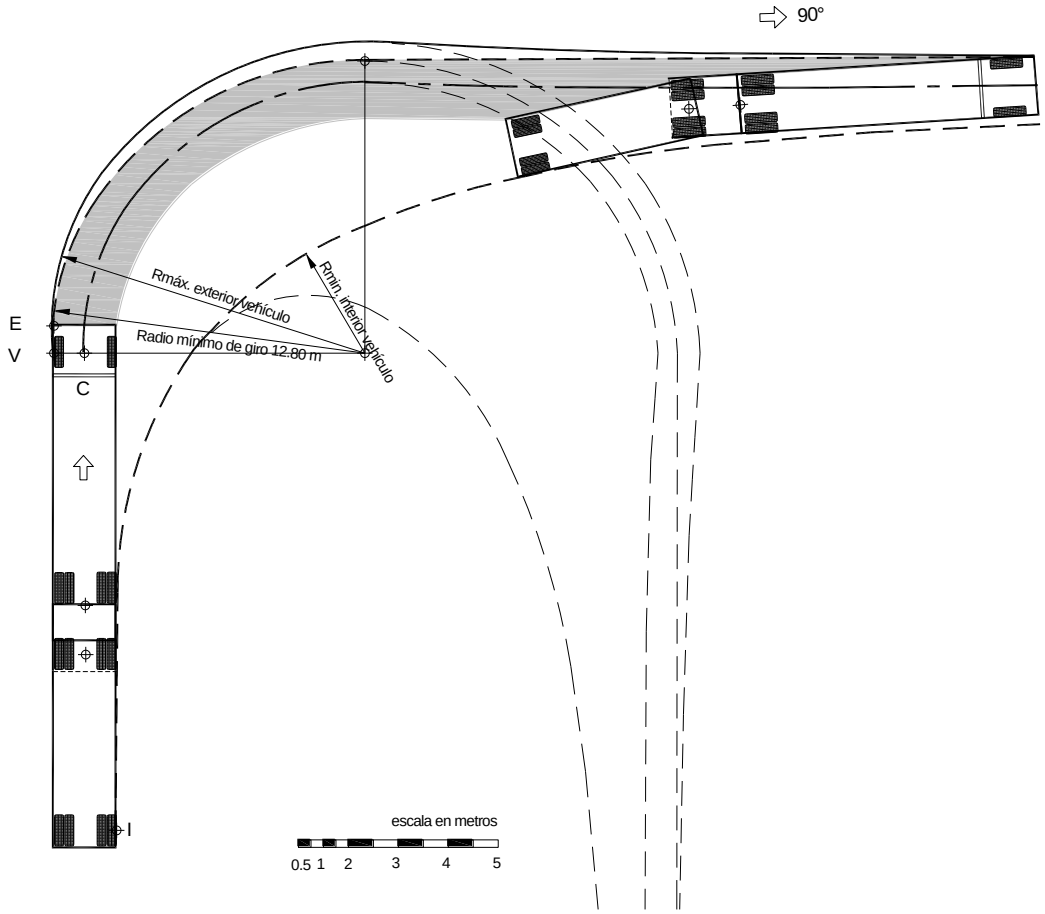


Figura 202.40

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 120º

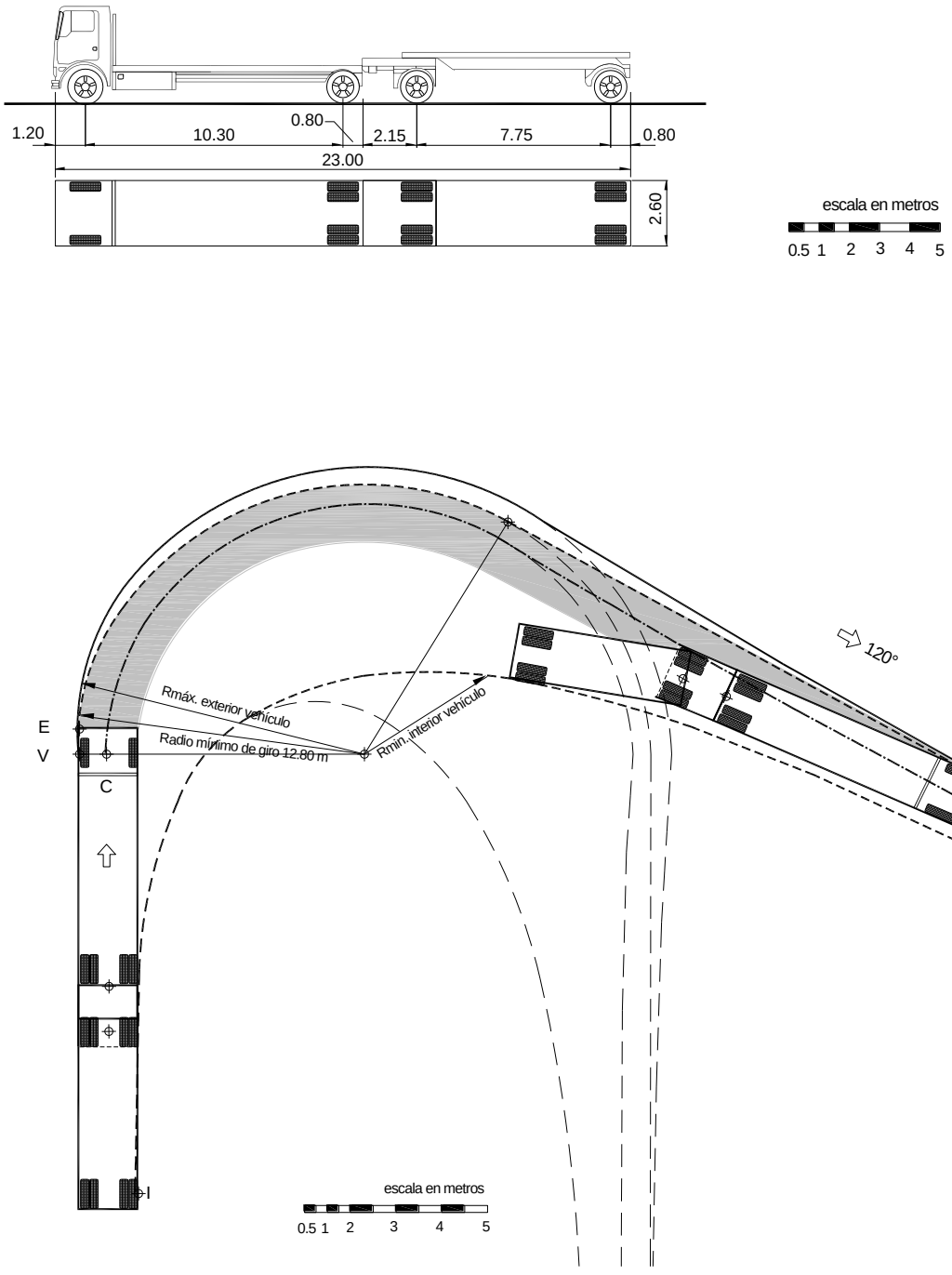


Figura 202.41

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 150º

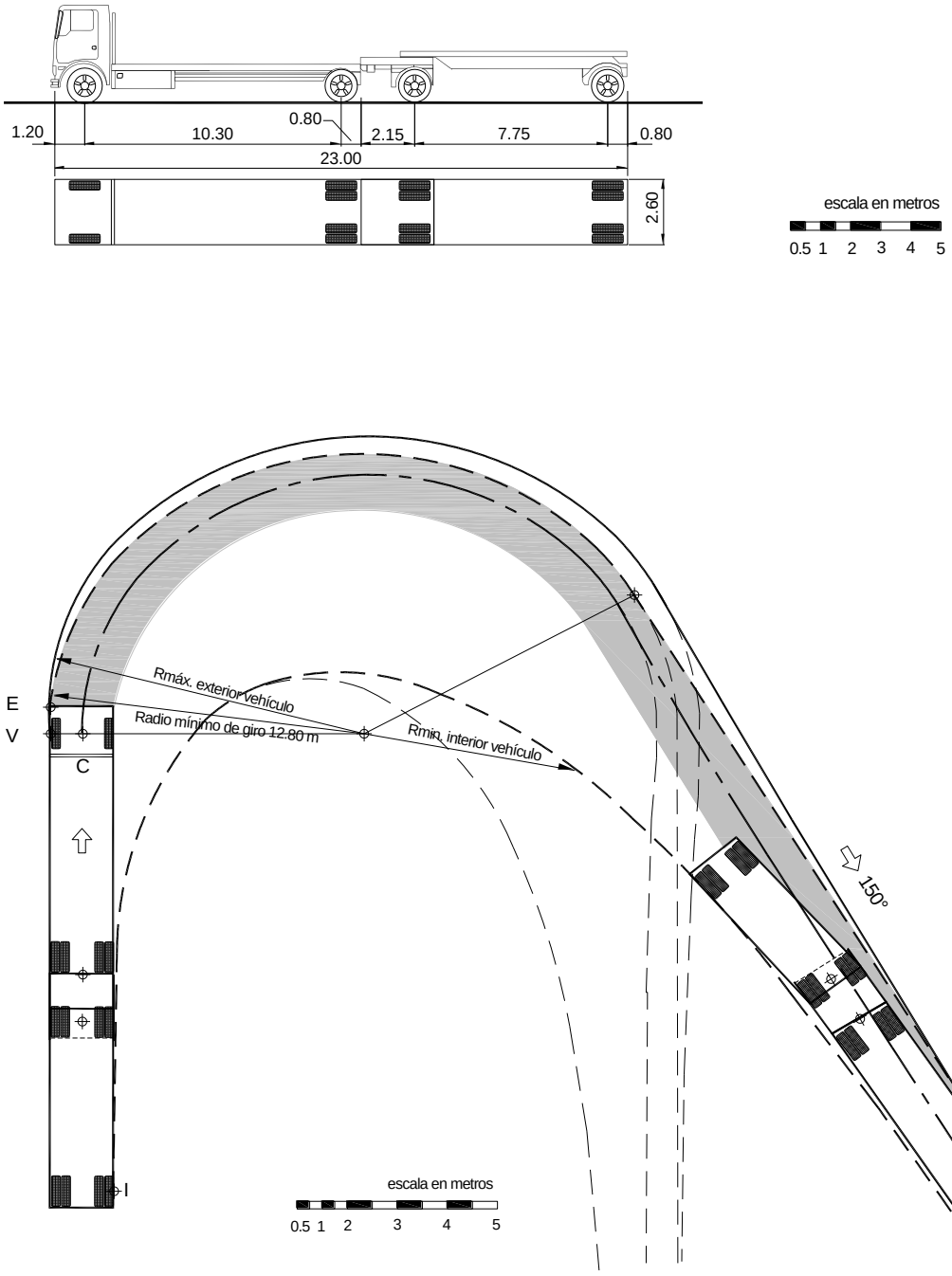


Figura 202.42

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 180º

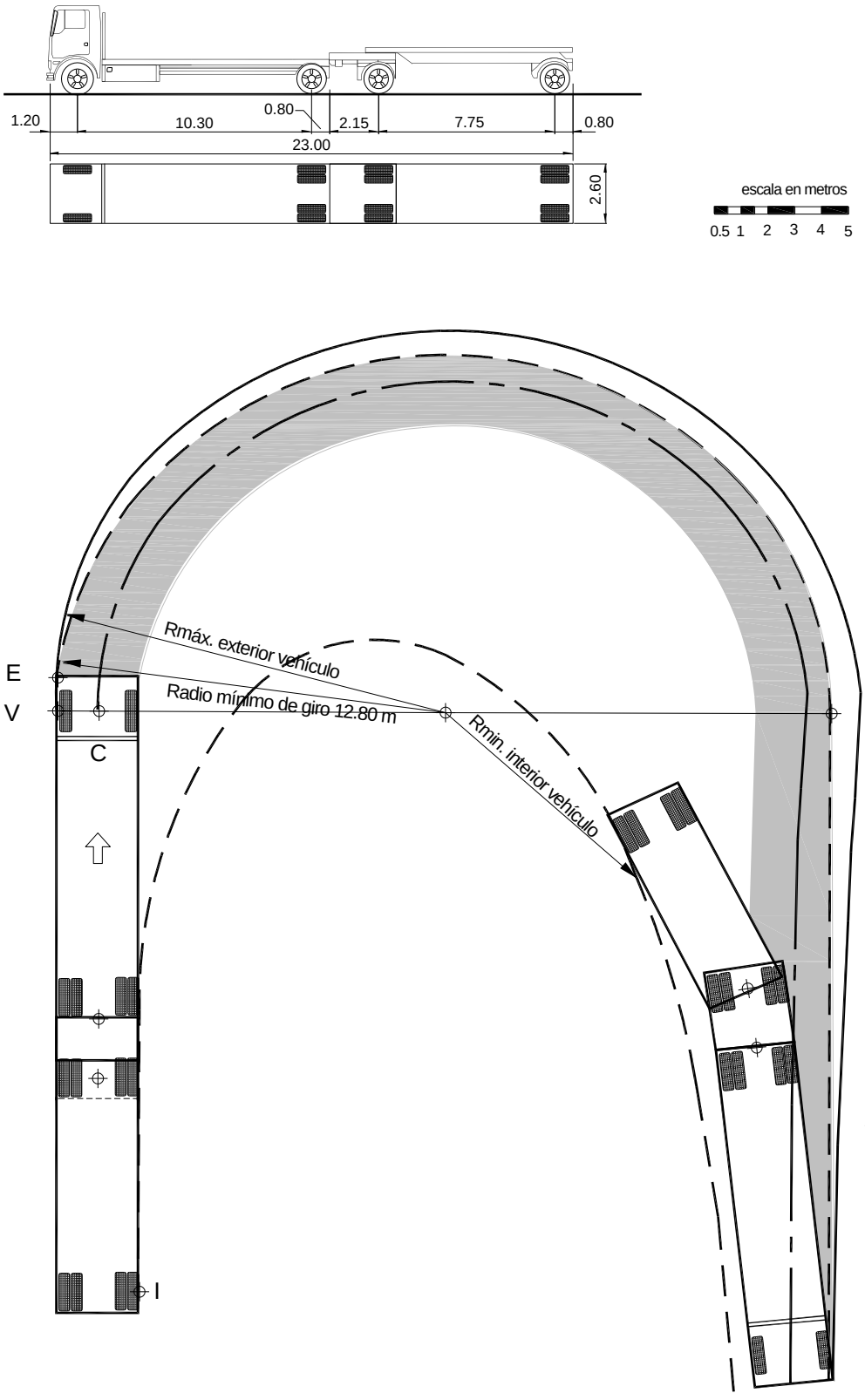


Tabla 202.09

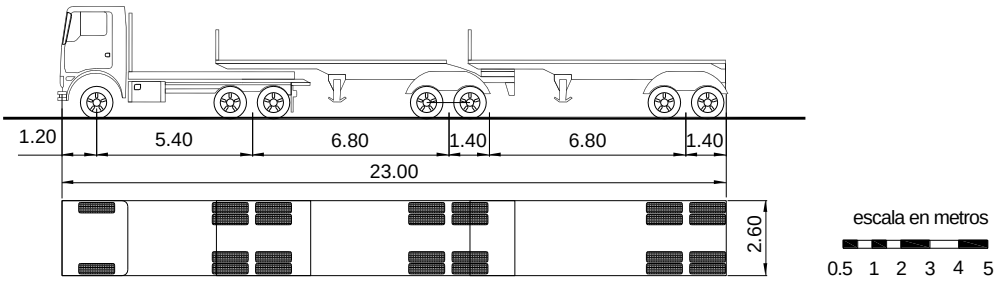
Semirremolque doble (T3S2S2)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	Rmáx exterior vehículo (E)	Rmín interior vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación camión	Ángulo máximo articulación remolque
30º	14,06 m	9,25 m	16,7º	12,1º	10,5º
60º	14,17 m	7,95 m	21,3º	22,1º	20,6º
90º	14,20 m	7,02 m	22,7º	28,7º	29,5º
120º	14,21 m	6,35 m	23,0º	32,6º	36,9º
150º	14,21 m	5,87 m	23,2º	34,7º	42,7º
180º	14,22 m	5,53 m	23,2º	35,8º	47,0º

Figura 202.43

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 30º



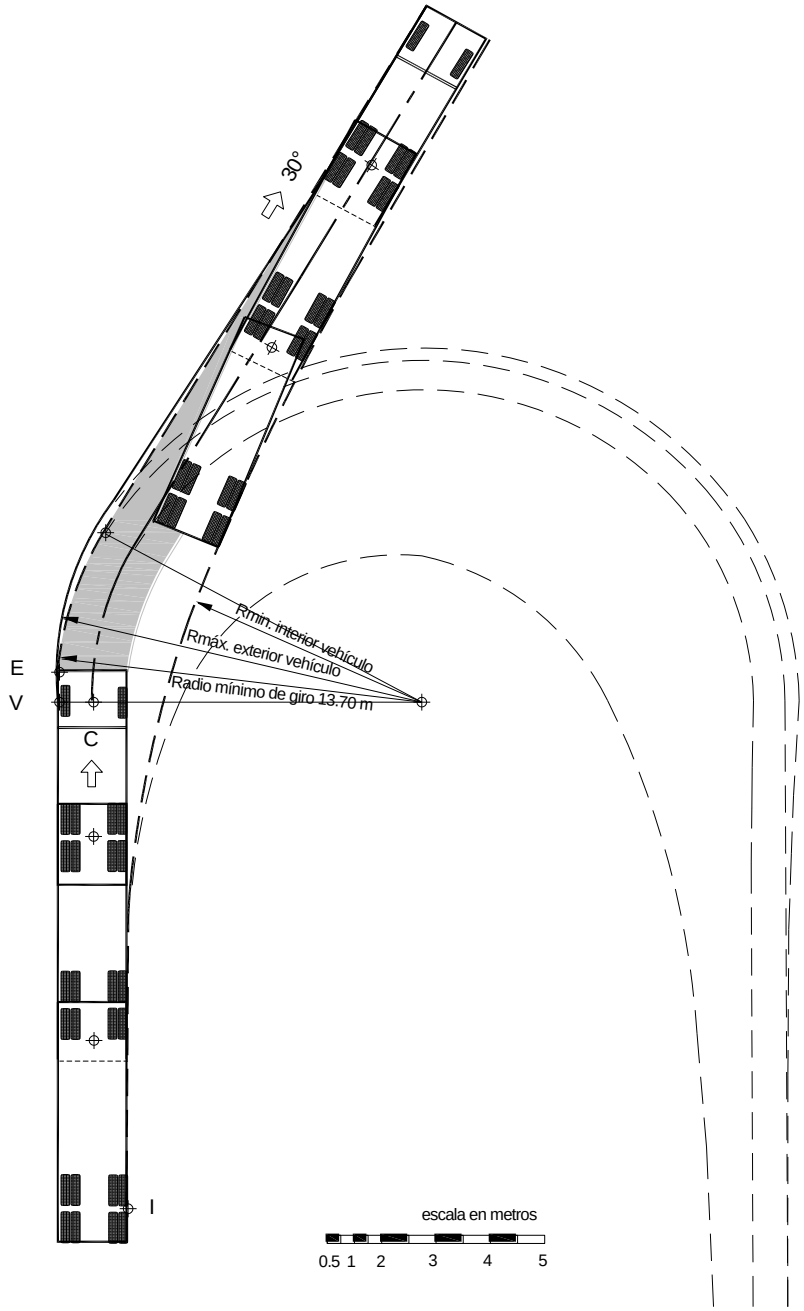


Figura 202.44

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 60º

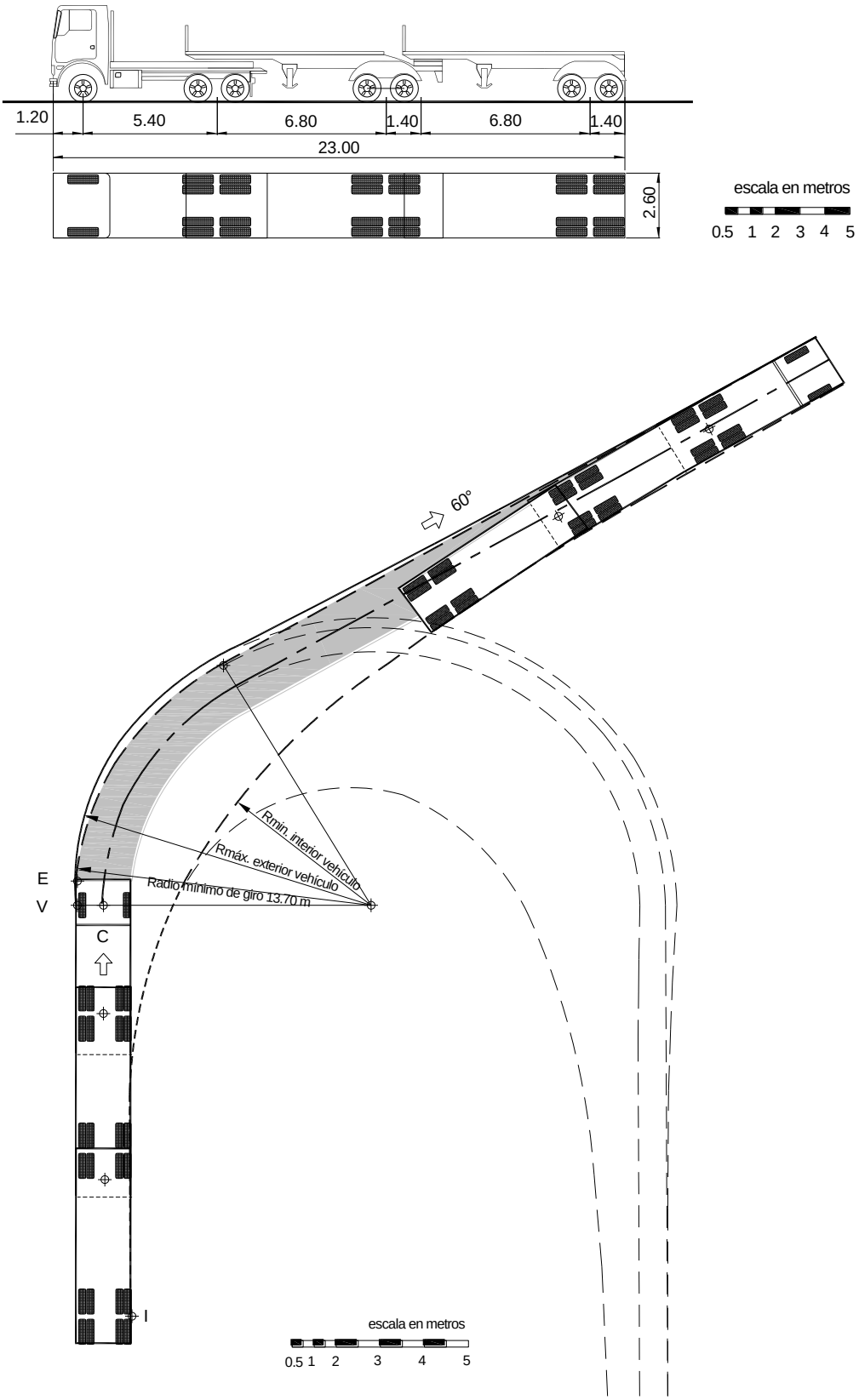


Figura 202.45

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 90º

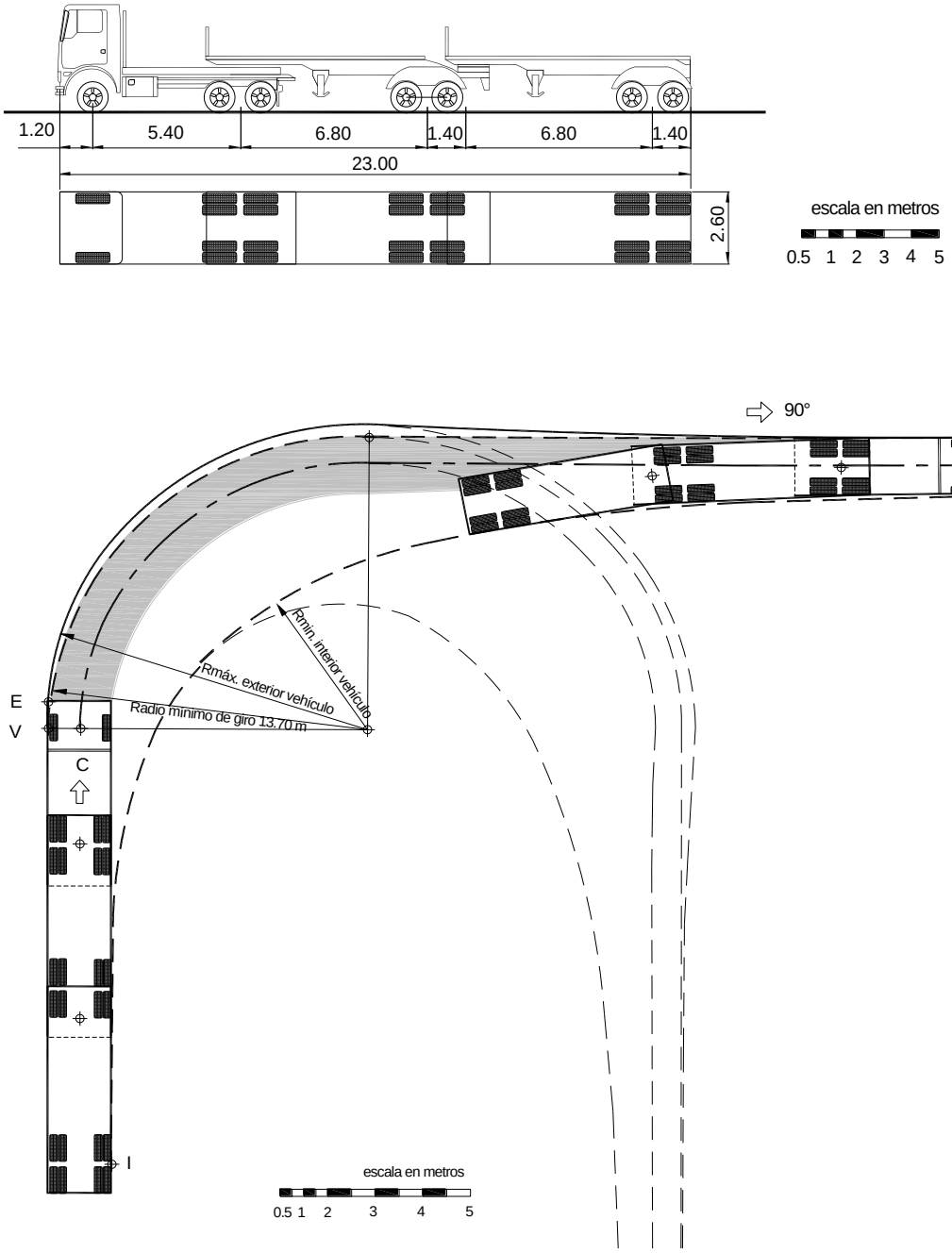


Figura 202.46

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 120º

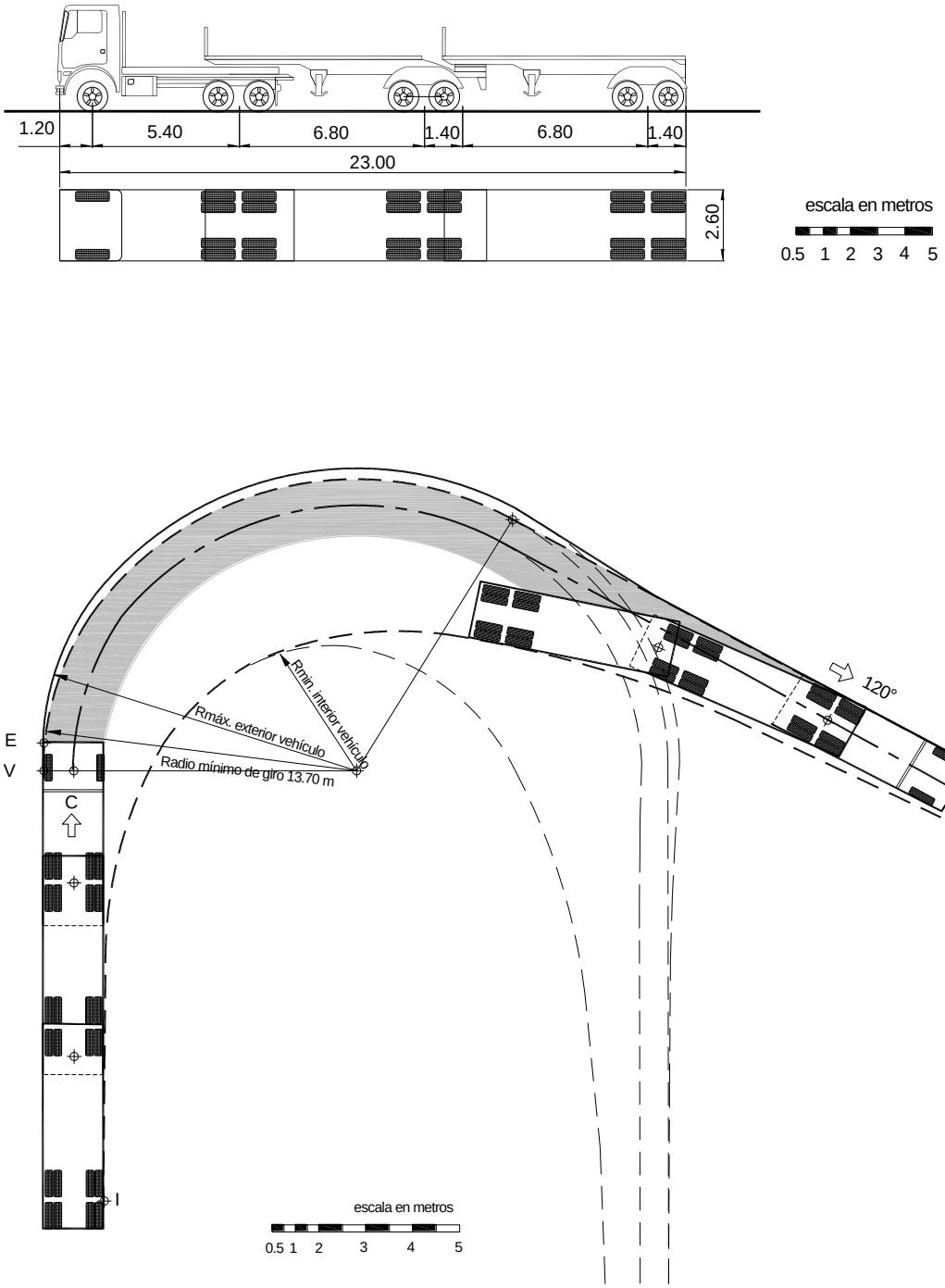


Figura 202.47

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 150º

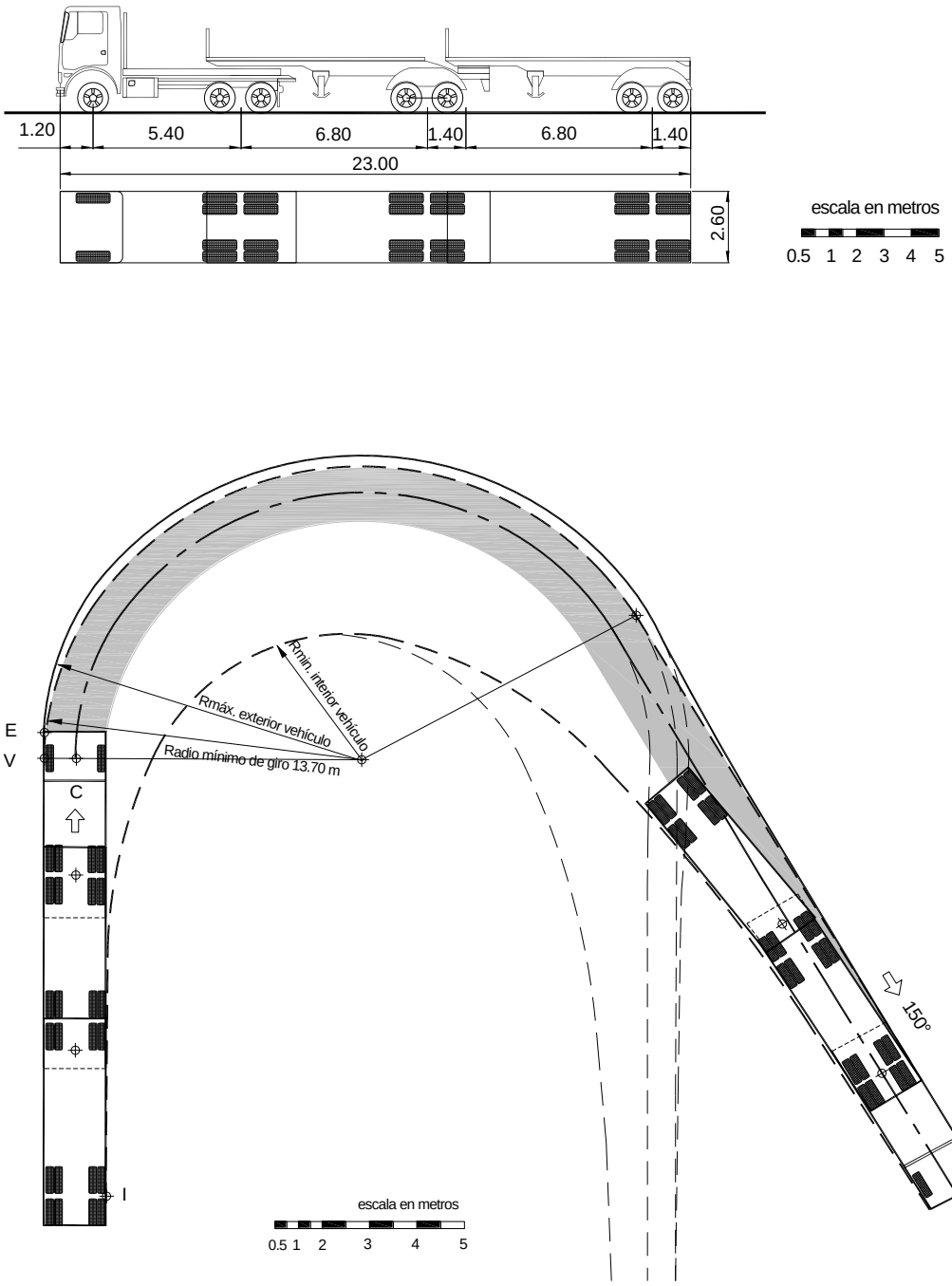


Figura 202.48

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 180º

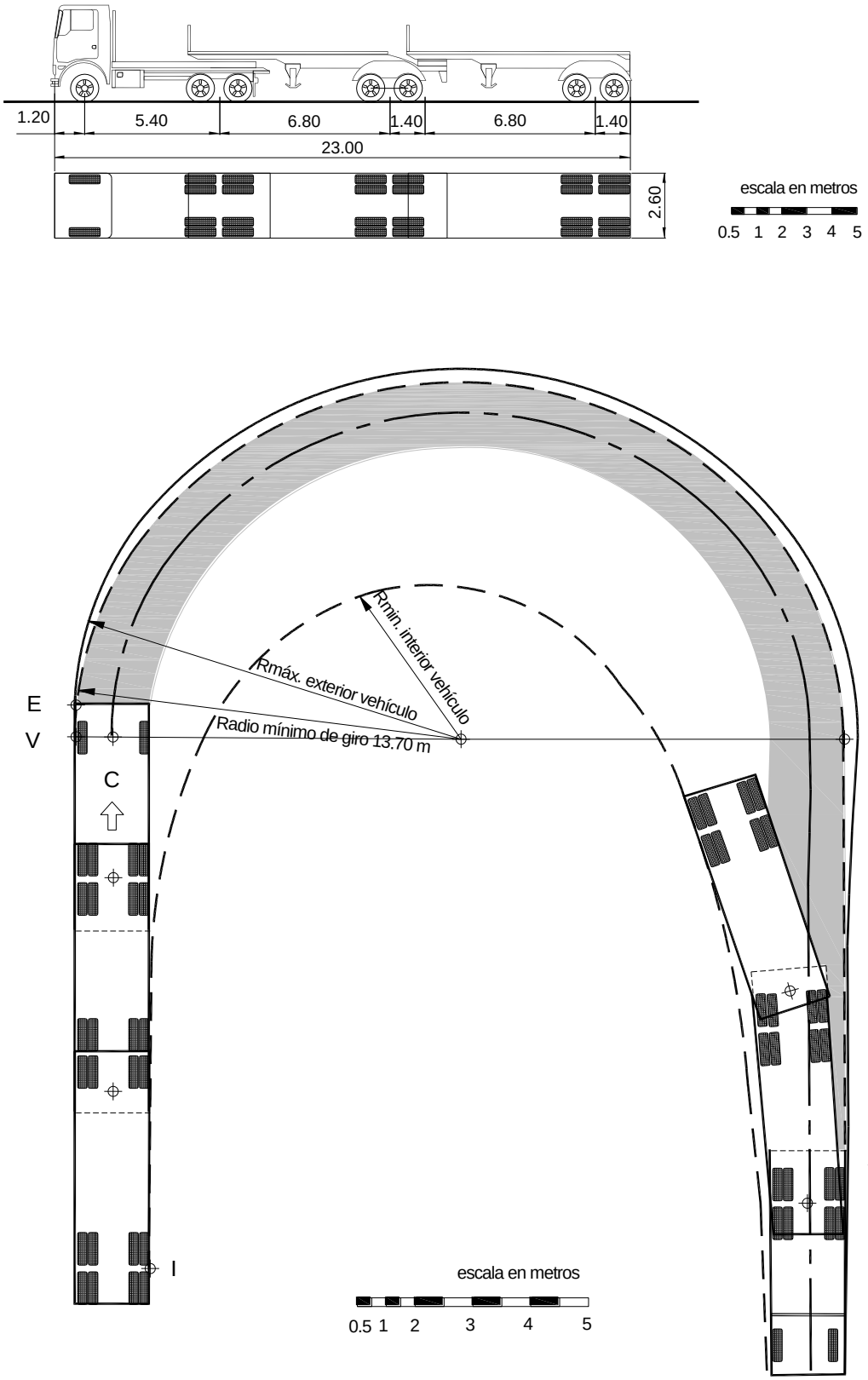


Tabla 202.10
Semirremolque-Remolque (T3S2S1S2)
Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. exterior vehículo (E)	R mín. interior vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación camión	Ángulo máximo articulación semi-rremolque	Ángulo máximo articulación remolque
30º	14,06 m	9,46 m	16,8º	11,0º	6,4º	8,0º
60º	14,18 m	8,38 m	21,5º	19,7º	11,9º	15,5º
90º	14,21 m	7,65 m	22,9º	25,0º	15,8º	21,9º
120º	14,22 m	7,17 m	23,3º	27,9º	18,2º	26,9º
150º	14,22 m	6,87 m	23,4º	29,3º	19,6º	30,5º
180º	14,22 m	6,68 m	23,4º	29,9º	20,3º	32,9º

Similar a "Minimum Turning Path for Turnpike-Double Combination (WB-33D [WB-109D]) Design Vehicle" en la norma AASTHO.

Figura 202.49

Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S1S2)

Trayectoria 30º

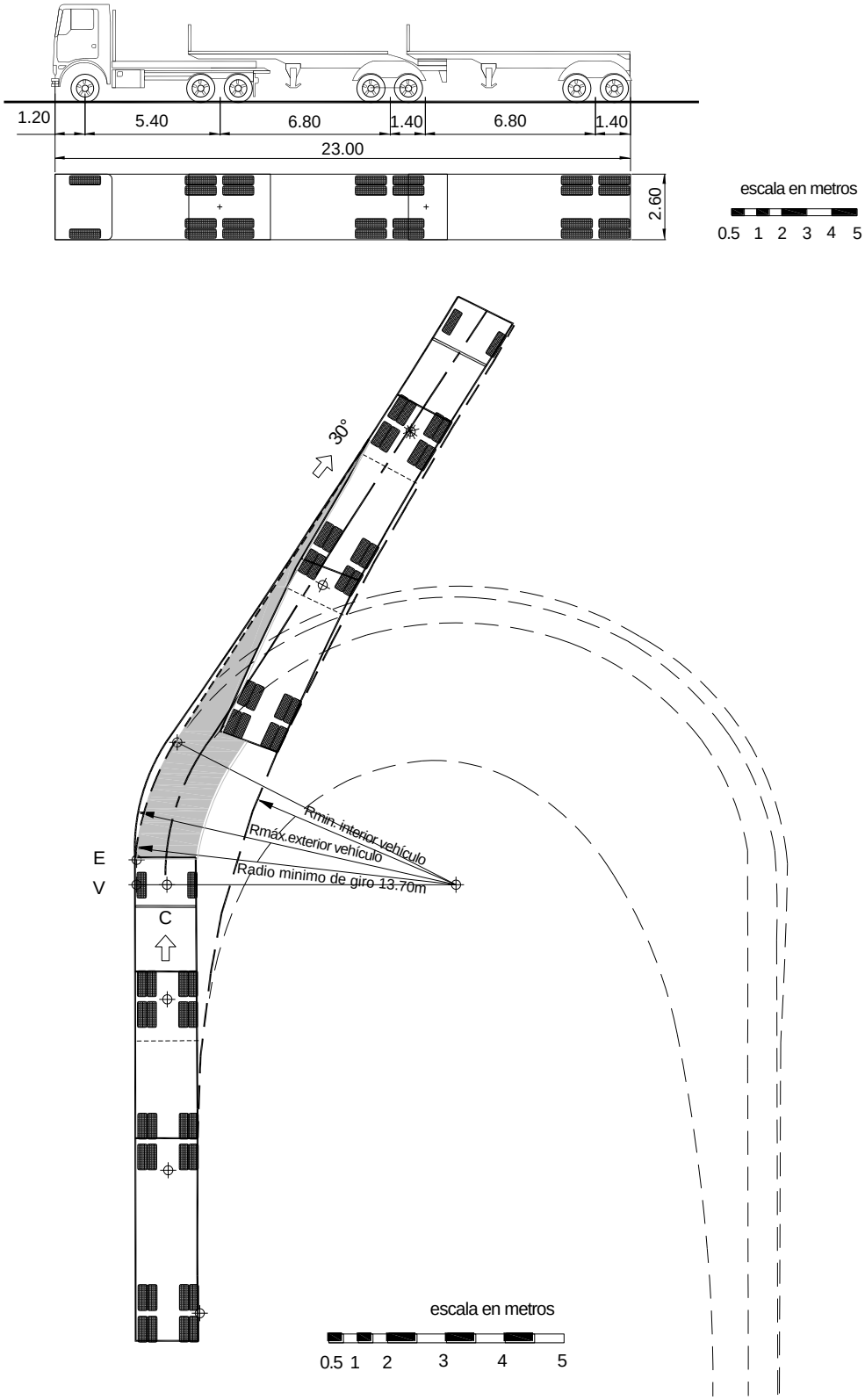


Figura 202.50

Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S1S2)

Trayectoria 60º

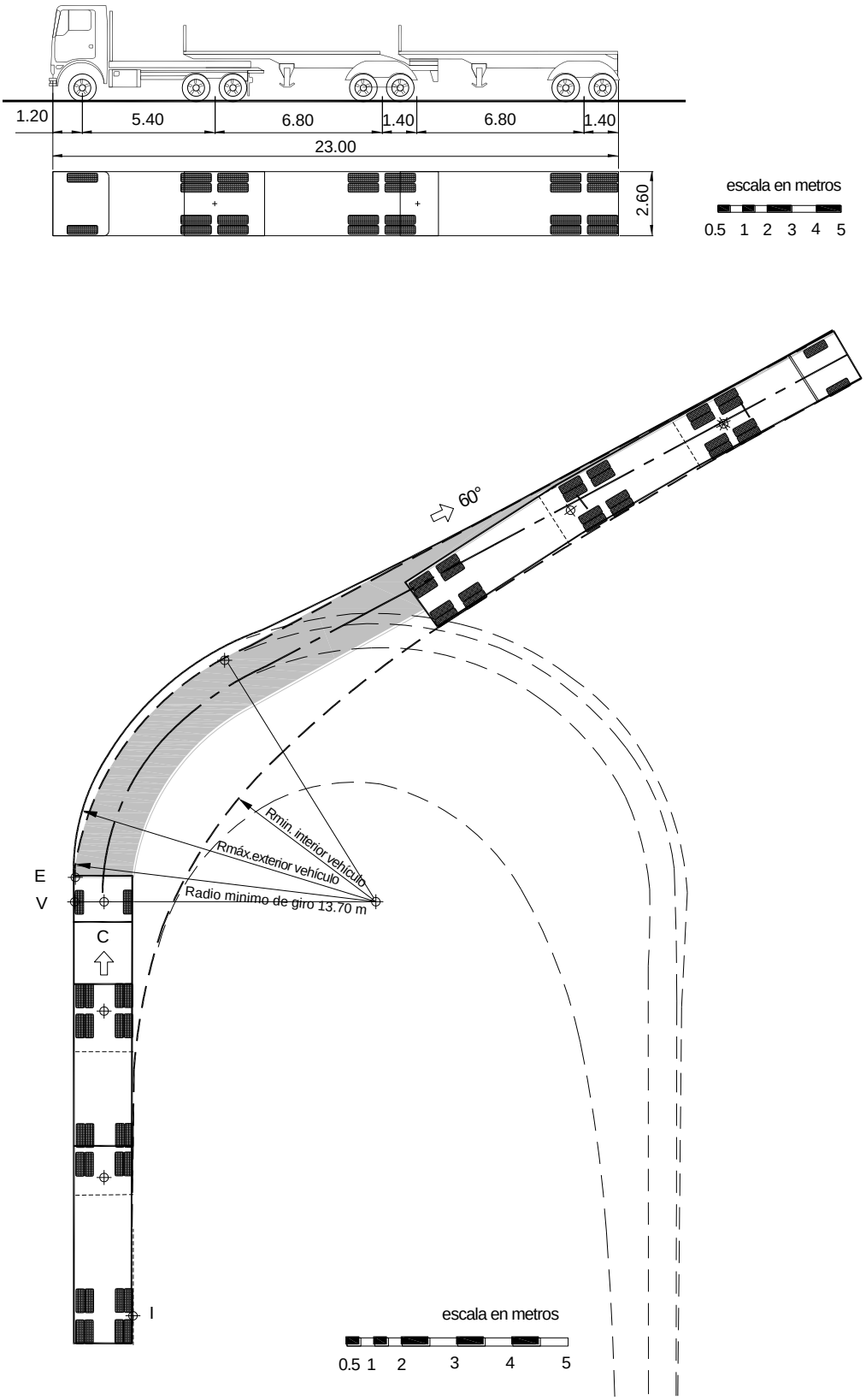


Figura 202.51

Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S1S2)

Trayectoria 90º

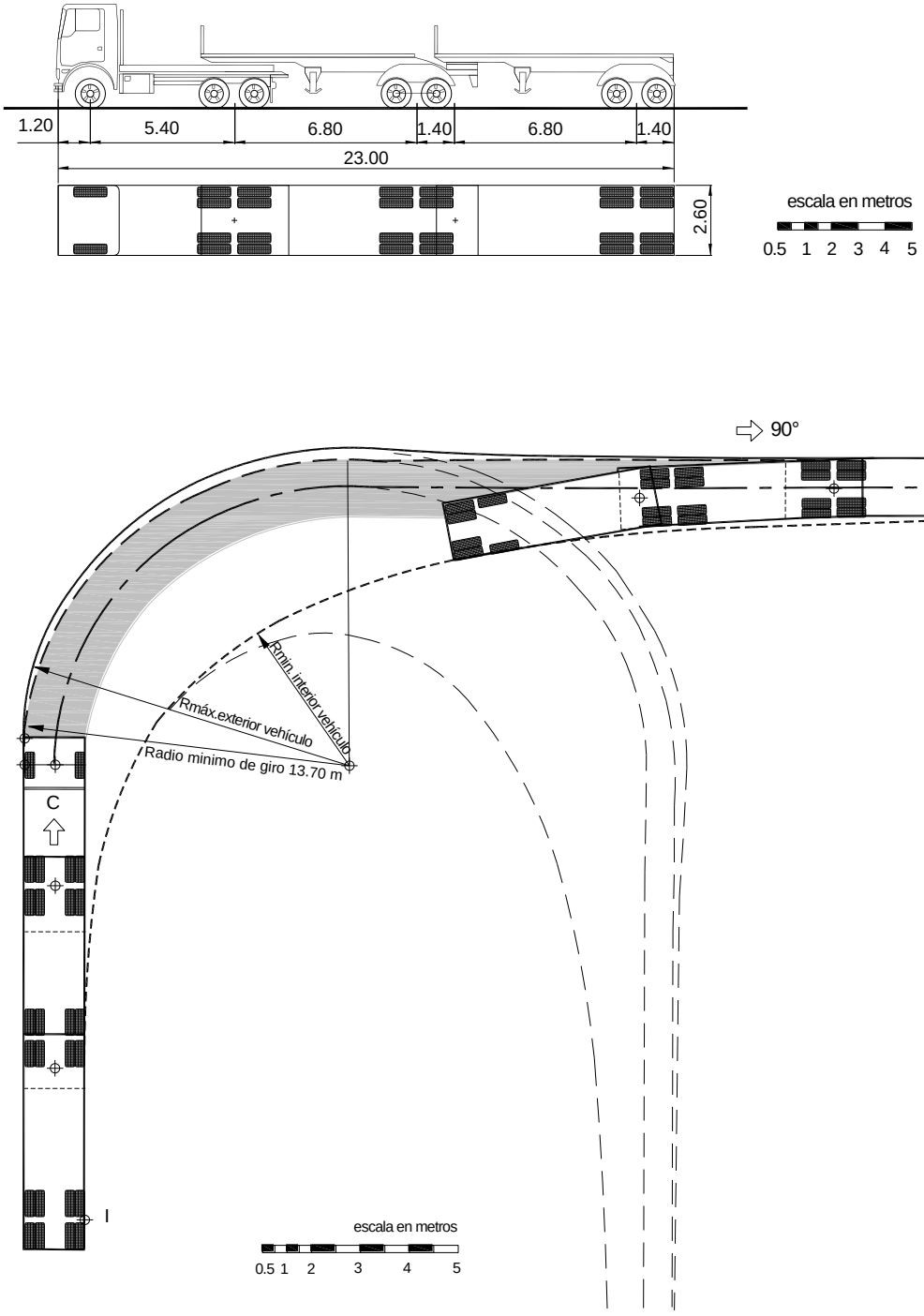
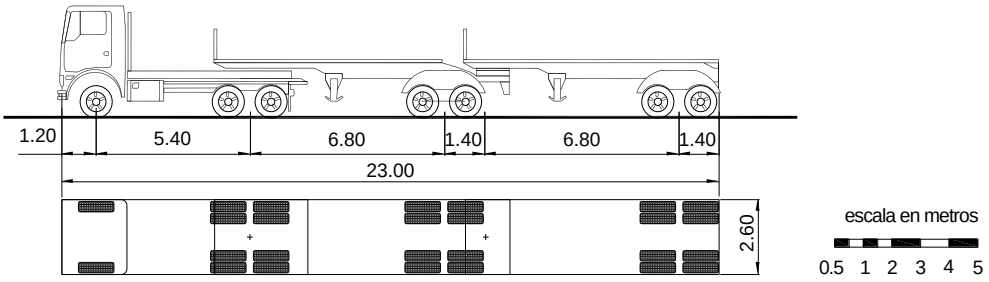


Figura 202.52

Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S1S2)

Trayectoria 120º



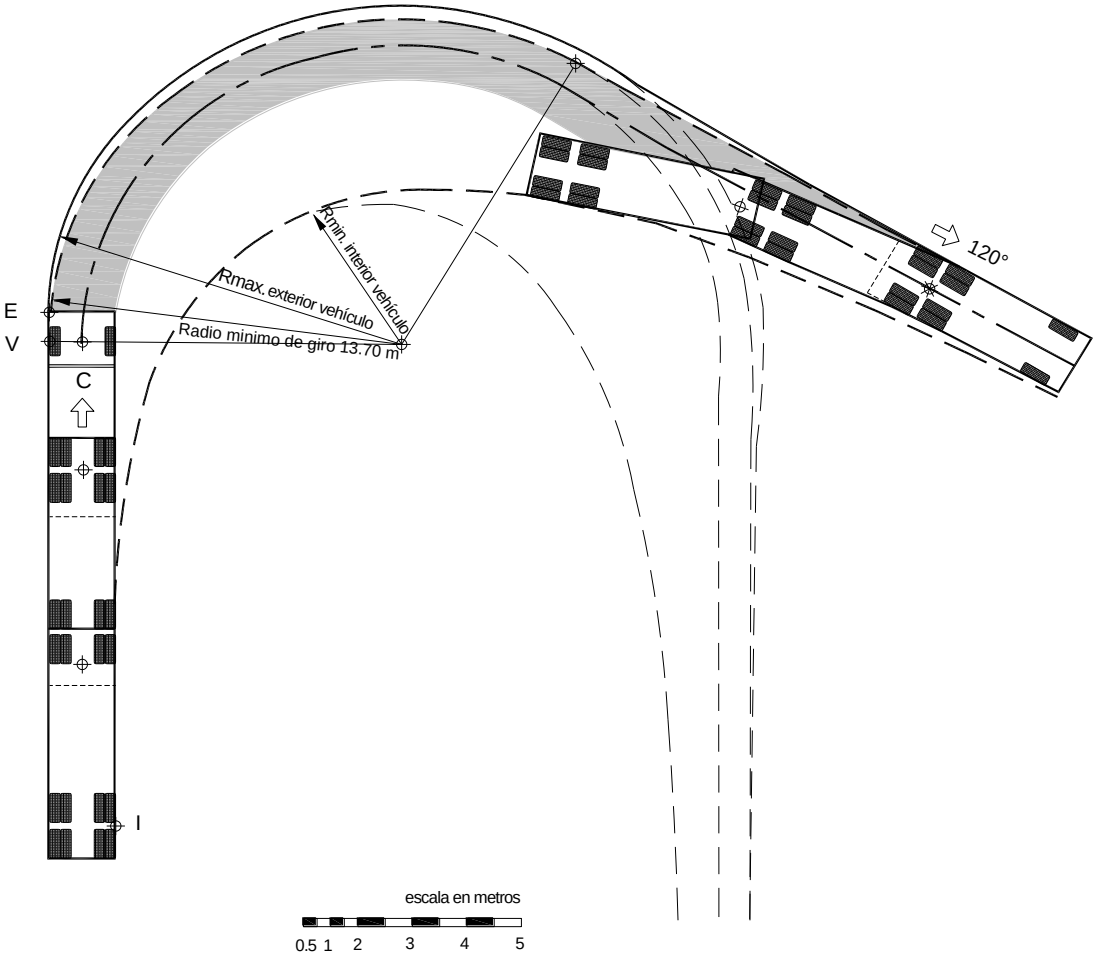


Figura 202.53

Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S1S2)

Trayectoria 150º

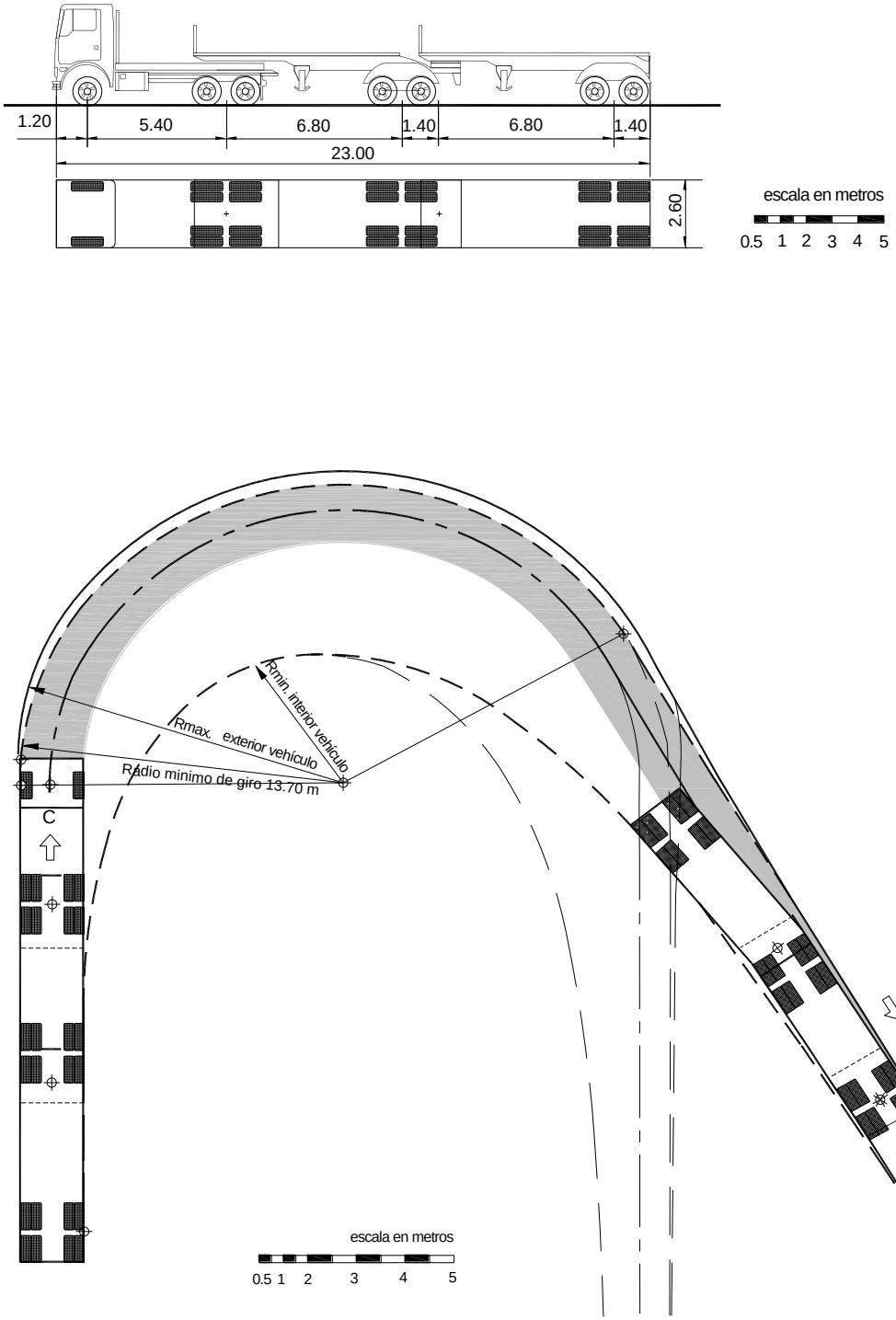
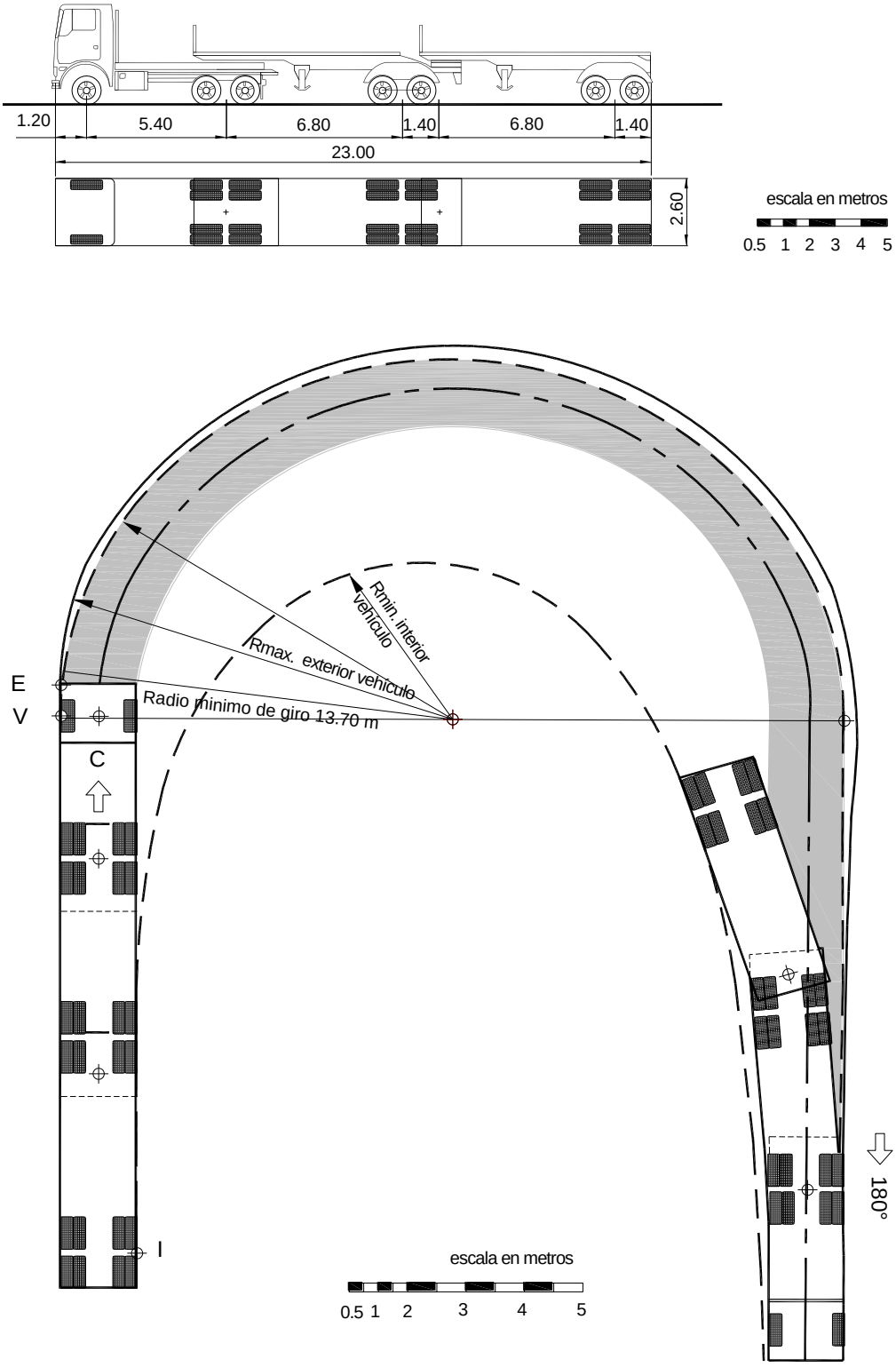


Figura 202.54

Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S1S2)

Trayectoria 180º



La siguiente tabla contiene los datos del semirremolque simple T3S3. Para las trayectorias de giro mínimo de este vehículo, pueden utilizarse las correspondientes al semirremolque simple T2S1, ya que las del T3S3 están comprendidas dentro de ellas.

Tabla 202.11

Semirremolque simple (T3S3)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior Vehículo (E)	R mín. interior vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación
30º	14,06 m	8,89 m	16,7º	15,5º
60º	14,17 m	7,22 m	21,3º	29,6º
90º	14,20 m	5,91 m	22,7º	41,0º
120º	14,21 m	4,85 m	23,1º	49,9º
150º	14,21 m	3,98 m	23,2º	56,7º
180º	14,22 m	3,24 m	23,2º	62,1º

SECCIÓN 203

Características del tránsito

203.01 Generalidades

Las características y el diseño de una carretera deben basarse, explícitamente, en la consideración de los volúmenes de tránsito y de las condiciones necesarias para circular por ella, con seguridad vial ya que esto le será útil durante el desarrollo de carreteras y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de definición geométrica, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transportes.

La financiación, la calidad de los terrenos, la disponibilidad de materiales, el costo del derecho de vía, y otros factores tienen una influencia importante en el diseño, sin embargo, el volumen de tránsito indica la necesidad de la mejora y afecta directamente a las características de diseño geométrico como son el número de carriles, anchos, alineaciones, etc.

Conjuntamente con la selección del vehículo de proyecto, se debe tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía, obtenida sobre la base de estudio de tráfico y sus proyecciones que consideren el desarrollo futuro de la zona tributaria de la carretera y la utilización que tendrá cada tramo del proyecto vial.

203.02 Índice medio diario anual (IMDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual.

203.03 Clasificación por tipo de vehículo

Expresa, en porcentaje, la participación que le corresponde en el IMDA a las diferentes categorías de vehículos, que acorde al Reglamento Nacional de Vehículos, son las siguientes:

- **Categoría L**: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.
  - L1: Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm^3 y velocidad máxima de 50 km/h.
  - L2: Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm^3 y velocidad máxima de 50 km/h.
  - L3: Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm^3 ó velocidad mayor a 50 km/h.
  - L4: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm^3 ó una velocidad mayor de 50 km/h.
  - L5: Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm^3 ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada.
- **Categoría M**: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.
  - M1: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.
  - M2: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
  - M3: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

  Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:
  - Clase I: Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos.
  - Clase II: Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.
  - Clase III: Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.
- **Categoría N**: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.
  - N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.
  - N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.
  - N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

- **Categoría O**: Remolques (incluidos semirremolques).
  - O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.
  - O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.
  - O3: Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas.
  - O4: Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.
- **Categoría S** : Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:
  - SA : Casas rodantes
  - SB : Vehículos blindados para el transporte de valores
  - SC : Ambulancias
  - SD : Vehículos funerarios

  Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N1SC.

Los tipos de vehículos indicados pueden variar, y por tanto para el diseño debe emplearse, los aprobados en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente.

203.04 Volumen horario de diseño (VHD)

El patrón de tráfico en cualquier carretera, muestra una variación considerable en los volúmenes de tránsito, durante las distintas horas del día y de cada hora durante todo el año.

En caminos de alto tránsito, es el volumen horario de diseño (VHD), y no el IMDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto, para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables. Por lo tanto, una decisión clave para el diseño, consiste en determinar cuál de estos volúmenes de tránsito por hora, debe ser utilizado como base para el diseño.

El VHD deberá obtenerse a partir de un ordenamiento decreciente, de los mayores volúmenes horarios registrados a lo largo de todo un año. Al graficar estos valores se podrá establecer el volumen horario de demanda máxima normal, que para la mayoría de los caminos de tránsito mixto (aquellos que no presentan un componente especializado preponderante, por ejemplo: turismo), coincide con el volumen asociado a la trigésima hora de mayor demanda. Los volúmenes asociados a las horas, que ocupan las primeras posiciones en el ordenamiento decreciente, se consideran máximos extraordinarios, en los que se acepta cierto grado de congestión al final de la vida útil del proyecto. El volumen asociado a la trigésima hora será mayor aunque muy similar, a los volúmenes previsibles en una gran cantidad de

horas al año que figuran a continuación de la trigésima hora, de allí su definición como máximo normal.

De esta forma, si se ordenan por magnitudes decrecientes los volúmenes horarios en ambos sentidos de circulación de las 8760 horas de un año, se denomina Volumen de la Hora Trigésima al que ocupa el rango trigésimo de dicho ordenamiento. En otros términos es el volumen horario que durante el transcurso del año solo es superado 29 veces.

De lo anteriormente expuesto se infiere que el VHD considera las demandas críticas tomando en cuenta las variaciones estacionales y diarias que normalmente presenta una carretera. Por otra parte el VHD debe ser proyectado al término del período de diseño a fin de considerar su evolución en el tiempo.

El volumen horario de proyecto corresponde a un porcentaje entre el 12% y el 18% del IMDA estimado para el año horizonte del proyecto.

A falta de información estadística que permita elaborar el análisis detallado del comportamiento horario actual de una ruta existente o para estimar el VHD, de una nueva ruta, se podrá utilizar la relación empírica extensamente comprobada en caminos de tránsito mixto, que relaciona el IMDA con el VHD:

$$VHD_{año\ i} = 0{,}12 \sim 0{,}18\ IMDA_{año\ i}$$

Coeficientes del orden de 0,12 corresponden por lo general a carreteras de tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas.

Coeficientes del orden de 0,18 se asocian a carreteras con variaciones estacionales marcadas, causadas normalmente por componentes de tipo turístico.

Es importante hacer notar que mientras no se prevea un cambio importante en las proporciones en que participan los diferentes componentes de tránsito (industrial, agrícola, minero, turístico, etc.), la relación entre el VHD y el IMDA se mantendrá razonablemente constante.

En cuanto a la composición por categoría de vehículo, es necesario tener presente que los volúmenes horarios máximos se producen por un incremento de los vehículos ligeros, y en los casos con componente turística, este incremento se da en días coincidentes con una baja en el volumen de camiones. En definitiva el VHD presentará una composición porcentual diferente de la que se observa para el IMDA, situación que deberá analizarse en cada caso particular.

203.05 Crecimiento del tránsito

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto.

No obstante, el establecimiento de la vida útil de una carretera, requiere la evaluación de las variaciones de los principales parámetros en cada segmento de la misma, cuyo análisis reviste cierta complejidad por la obsolescencia de la propia infraestructura o inesperados cambios en el uso de la tierra, con las consiguientes modificaciones en los volúmenes de tráfico, patrones, y

demandas. Para efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño un periodo de veinte años.

La definición geométrica de las nuevas carreteras, o en el caso de mejoras en las ya existentes, no debe basarse únicamente en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerar, el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro.

De esta forma, deberán establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño. Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente, elaborar un programa de construcción por etapas.

A continuación se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito:

$$P_f = P_0 (1+T_c)^n$$

Donde:

P_f : tránsito final.

P_0 : tránsito inicial (año base).

T_c : tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

N : año a estimarse.

(*) La proyección debe también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos índices de crecimiento correspondientes a la región que normalmente cuenta con datos estadísticos de estas tendencias.

SECCIÓN 204

Velocidad de diseño

204.01 Definición

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazado, debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

El proyectista, para garantizar la consistencia de la velocidad, debe identificar a lo largo de la ruta, tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas, se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, denominada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo, es la base para la definición de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo. Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

1) La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3,0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4,0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).

2) La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).

No obstante lo anterior, si debido a un marcado cambio en el tipo de terreno en un corto sector de la ruta, es necesario establecer un tramo con longitud menor a la especificada, la diferencia de su Velocidad de Diseño con la de los tramos adyacentes no deberá ser mayor de diez kilómetros por hora (10 km/h).

204.02 Velocidad de diseño del tramo homogéneo

La Velocidad de Diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la Velocidad de Diseño en el rango que se indica en la **Tabla 204.01.**

Tabla 204.01

Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACION	OROGRAFIA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

204.03 Velocidad específica de los elementos que integran el trazado en planta y perfil

La velocidad máxima de un vehículo en un momento dado, está en función principalmente, a las restricciones u oportunidades que ofrezca el trazado de la carretera, el estado de la superficie de la calzada, las condiciones climáticas, la intensidad del tráfico y las características del vehículo.

En tal sentido, es necesario dimensionar los elementos geométricos de la carretera, en planta, perfil y sección transversal, en forma tal que pueda ser recorrida con seguridad, a la velocidad máxima asignada a cada uno de dichos elementos geométricos.

La velocidad máxima con que sería abordado cada elemento geométrico, es la Velocidad Específica con la que se debe diseñar. El valor de la Velocidad Específica de un elemento geométrico depende esencialmente de los siguientes parámetros:

- Del valor de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo en que se encuentra incluido el elemento. La condición deseable es que a la

mayoría de los elementos geométricos que integran el tramo homogéneo se les pueda asignar como Velocidad Específica, el valor de la Velocidad de Diseño del tramo

- De la geometría del trazado inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en que el vehículo realiza el recorrido.

Para asegurar la mayor homogeneidad posible en la Velocidad Específica de curvas y tangentes, lo que necesariamente se traduce en mayor seguridad para los usuarios, requiere que las Velocidades Específicas de los elementos que integran un tramo homogéneo sean iguales a la Velocidad de Diseño del tramo o no superen esta velocidad en más de veinte kilómetros por hora.

La secuencia general para la asignación de la Velocidad Específica de los elementos geométricos en planta y perfil es la siguiente:

1) En el proceso de diseño en planta:

- Partiendo de la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo adoptada, asignar la Velocidad Específica a cada una de las curvas horizontales.

- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales, asignar la velocidad específica a las tangentes horizontales.

2) En el proceso de diseño en perfil:

- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales y a las tangentes horizontales, asignar la Velocidad Específica a las curvas verticales

- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las tangentes horizontales, asignar la Velocidad Específica a las tangentes verticales.

204.04 Velocidad específica en las curvas horizontales

Para asignar la Velocidad Específica a las curvas horizontales incluidas en un Tramo homogéneo, se consideran los siguientes parámetros:

- La Velocidad de Diseño del Tramo homogéneo en que se encuentra la curva horizontal.

- El sentido en que el vehículo recorre la carretera.

- La Velocidad Específica asignada a la curva horizontal anterior.

- La longitud del segmento en tangente anterior. Para efectos de éste Manual, se considera segmento en tangente a la distancia horizontal medida entre los puntos medios de las espirales de las curvas al inicio y

al final del segmento si éstas son espiralizadas ó entre el PT y el PC de las curvas si son circulares.

- La deflexión en la curva analizada.

204.04.01 Criterios para la asignación de la velocidad Específica en las curvas horizontales

La Velocidad Específica de cada una de las curvas horizontales, se debe establecer atendiendo a los siguientes criterios:

1) La Velocidad Específica de una curva horizontal, no puede ser menor que la Velocidad de Diseño del tramo, ni superior a ésta en veinte kilómetros por hora.

2) La Velocidad Específica de una curva horizontal, debe ser asignada teniendo en cuenta la Velocidad Específica de la curva horizontal anterior y la longitud del segmento en tangente anterior.

3) La diferencia entre las Velocidades Específicas de la última curva horizontal de un tramo y la primera del siguiente, están en función de la Velocidad de Diseño de los tramos contiguos y de la longitud del segmento en tangente entre dichas curvas.
Es necesario enfatizar que para no desvirtuar el valor asignado a la Velocidad de Diseño del Tramo, cada vez que las condiciones topográficas del terreno lo permitan, se debe plantear una propuesta del eje que conduzca, al momento de asignar la Velocidad Específica a las curvas horizontales, a que éstas Velocidades Específicas resulten lo más cercanas posible a la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo.

204.04.02 Velocidad en la tangente horizontal

Para la verificación de la Distancia de visibilidad de adelantamiento, en una tangente horizontal y para la asignación de la Velocidad Específica de una curva vertical, incluida en dicha tangente, es necesario establecer la probable velocidad a la que circularían los vehículos por ella. En carreteras de una calzada, un vehículo puede ingresar a la tangente saliendo de la curva horizontal localizada en un extremo, que tiene una determinada Velocidad Específica, o saliendo de la curva localizada en el otro extremo, que también tiene su propia Velocidad Específica. Los vehículos van a circular por la tangente a la velocidad a la que salieron de la curva siendo críticos los que entraron a la tangente desde la curva horizontal que presenta la Velocidad Específica mayor. En consecuencia, la Velocidad Específica de la tangente horizontal, debe ser igual a la mayor de las dos Velocidades Específicas de las curvas horizontales extremas.

204.04.03 Velocidad específica de la curva vertical

La Velocidad Específica de la curva vertical, cóncava ó convexa, es la máxima velocidad a la que puede ser recorrida en condiciones de

seguridad. Con ella se debe elegir su longitud y verificar la Distancia de visibilidad de parada. Si la curva vertical coincide con una curva horizontal, que tiene una Velocidad Específica dada, la Velocidad Específica de la curva vertical debe ser igual a la Velocidad Específica de la curva horizontal. Si la curva vertical está localizada dentro de una tangente horizontal con una Velocidad Específica dada, la Velocidad Específica de la curva vertical debe ser igual a la Velocidad Específica de la tangente horizontal.

204.04.04 Velocidad específica de la tangente vertical

La velocidad específica con la que se diseñen los elementos geométricos en perfil debe coincidir con la velocidad específica asignada a los elementos geométricos en planta. La pendiente máxima que se le puede asignar a una tangente vertical, es la asociada a la velocidad específica de la tangente horizontal coincidente. En consecuencia, la Velocidad Específica de la tangente vertical, es igual a la Velocidad Específica de la tangente horizontal.

204.05 Velocidad de marcha

Denominada también velocidad de crucero, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, la vía y los dispositivos de control. Es una medida de la calidad del servicio que una vía proporciona a los conductores y varía durante el día, principalmente, por la modificación de los volúmenes de tránsito.

Es deseable que la velocidad de marcha de una gran parte de los conductores, sea inferior a la velocidad de diseño. La experiencia indica que la desviación de este objetivo es más evidente y problemática en las curvas horizontales más favorables. En particular, en las curvas con bajas velocidades de diseño (en relación a las expectativas del conductor) se suele conducir a velocidades mayores lo que implica menores condiciones de seguridad. Por tanto, es importante que la velocidad de diseño utilizada para la configuración de la curva horizontal sea un reflejo conservador de la velocidad que se espera de la instalación construida.

El promedio de la velocidad de marcha en una carretera determinada varía durante el día, dependiendo sobre todo del volumen de tránsito. Por tanto, cuando se hace referencia a una velocidad de marcha, se deberá indicar claramente si esta velocidad representa las horas de mayor demanda, fuera de las horas de mayor demanda, o un promedio para el día. Las horas de mayor demanda y el resto se utilizan en el proyecto y operación, mientras que la velocidad promedio de funcionamiento durante todo un día se utiliza en los análisis económicos.

El efecto del volumen de tránsito en la velocidad de marcha promedio puede ser determinado de la siguiente manera:

- En las autopistas de primera y segunda clase, la velocidad de marcha es relativamente insensible al volumen de tránsito. Sin embargo, cuando

éste se aproxima al máximo de la carretera, la velocidad disminuye sustancialmente.

- En las carreteras de primera, segunda y tercera clase, la velocidad disminuye linealmente con el incremento del tránsito, en el rango existente entre cero y la capacidad de la carretera.

Cuando no se disponga de un estudio de campo bajo las condiciones prevalecientes a analizar, se tomarán como valores teóricos, los comprendidos entre el 85% y el 95% de la velocidad de diseño, tal como se muestran en la **Tabla 204.02**.

Tabla 204.02

Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (km)

Velocidad de diseño	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0
Velocidad media de marcha	27,0	36,0	45,0	54,0	63,0	72,0	81,0	90,0	99,0	108,0	117,0
Rangos de velocidad media	25,5 @ 28,5	34,0 @ 38,0	42,5 @ 47,5	51,0 @ 57,0	59,5 @ 66,5	68,0 @ 76,0	76,5 @ 85,5	85,0 @ 95,0	93,5 @ 104,5	102,0 @ 114,0	110,5 @ 123,5

204.06 Velocidad de operación

Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente.

Si el tránsito y las interferencias son bajas, la velocidad de operación del vehículo es del orden de la velocidad de diseño por tramo homogéneo, no debiendo sobrepasar a esta. A medida que el tránsito crece, la interferencia entre vehículos aumenta, tendiendo a bajar la velocidad de operación del conjunto. Este concepto es básico para evaluar la calidad del servicio que brinda una carretera, así como parámetro de comparación, entre una vía existente con características similares a una vía en proyecto, a fin de seleccionar una velocidad de diseño por tramos homogéneos, lo más acorde con el servicio que se desee brindar.

Un concepto utilizado para la mejor estimación de la velocidad de operación, es el denominado percentil 85 de la velocidad, que consiste en determinar la velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos. Considerando la velocidad de operación en cada punto del camino, es posible construir un diagrama de velocidad de operación: velocidad de operación – distancia, donde se podrán apreciar aquellos lugares que puedan comprometer la

seguridad en el trazado. El análisis del indicado diagrama, constituye el método más común, para evaluar la consistencia del diseño geométrico. En la **Tabla 204.03** (ecuaciones de Fitzpatrick), se puede apreciar estimaciones para la determinación de velocidades de operación.

Tabla 204.03
Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación

	Condiciones de alineamiento	Ecuación
1	Curva horizontal sobre pendiente (-9% < i < -4%)	$V85 = 102{,}10 - \frac{3077{,}13}{R}$
2	Curva horizontal sobre pendiente (-4% < i < 0%)	$V85 = 105{,}98 - \frac{3709{,}90}{R}$
3	Curva horizontal sobre pendiente (0% < i < 4%)	$V85 = 104{,}82 - \frac{3574{,}51}{R}$
4	Curva horizontal sobre pendiente (4% < i < 9%)	$V85 = 96{,}61 - \frac{2752{,}19}{R}$
5	Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag)	$V85 = 105{,}32 - \frac{3438{,}19}{R}$
6	Curva horizontal combinada con curvas convexas sin limitación de visibilidad	(Nota 2)
7	Curva horizontal combinada con curvas convexas con limitación de visibilidad (K≤ 43 m / %)	$V85 = 103{,}24 - \frac{3576{,}51}{R}$; (nota 2)
8	Curva vertical cóncava sobre recta horizontal	V85 se asume como la velocidad deseada
9	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad no limitada (K> 43 m / %) sobre recta horizontal	V85 se asume como la velocidad deseada
10	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad limitada (K≤ 43 m / %) sobre recta horizontal	$V85 = 105{,}08 - \frac{149{,}69}{K}$

Notas:

1) Usa la menor velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes).

2) Además, comparar con la velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes) y usar la menor. Esto asegurará que la velocidad estimada a lo largo de curvas combinadas no será mejor que si solo la curva horizontal está presente. (Es decir, la inclusión de una curva convexa con visibilidad limitada resulte en una mayor velocidad).

V85 Percentil 85 de velocidad de automóviles (km/h)

R Radio de curva (m)

Teniendo como base los conceptos antes indicados, así como los criterios y parámetros técnicos de diseño establecidos en el presente Manual, en la **Tabla 204.04** se presentan valores de velocidades máximas de operación, en

función a la clasificación de la carretera, el tipo de vehículo y las condiciones orográficas.

Tabla 204.04

Valores de velocidades máximas de operación

Clasificación de la carretera	Velocidad máxima de operación (km/h)		
	Vehículos ligeros	Vehículos pesados	
		Buses	Camiones (5)
Autopista 1ra clase	(1) 130	100	90
	(2) 120	90	80
	(3) 100	80	70
	(4) 90	70	60
Autopista 2da clase	(1) 120	90	80
	(2) 120	90	80
	(3) 100	80	70
	(4) 90	70	60
Carretera 1ra clase	(1) 100	90	80
	(2) 100	80	70
	(3) 90	70	60
	(4) 80	60	50

Notas:

1) Orografía plana (1)
2) Orografía ondulada (2)
3) Orografía accidentada (3)
4) Orografía escarpada (4)
5) Para vehículos de transporte de mercancía peligrosa la velocidad máxima de operación es 70km/h, o la que establezca el Reglamento Nacional de Tránsito, vigente.
6) Las autoridades competentes, podrán fijar velocidades de operación inferiores a las indicadas en la tabla, en función a las particularidades de cada vía.
7) Las autoridades competentes, deben señalizar la máxima velocidad de operación, principalmente al inicio de cada Tramo Homogéneo.
8) Según las particularidades de las carreteras de Segunda Clase y Tercera Clase, las autoridades competentes establecerán las velocidades máximas de operación.

SECCIÓN 205

Distancia de visibilidad

205.01 Definición

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

- Visibilidad de parada
- Visibilidad de paso o adelantamiento
- Visibilidad de cruce con otra vía.

Las dos primeras influencian el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratados en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme. Los casos con condicionamiento asociados a singularidades de planta o perfil se tratarán en las secciones correspondientes.

205.02 Distancia de visibilidad de parada

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Dp = \frac{V\ t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de diseño

t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

f : Coeficiente de fricción, pavimento húmedo

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i : Subidas respecto al sentido de circulación

-i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

El primer término de la formula representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (dtp) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención (df).

El tiempo de reacción de frenado, es el intervalo entre el instante en que el conductor reconoce la existencia de un objeto, o peligro sobre la plataforma, adelante y el instante en que realmente aplica los frenos. Así se define que el tiempo de reacción mínimo adecuado será por lo menos de 2 segundos.

La distancia de frenado aproximada de un vehículo, sobre una calzada plana puede determinarse mediante la siguiente fórmula:

$$d = \frac{V^2}{254\ a}$$

Dónde:

d : distancia de frenado en metros

V : velocidad de diseño en km/h

a : deceleración en m/s^2 (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)

Se considera obstáculo aquél de una altura => a 0,15 m, con relación a los ojos de un conductor que está a 1,07 m sobre la rasante de circulación.

Si en una sección de la vía no es posible lograr la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de diseño, se deberá señalizar dicho sector con la velocidad máxima admisible, siendo éste un recurso excepcional que debe ser autorizado por la entidad competente.

Asimismo, la pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Ésta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada => a 6% y para velocidades de diseño > a 70 km/h.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será => a la distancia de visibilidad de parada. La **Tabla 205.01** muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño y de la pendiente.

Tabla 205.01

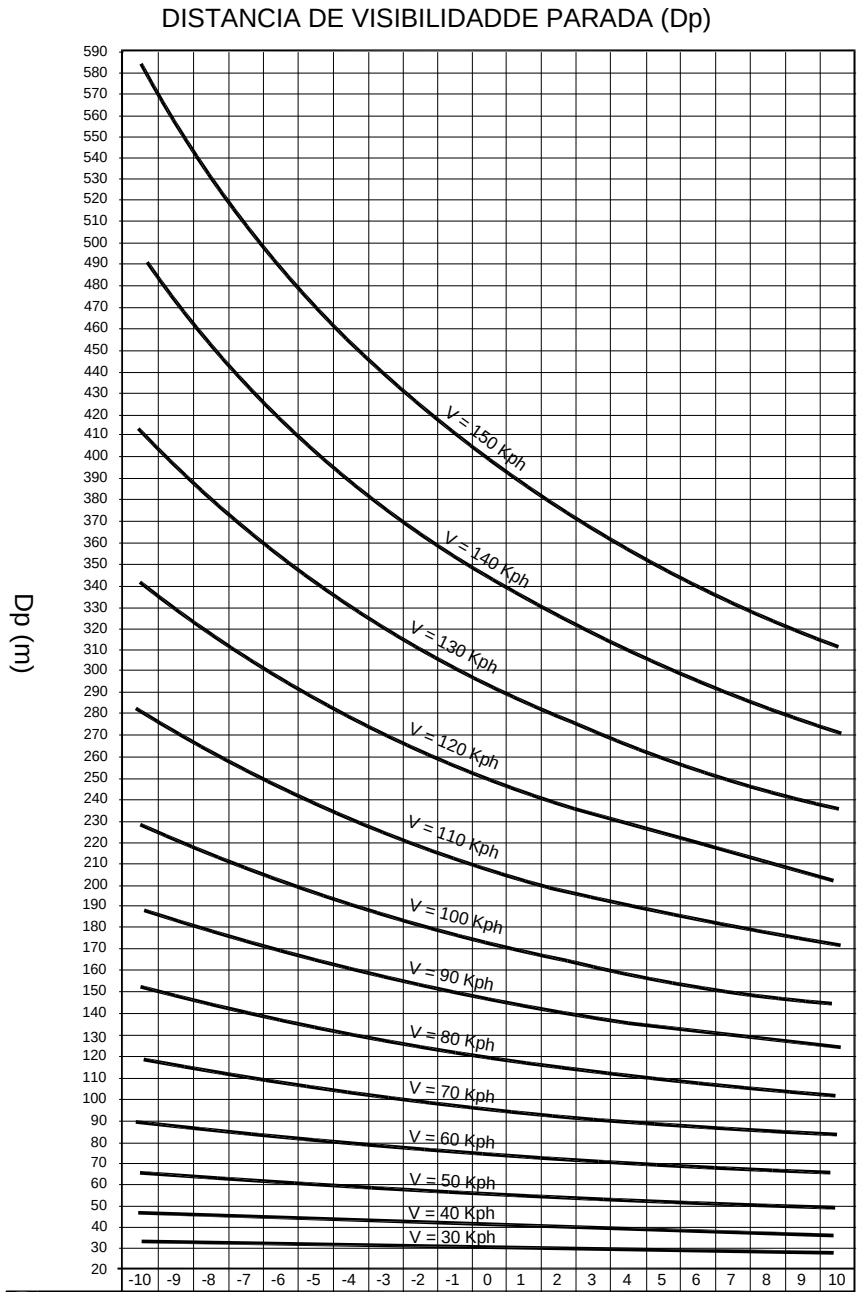
Distancia de visibilidad de parada (metros)

Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	223	214
130	287	310	338	375	267	252	238

La distancia de visibilidad de parada también podrá determinarse de la **Figura 205.01**

Figura 205.01

Distancia de visibilidad de parada



VELOCIDAD	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30 KPH	33	33	33	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	28
40 KPH	46	45	44	44	43	42	42	41	41	40	40	39	39	39	38	38	38	37	37	37	36
50 KPH	65	64	62	61	60	59	58	57	56	56	55	54	53	53	52	51	51	50	50	49	49
60 KPH	90	88	86	84	82	81	90	78	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	66	65
70 KPH	119	116	113	110	108	105	103	101	99	97	96	94	92	91	90	88	87	86	85	84	83
80 KPH	152	147	143	140	136	133	130	127	124	122	120	117	115	113	112	110	108	107	105	104	102
90 KPH	189	183	178	173	168	141	141	156	153	150	147	144	141	139	136	134	132	130	128	126	124
100 KPH	229	221	204	207	201	196	191	186	181	177	173	169	166	162	159	156	154	151	148	146	144
110 KPH	282	272	262	253	246	238	231	225	219	214	209	204	199	195	191	187	184	180	177	174	171
120 KPH	343	330	318	306	296	287	278	270	262	255	249	243	237	232	227	222	217	213	209	205	202
130 KPH	413	396	380	366	353	341	330	320	311	302	294	286	279	272	266	260	255	249	244	240	235
140 KPH	495	473	453	435	419	403	490	377	365	354	344	335	326	318	310	303	296	290	284	278	272
150 KPH	584	557	532	509	489	471	454	438	424	411	398	387	376	366	357	348	340	333	325	318	312

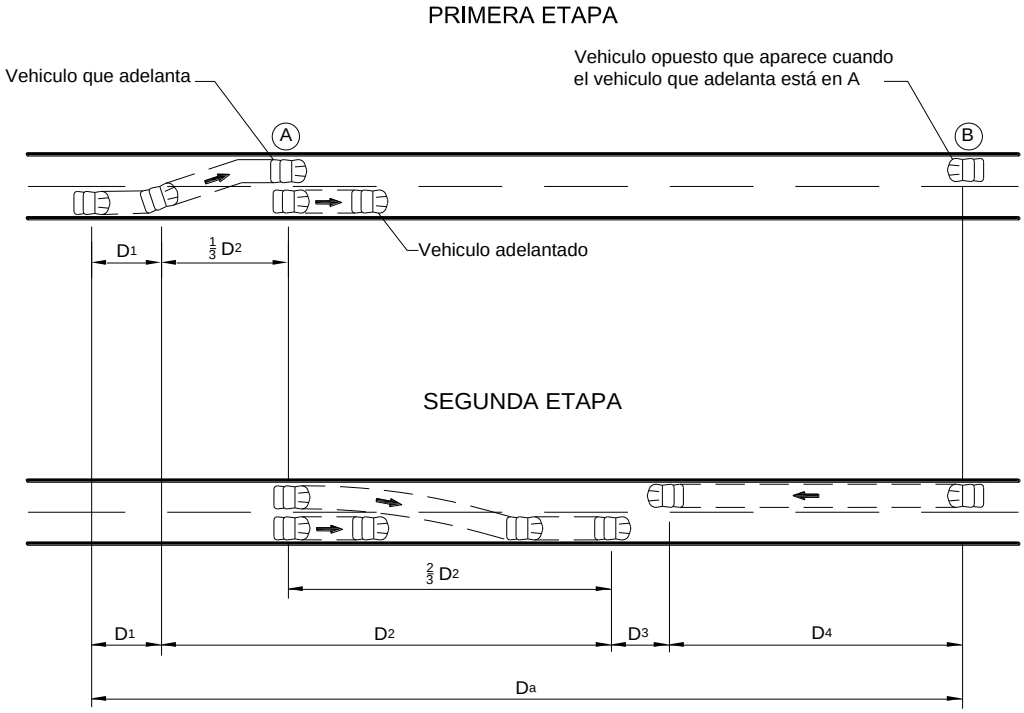
205.03 Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento

Es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Dichas condiciones de comodidad y seguridad, se dan cuando la diferencia de velocidad entre los vehículos que se desplazan en el mismo sentido es de 15 km/h y el vehículo que viaja en sentido contrario transita a la velocidad de diseño.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, donde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto.

Figura 205.02

Distancia de visibilidad de adelantamiento



La distancia de visibilidad de adelantamiento, de acuerdo con la **Figura 205.02**, se determina como la suma de cuatro distancias, así:

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Dónde:

D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.

D_1 : Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros

D_2 : Distancia recorrida por el vehículo que adelante durante el tiempo

desde que invade el carril de sentido contrario hasta que regresa a sus carril, en metros.

D_3 : Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en sentido contrario, en metros.

D_4 : Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario (estimada en 2/3 de D_2), en metros.

Se utilizarán como guías para el cálculo de la distancia de visibilidad de adelantamiento la **Figura 205.02** y los valores indicados en el Manual AASHTO – 2004 que se presentan en la **Tabla 205.02** para cuatro (4) rangos de Velocidad Específica de la tangente.

Por seguridad, la maniobra de adelantamiento se calcula con la velocidad específica de la tangente en la que se efectúa la maniobra.

$$D_1 = 0{,}278\, t_1 \left(V - m + \frac{a\ t_1}{2} \right)$$

Donde:

t_1 : Tiempo de maniobra, en segundos.

V : Velocidad del vehículo que adelante, en km/h.

a : Promedio de aceleración que el vehiculo necesita para iniciar el adelantamiento, en km/h.

m : Diferencia de velocidades entre el vehiculo que adelanta y el que es adelantado, igual a 15 km/h en todos los casos.

El valor de las anteriores variables se indica en la **Tabla 205.02** expresado para rangos de velocidades de 50-65, 66-80, 81-95 y 96-110 km/h. En la misma **Tabla 205.02** se presentan los ejemplos de cálculo para ilustrar el procedimiento.

$$D_2 = 0{,}278\ V\ t_2$$

Donde:

V : Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h.

t_2 : Tiempo empleado por el vehículo en realizar la maniobra para volver a su carril en segundos.

El valor de t_2 se indica en la **Tabla 205.02**

$$D_3 = \text{Distancia variable entre 30 y 90 m}$$

El valor de esta distancia de seguridad (D_3) para cada rango de velocidades se indica en la **Tabla 205.02**

$$D_4 = \frac{2}{3} D_2$$

Tabla 205.02
Elementos que conforman la distancia de adelantamiento y ejemplos de cálculo

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO	RANGO DE VELOCIDAD ESPECIFICA DE EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTUA LA MANIOBRA (km/h)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	VELOCIDAD DEL VEHICULO QUE ADELANTA, V(km/h)			
	56.2[1]	70[1]	84.5[1]	99.8[1]
Maniobra inicial:				
a: Promedio de aceleración (Km/h/s)	2.25	2.3	2.37	2.41
t_1: Tiempo (s)	3.6	4	4.3	4.5
d_1: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	45	66	89	113
Ocupación del carril contrario:				
t_2: Tiempo (s)	9.3	10	10.7	11.3
d_2: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	145	195	251	314
Distancia de seguridad:				
d_3: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	30	55	75	90
Vehículos en sentido opuesto:				
d_4: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	97	130	168	209
$D_a = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$	317	446	583	726

[1] Valores típicos para efectos del ejemplo de cálculo de las distancias d_1, d_2, d_3, d_4 y Da.

En la **Tabla 205.03** se presentan los valores mínimos recomendados para la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, calculados con los anteriores criterios para carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación.

Tabla 205.03

Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA ENTRETANGENCIA HORIZONTAL EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_A (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Se debe procurar obtener la máxima longitud posible en que la visibilidad de paso o adelantamiento sea superior a la mínima de la tabla anterior. Por tanto, como norma de diseño, se debe proyectar, para carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación, tramos con distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, de manera que en tramos de cinco kilómetros, se tengan varios subtramos de distancia mayor a la mínima especificada, de acuerdo a la velocidad del elemento en que se aplica.

De lo expuesto se deduce que la visibilidad de paso o adelantamiento se requiere sólo en carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación.

Para ordenar la circulación en relación con la maniobra de paso o adelantamiento, se pueden definir:

- Una zona de preaviso, dentro de la que no se debe iniciar un adelantamiento, pero sí, se puede completar uno iniciado con anterioridad.
- Una zona de prohibición propiamente dicha, dentro de lo que no se puede invadir el carril contrario.

En carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación, debido a su repercusión en el nivel de servicio y, sobre todo, en la seguridad de la circulación, se debe tratar de disponer de las máximas longitudes con posibilidad de adelantamiento de vehículos más lentos, siempre que la

intensidad de la circulación en el sentido opuesto lo permita. Dichas longitudes quedan definidas en la **Tabla 205.04** de este Manual.

Tanto los tramos en los que se pueda adelantar como aquéllos en los que no se pueda deberán ser claramente señalizados.

Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1,30 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1,07 m.

Tabla 205.04

Máximas longitudes sin visibilidad de paso o adelantamiento en sectores conflictivos

Categoría de vía	Longitud
Autopistas de primera y segunda	1.500 m
Carretera de Primera clase	2.000 m
Carretera de Segunda clase	2.500 m

Las distintas normativas existentes no introducen correcciones a la distancia de adelantamiento por efecto de la pendiente, sin embargo, la capacidad de aceleración es menor que en terreno llano y por ello resulta conveniente considerar un margen de seguridad para pendientes mayores del 6,0%, según se señala a continuación.

En pendientes mayores del 6,0% usar distancia de visibilidad de adelantamiento correspondiente a una velocidad de diseño de 10 km/h superior a la del camino en estudio.

Si la velocidad de diseño es 100 km/h, considerar en estos casos una distancia de visibilidad de adelantamiento ≥650 m.

Es decir, se adopta para esas situaciones, como valor mínimo de distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, el correspondiente a una velocidad de diseño de 10 km/h superior a la del camino en estudio. Si en la zona que se analiza, no se dan las condiciones para adelantar requeridas por la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento corregida por pendiente, el proyectista considerará la posibilidad de reducir las características del elemento vertical que limita el paso o adelantamiento, a fin de hacer evidente que no se dispone de visibilidad para esta maniobra, quedando ello señalizado. En todo caso, dicho elemento vertical siempre deberá asegurar la distancia de visibilidad de parada.

Los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, deberán distribuirse lo más homogéneamente posible a lo largo del trazado. En un tramo de carretera de longitud superior a 5 km, emplazado en una topografía dada, se procurará que los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, respecto del largo total del tramo, se mantengan dentro de los porcentajes que se indican.

Tabla 205.05

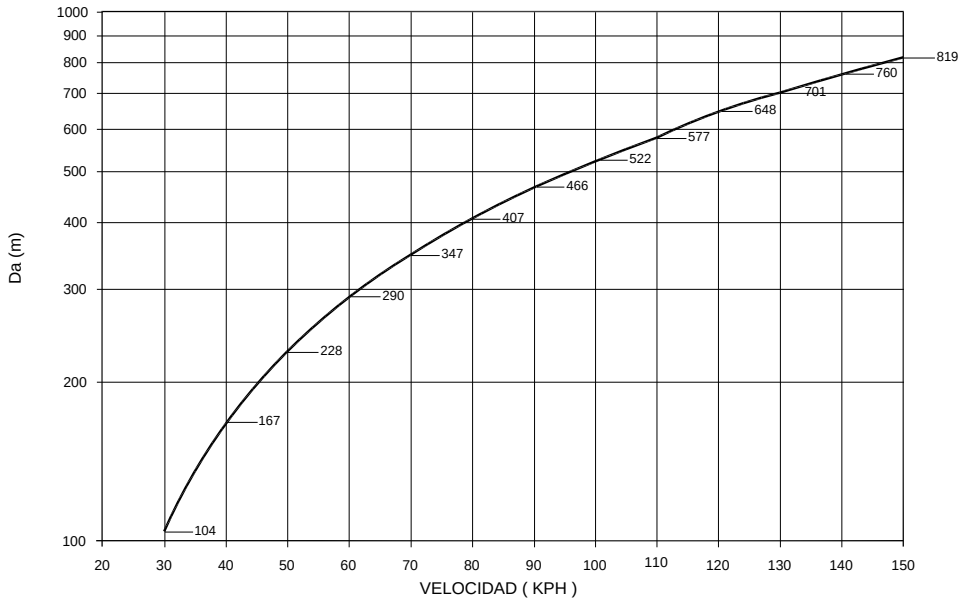
Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar

Condiciones orográficas	% mínimo	% deseable
Terreno plano Tipo 1	50	> 70
Terreno ondulado Tipo 2	33	> 50
Terreno accidentado Tipo 3	25	> 35
Terreno escarpado Tipo 4	15	> 25

La distancia de visibilidad de paso también podrá determinarse de la ***Figura 205.03***

Figura 205.03

Distancia de visibilidad de paso (Da)



V (kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Da (m)	110	170	230	290	350	410	470	530	580	650	700	760	820

205.04 Distancia de visibilidad de cruce

La presencia de intersecciones a nivel, hace que potencialmente se puedan presentar una diversidad de conflictos entre los vehículos que circulan por una y otra vía. La posibilidad de que estos conflictos ocurran, puede ser reducida mediante la provisión apropiada de distancias de visibilidad de cruce y de dispositivos de control acordes.

El conductor de un vehículo que se aproxima por la vía principal a una intersección a nivel, debe tener visibilidad, libre de obstrucciones, de la intersección y de un tramo de la vía secundaria de suficiente longitud que le

permita reaccionar y efectuar las maniobras necesarias para evitar una colisión.

La distancia mínima de visibilidad de cruce considerada como segura, bajo ciertos supuestos sobre las condiciones físicas de la intersección y del comportamiento del conductor, está relacionada con la velocidad de los vehículos y las distancias recorridas durante el tiempo percepción - reacción y el correspondiente de frenado.

Por lo antes indicado, en las intersecciones a nivel deberá existir visibilidad continua a lo largo de las vías que se cruzan, incluyendo sus esquinas, que le permita a los conductores que simultáneamente se aproximan, verse mutuamente con anticipación y así evitar colisiones. Ante una situación de éstas, el conductor que circula por la vía secundaria deberá tener la posibilidad de disminuir la velocidad y parar en la intersección con la vía principal.

Las relaciones entre el espacio, el tiempo y la velocidad, definen el triángulo de visibilidad requerido, libre de obstrucciones, o el establecimiento de las modificaciones necesarias en la velocidad de aproximación a los accesos cuando se usa un triángulo de visibilidad de dimensiones menores a la requerida. El triángulo de visibilidad en la aproximación a los accesos de una intersección se muestra en la **Figura 205.04.** Por tanto, cualquier objeto ubicado dentro del triángulo de visibilidad, lo suficientemente alto, que se constituya en una obstrucción a la visibilidad lateral, deberá ser removido.

Por otra parte, después de que un vehículo se ha detenido en el acceso de una intersección por la presencia de una señal de "PARE", su conductor deberá tener la suficiente distancia de visibilidad para realizar una maniobra segura a través del área de la intersección, ya sea para cruzar de frente la vía principal o para girar a la derecha o izquierda.

Simultáneamente se deberá proveer la suficiente distancia de visibilidad a los conductores que viajan sobre la vía principal, la cual deberá ser al menos igual a la distancia que recorre el vehículo sobre la vía principal durante el tiempo que le toma al vehículo de la vía secundaria realizar su maniobra de cruce o giro.

La **Figura 205.04.** Muestra el triángulo de visibilidad requerido bajo esta condición.

La distancia de visibilidad para una maniobra de cruce de la vía principal por un vehículo detenido en la vía secundaria, está basada en el tiempo que le toma a este vehículo en transponer la intersección, y la distancia que recorre un vehículo sobre la vía principal a la velocidad de diseño durante el mismo tiempo.

La distancia mínima de visibilidad de cruce necesaria a lo largo de la vía principal se debe calcular mediante la siguiente fórmula:

$$d = 0{,}278\ V_e\ (t_1 + t_2)$$

Donde:

d : Distancia mínima de visibilidad lateral requerida a lo largo de la vía principal, medida desde la intersección, en metros. Corresponde a las distancias d1 y d2 de la **Figura 205.04**

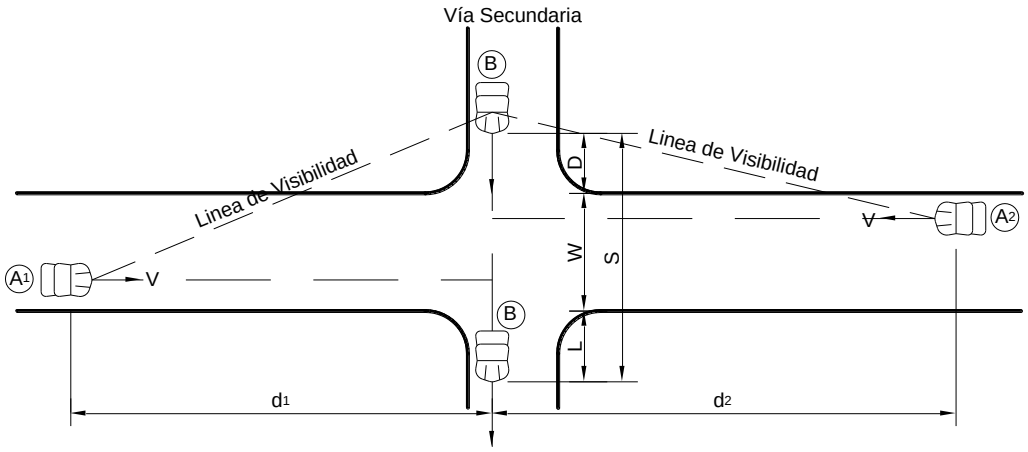
V_e : Velocidad Específica de la vía principal, en km/h. Corresponde a la Velocidad específica del elemento de la vía principal inmediatamente antes del sitio de cruce.

t_1 : Tiempo de percepción – reacción del conductor que cruza, adoptado en dos y medio segundos (2.5 s).

t_2 : Tiempo requerido para acelerar y recorrer la distancia S, cruzando la vía principal, en segundos.

Figura 205.04

Distancia de visibilidad en intersecciones. Triangulo mínimo de visibilidad



En el tiempo t1 está incluido aquel necesario para que el conductor de un vehículo detenido por el "PARE" sobre la vía secundaria vea en ambas direcciones sobre la vía principal y deduzca si dispone del intervalo suficiente para cruzarla con seguridad.

El tiempo t2 necesario para recorrer la distancia S depende de la aceleración de cada vehículo. La distancia S se calcula como la suma de:

$$S = D + W + L$$

Donde:

D : Distancia entre el vehículo parado y la orilla de la vía principal, adoptada como tres metros (3,0 m).

W : Ancho de la vía principal, en metros.

L : Longitud total del vehículo, en metros.

Por tanto, el valor de t2, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2(D + W + L)}{9{,}8\ a}}$$

Donde:

D : Tres metros (3.0 m).

W : Ancho de la vía principal, en metros.

L : Depende del tipo de vehículo, así:
- 20,50 m para vehículos articulados (tracto camión con semirremolque).
- 12,30 m para camión de dos ejes
- 5,80 m para vehículos livianos

a : Aceleración del vehículo que realiza la maniobra de cruce, en m/s2.
- 0,055 para vehículos articulados.
- 0,075 para camiones de dos ejes (2).
- 0,150 para vehículos livianos.

En la **Tabla 205.06** se presentan las distancias mínimas de visibilidad, requeridas para cruzar con seguridad la intersección en ángulo recto de una vía principal de 7,20 metros de ancho de superficie de rodadura, partiendo desde la posición de reposo en la vía secundaria ante una señal de "PARE", para diferentes tipos de vehículos.

Tabla 205.06

Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una vía con ancho 7,20 m, con dispositivo de control en la vía secundaria

VELOCIDAD ESPECIFICA EN LA VIA PRINCIPAL km/h	DISTANCIA A LO LARGO DE LA VÍA PRINCIPAL A PARTIR DE LA INTERSECCIÓN d_1, d_2		
	TIPO DE VEHÍCULO QUE REALIZA EL CRUCE		
	LIVIANO L = 5,80 m	CAMIÓN DE DOS EJES L = 12,30 m	TRACTO CAMIÓN DE TRES EJES CON SEMIREMOLQUE DE DOS EJES L = 20.50 m
40	80	112	147
50	100	141	184
60	120	169	221
70	140	197	158
80	160	225	259
90	180	253	332
100	200	281	369
110	219	316	403
120	239	344	440
130	259	373	475

SECCIÓN 206

Control de accesos

206.01 Generalidades

Se define por control de accesos a la acción por la cual se limita parcial o totalmente el ingreso a una carretera, a los ocupantes de las propiedades adyacentes o de las personas en tránsito.

Las principales ventajas del control de accesos, es la preservación del nivel del servicio proyectado y la seguridad vial.

La principal diferencia operacional o funcional, entre una calle o carretera con control parcial de accesos, es el grado de interferencia con el tránsito directo por parte de otros vehículos o peatones que entran, salen o cruzan la carretera.

Con control de accesos, las entradas y las salidas están ubicadas en los puntos adecuados, para un mejor ordenamiento del tránsito y del uso del terreno adyacente, diseñándose para que los vehículos puedan entrar o salir de la vía con seguridad y generando una mínima interferencia con el tránsito directo.

206.02 Accesos directos

Cuando una autopista cruce un área urbana, la frecuencia media de cada acceso directo no deberá sobrepasar 1.000 m, pudiendo variar esta distancia entre 500 m y 1.500 m. En áreas rurales y suburbanas, el promedio de separación será de 2.500 m, pudiendo fluctuar entre 1.500 y 3.500 m.

En áreas rurales se deberán tener presente los siguientes criterios con respecto al control parcial de acceso:

- Cuando las propiedades tengan acceso a un camino existente, se diseñara para que el acceso a la carretera solo sea a través de las intersecciones construidas para tal objetivo.
- Si tras la construcción de una carretera quedan aisladas varias propiedades contiguas, se construirá una vía para darles conexión con otra vía existente.

206.03 Caminos laterales o de servicios

Un camino lateral es el que se construye adyacente a una carretera para servir los siguientes objetivos:

- Controlar el acceso a las vía construida, procurando así la seguridad vial y libertad deseada para el tránsito de paso.
- Proveer acceso a la propiedad colindante.

- Mantener la continuidad del sistema local de caminos o calles.
- Evitar recorridos largos, provocados por la construcción de la vía.

206.04 Control de acceso y nuevos trazados

Los alineamientos de las autopistas sobre nuevos trazados o caminos existentes, deben realizarse en lo posible, de modo que las propiedades divididas queden con acceso a la red de vías existentes.

La integración de las vías urbanas ubicadas en los lados adyacentes a la nueva autopista, debe efectuarse por medio de vías laterales que serán previstas en el diseño del proyecto.

206.05 Materialización del control de accesos

Se proyectará, implementará y mantendrá las instalaciones que sean necesarias para el control de accesos en una vía.

SECCIÓN 207

Instalaciones al lado de la carretera

207.01 Generalidades

La actividad que se desarrolla en una carretera da origen a la instalación de una serie de dispositivos y obras dentro del Derecho de Vía, las que deben proyectarse y ubicarse de modo que no afecten la normal operación y la seguridad vial. En carreteras con control de accesos, deberán considerarse las normas especificadas en la **Sección 206**.

El diseño de estas instalaciones, debe tener en consideración, la ubicación de los accesos, áreas de estacionamiento, edificaciones, abastecimiento de servicios públicos, áreas de mantenimiento y otros de la zona donde se desarrolla el proyecto; así como, los aspectos de seguridad vial.

Los tipos de instalaciones a lado de la carretera, más comunes son:

- Instalaciones telefónicas de emergencia.
- Estaciones de peaje y pesaje.
- Servicios de emergencia (grúa, ambulancia y otros).
- Puestos de control de la PNP, SUNAT, SENASA, ADUANA y otros.
- Estaciones gasolineras, restaurantes, hospedajes y otros servicios.
- Paraderos, puentes peatonales, lugares de descanso, miradores y otros.

207.02 Ubicación y frecuencia de las instalaciones

La autoridad competente responsable de otorgar las autorizaciones del uso del Derecho de Vía, determinará la ubicación y frecuencia de las instalaciones laterales, las cuales no deben afectar el buen funcionamiento y seguridad vial de la carretera.

207.03 Condiciones de uso del Derecho de Vía

Las prohibiciones y autorizaciones para la instalación de dispositivos y obras dentro del Derecho de Vía de las carreteras, se rigen por lo establecido en el artículo 37° del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial vigente, que entre otros, está referido a la prohibición de colocación de avisos publicitarios; así como, a las normas y requisitos para otorgar autorizaciones de uso del Derecho de Vía.

207.04 Conexión de las instalaciones laterales con la vía

Todas las instalaciones laterales que se realicen dentro o fuera del Derecho de Vía, estarán conectadas con la vía y deberán construirse de acuerdo a las

normas aplicables vigentes y deberán contar con la autorización de la autoridad competente. Según sea el caso, en las autopistas y carreteras de primera clase se incluirán carriles auxiliares de deceleración y aceleración, y demás elementos de diseño necesarios para una conexión segura.

En las conexiones, sólo se permitirá una vía de entrada y una de salida. En las autopistas no se permitirá el cruce del separador central de una calzada a otra.

207.05 Obstrucciones a la visibilidad

Las edificaciones, arborizaciones u otros elementos que formen parte de las instalaciones dentro o fuera del Derecho de Vía, no deberán obstruir o limitar la visibilidad de la carretera.

SECCIÓN 208

Facilidades para peatones

208.01 Generalidades

Están referidas a la ejecución de obras complementarias o reposición de las existentes e instalaciones auxiliares, necesarias en el desarrollo de un proyecto carretero, con la finalidad de facilitar el tránsito de los peatones con seguridad vial.

208.02 En zonas urbanas

De acuerdo a la categoría de la carretera materia de un proyecto, se preverán las obras o instalaciones auxiliares necesarias, tales como puentes peatonales, veredas, pasos peatonales a nivel, facilidades especiales para el uso de personas discapacitadas, y otros, las que se ejecutaran de acuerdo a las normas aplicables vigentes y serán debidamente señalizadas, acorde a las normas de seguridad vial.

208.03 En zonas rurales

De acuerdo a la categoría de la carretera materia de un proyecto, en las zonas rurales, se preverán las obras o instalaciones auxiliares necesarias, con la finalidad de facilitar el tránsito peatonal y el desarrollo de actividades en zonas laterales que generen concentración de personas, con seguridad vial. Estas obras pueden ser: puentes peatonales, paraderos, pasos peatonales a nivel, facilidades especiales para el uso de personas discapacitadas y otros.

SECCIÓN 209

Valores estéticos y ecológicos

209.01 Generalidades

En el diseño de una carretera se tendrá en cuenta, no sólo su incorporación al paisaje, sino también el aprovechamiento de las bellezas naturales, dichos valores estéticos y ecológicos deberán considerarse conjuntamente con la utilidad, economía, seguridad y demás factores del proyecto. Por tanto, el alineamiento, el perfil y la sección transversal deben guardar armonía con las condiciones del medio, evitando así un quiebre de los factores ecológicos.

209.02 Consideraciones generales

Para lograr los efectos deseados, deberá tenerse en consideración, entre otros aspectos, los que se enumeran a continuación:

- El trazado de la carretera deberá ser tal que el proyecto en ejecución, proteja el medio ambiente y destaquen las bellezas naturales existentes.
- En lo posible, el trazado y el perfil de la carretera deberán acomodarse a las características del terreno, con la finalidad de disminuir el movimiento de tierras.
- Es esencial evitar la destrucción de la vegetación en general.
- Ante la situación de grandes cortes y terraplenes, deberá tenerse presente la posibilidad de diseñar viaductos, túneles o muros.
- Las estructuras deberán ser ubicadas y diseñadas para que, además de prestar su servicio, ofrezcan la mejor estética posible.
- Los taludes, cada vez que sea posible y conveniente, deberán alabearse y tenderse como una manera de disimular las líneas de construcción y permitir el arraigo de la vegetación, de acuerdo a la sección transversal encontrada.
- Las áreas de intersección, deberán proyectarse de tal manera que sus formas se adapten a los contornos naturales.

CAPITULO III

DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA, PERFIL Y SECCIÓN TRANSVERSAL

SECCIÓN 301

Generalidades

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Lo antes indicado, se logra haciendo que el proyecto sea gobernado por un adecuado valor de velocidad de diseño; y, sobre todo, estableciendo relaciones cómodas entre este valor, la curvatura y el peralte. Se puede considerar entonces que el diseño geométrico propiamente dicho, se inicia cuando se define, dentro de criterios técnico – económicos, la velocidad de diseño para cada tramo homogéneo en estudio.

Existe en consecuencia una interdependencia entre la geometría de la carretera y el movimiento de los vehículos (dinámica del desplazamiento), y entre dicha geometría y la visibilidad y capacidad de reacción que el conductor tiene al operar un vehículo. Dicho de otra manera, no basta que el movimiento de los vehículos sea dinámicamente posible en condiciones de estabilidad, sino asegurar que el usuario en todos los puntos de la vía, tenga suficiente tiempo para adecuar su conducción a la geometría de ésta y a las eventualidades que puedan presentarse.

En ese contexto, las presentes normas establecen por lo general valores mínimos, es decir, las menores exigencias de diseño. Deberán usarse las mejores características geométricas dentro de los límites razonables de economía, haciendo lo posible por superar los valores mínimos indicados, utilizándolos sólo cuando el mayor costo de mejores características sea injustificado o prohibitivo.

Valores mínimos o máximos deseables pueden considerarse aquellos que corresponden a una velocidad de 10 km/h superior a la velocidad de diseño adoptada para la carretera que se esté proyectando.

Así mismo, las presentes normas no serán consideradas inflexibles y podrá hacerse excepciones, diseñando proyectos con características geométricas por debajo de las especificadas, con la condición de obtener previamente la autorización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En los tramos de carreteras que atraviesan zonas urbanas, también puede haber excepciones a la norma, debido a las restricciones de velocidad, condiciones de las rasantes de las calles en las intersecciones, ubicación de las tapas de buzones de las obras de saneamiento y otros.

SECCIÓN 302

Diseño geométrico en planta

302.01 Generalidades

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

En proyectos de carreteras de calzadas separadas, se considerará la posibilidad de trazar las calzadas a distinto nivel o con ejes diferentes, adecuándose a las características del terreno.

La definición del trazado en planta se referirá a un eje, que define un punto en cada sección transversal. En general, salvo en casos suficientemente justificados, se adoptará para la definición del eje:

En autopistas

- El centro del separador central, si este fuera de ancho constante o con variación de ancho aproximadamente simétrico.
- El borde interior de la vía a proyectar en el caso de duplicaciones.
- El borde interior de cada vía en cualquier otro caso.

En carreteras de vía única

- El centro de la superficie de rodadura.

302.02 Consideraciones de diseño

Algunos aspectos a considerar en el diseño en planta:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.

- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazado deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas.

- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5º, los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

$$L > 30\ (10 - \Delta),\ \Delta < 5^{o}$$

(L en metros; Δ en grados)

No se usará nunca ángulos de deflexión menores de 59' (minutos).

La longitud mínima de curva (L) será:

Carretera red nacional	L (m)
Autopista de primer y segunda clase	6 V
Primera , segunda y tercera clase	3 V

V = Velocidad de diseño (km/h)

- En carreteras de tercera clase no será necesario disponer curva horizontal cuando la deflexión máxima no supere los valores del siguiente cuadro:

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2º 30´
40	2º 15´
50	1º 50´
60	1º 30´
70	1º 20´
80	1º 10´

En estas carreteras de tercera clase y para evitar la apariencia de alineamiento quebrado o irregular, es deseable que, para ángulos de deflexión mayores a los indicados en el cuadro anterior, la longitud de la curva sea por lo menos de 150 m. Si la velocidad de diseño es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5º, se considera como longitud de curva mínima deseada la longitud obtenida con la siguiente formula L = 3V (L = longitud de curva en metros y V = velocidad en km/h). Es preferible no diseñar longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

- Al final de las tangentes extensas o tramos con leves curvaturas, o incluso donde siga inmediatamente un tramo homogéneo con velocidad de diseño inferior, las curvas horizontales que se introduzcan deberán concordar con la precedente, proporcionando una sucesión de curvas con radios gradualmente decrecientes para orientar al conductor. En estos casos, siempre deberá considerarse el establecimiento de señales adecuadas.

- No son deseables dos curvas sucesivas en el mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo en tangente. Será preferible sustituir por una curva extensa única o, por lo menos, la tangente intermedia por un arco circular, constituyéndose entonces en curva compuesta. Sí no es posible adoptar estas medidas, la tangente intermedia deberá ser superior a 500 m. En el caso de carreteras de tercera clase la tangente podrá ser inferior o bien sustituida por una espiral o una transición en espiral dotada de peralte.
- Las curvas sucesivas en sentidos opuestos, dotadas de curvas de transición, deberán tener sus extremos coincidentes o separados por cortas extensiones en tangente.

  En el caso de curvas opuestas sin espiral, la extensión mínima de la tangente intermedia deberá permitir la transición del peralte.
- En consecuencia, deberá buscarse un trazo en planta homogéneo, en el cual tangentes y curvas se sucedan armónicamente.
- No se utilizarán desarrollos en Autopistas y se tratara de evitar estos en carreteras de Primera clase. Las ramas de los desarrollos tendrán la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible, evitando en lo posible, la superposición de ellas sobre la misma ladera.

302.03 Tramos en tangente

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, serán las indicadas en la **Tabla 302.01**.

Tabla 302.01

Longitudes de tramos en tangente

V (km/h)	L min.s (m)	L min.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Donde:

$L_{min.s}$: Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{min.o}$: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

$L_{máx}$: Longitud máxima deseable (m).

V : Velocidad de diseño (km/h)

Las longitudes de tramos en tangente presentada en la **Tabla 302.01**, están calculadas con las siguientes formulas:

$$L_{min.s} : 1{,}39\ V$$

$$L_{min.o} : 2{,}78\ V$$

$$L_{máx} : 16{,}70\ V$$

302.04 Curvas circulares

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

302.04.01 Elementos de la curva circular

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

P.C. : Punto de inicio de la curva

P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T. : Punto de tangencia

E : Distancia a externa (m)

M : Distancia de la ordenada media (m)

R : Longitud del radio de la curva (m)

T : Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)

L : Longitud de la curva (m)

L.C : Longitud de la cuerda (m)

Δ : Angulo de deflexión (º)

p : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

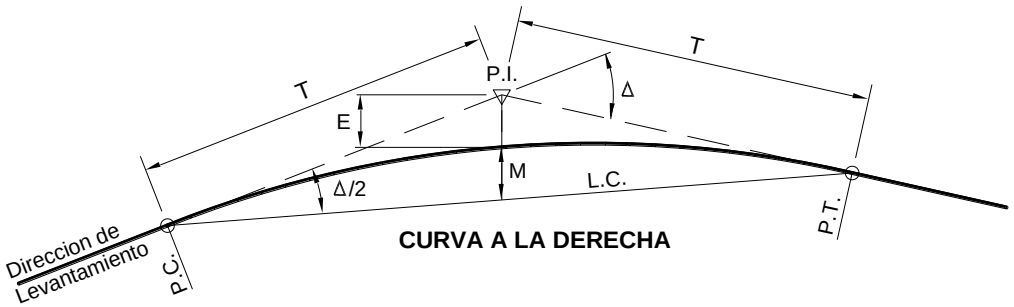
Sa : Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

Nota: Las medidas angulares se expresan en grados sexagesimales.

En la **Figura 302.01** se ilustran los indicados elementos y nomenclatura de la curva horizontal circular.

Figura 302.01

Simbología de la curva circular



P.C. = Punto de Inicio de la Curva
P.I. = Punto de Intersección
P.T. = Punto de Tangencia
E = Distancia a Externa (m.)
M = Distancia de la Ordenada Media (m.)
R = Longitud del Radio de la Curva (m.)
T = Longitud de la Subtangente (P.C. a P.I. a P.T.) (m.)
L = Longitud de la Curva (m.)
L.C. = Longitud de la Cuerda (m.)
Δ = Angulo de Deflexión

$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$

$L.C. = 2\ R\ sen \frac{\Delta}{2}$

$L = 2\pi R \frac{\Delta}{360}$

$M = R[1-\cos(\Delta/2)]$

$E = R[\sec(\Delta/2)-1]$

302.04.02 Radios mínimos

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo calculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$Rm = \frac{V^2}{127\ (Pmáx + fmáx.)}$$

Donde:

Rm : Radio Mínimo

V : Velocidad de diseño

Pmáx : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

$f$máx : Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

El resultado de la aplicación de la indicada formula se aprecia en la **Tabla 302.02**.

Tabla 302.02

Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	Þ máx (%)	ƒ máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4,00	0,17	33,7	35
	40	4,00	0,17	60,0	60
	50	4,00	0,16	98,4	100
	60	4,00	0,15	149,2	150
	70	4,00	0,14	214,3	215
	80	4,00	0,14	280,0	280
	90	4,00	0,13	375,2	375
	100	4,00	0,12	835,2	495
	110	4,00	0,11	1.108,9	635
	120	4,00	0,19	872,2	875
	130	4,00	0,08	1.108,9	1.110
Área rural (con peligro de hielo)	30	6,00	0,17	30,8	30
	40	6,00	0,17	54,8	55
	50	6,00	0,16	89,5	90
	60	6,00	0,15	135,0	135
	70	6,00	0,14	192,9	195
	80	6,00	0,14	252,9	255
	90	6,00	0,13	437,4	335
	100	6,00	0,12	560,4	440
	110	6,00	0,11	755,9	560
	120	6,00	0,09	950,5	755
	130	6,00	0,08	1.187,2	950

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	Þ máx (%)	ƒ máx	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (plano u ondulado)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	8,00	0,17	50,4	55
	50	8,00	0,16	82,0	90
	60	8,00	0,15	123,2	135
	70	8,00	0,14	175,4	195
	80	8,00	0,14	229,1	255
	90	8,00	0,13	303,7	335
	100	8,00	0,12	393,7	440
	110	8,00	0,11	501,5	560
	120	8,00	0,09	667,0	755
	130	8,00	0,08	831,7	950
Área rural (accidentado o escarpado)	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	12,00	0,17	43,4	45
	50	12,00	0,16	70,3	70
	60	12,00	0,15	105,0	105
	70	12,00	0,14	148,4	150
	80	12,00	0,14	193,8	195
	90	12,00	0,13	255,1	255
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540
	130	12,00	0,08	665,4	665

En general en el trazo en planta de un tramo homogéneo, para una velocidad de diseño, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo; se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones críticas.

302.04.03 Relación del peralte, radio y velocidad específica de diseño

Las **Figuras 302.02, 302.03, 302.04** y **302.05**, permiten obtener el peralte y el radio, para una curva que se desea proyectar, con una velocidad específica de diseño.

Figura 302.02

Peralte en cruce de áreas urbanas

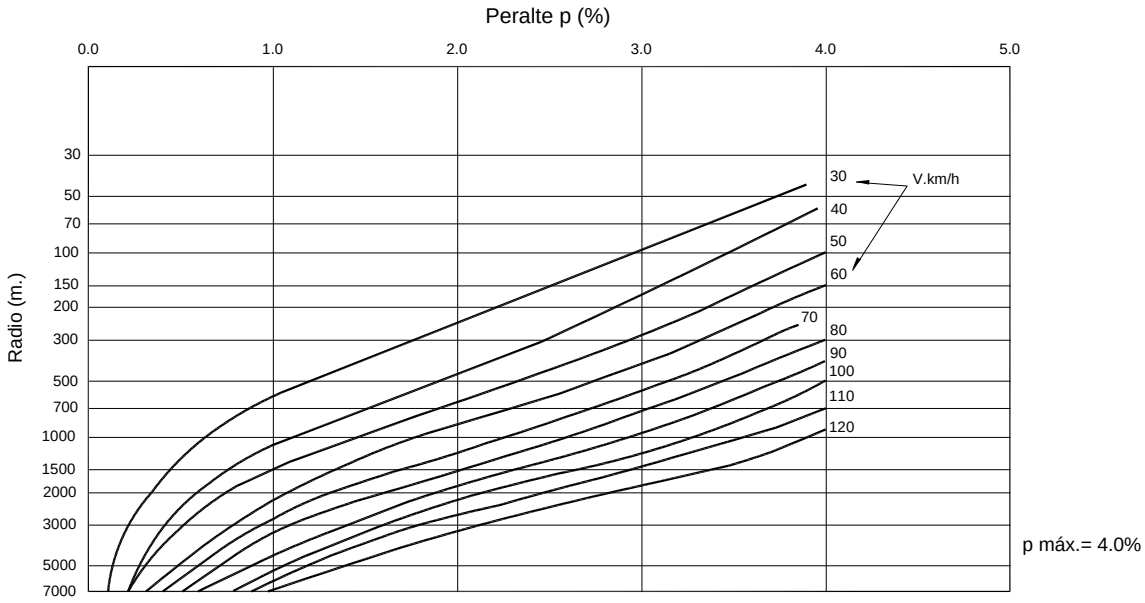


Figura 302.03

Peralte en zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)

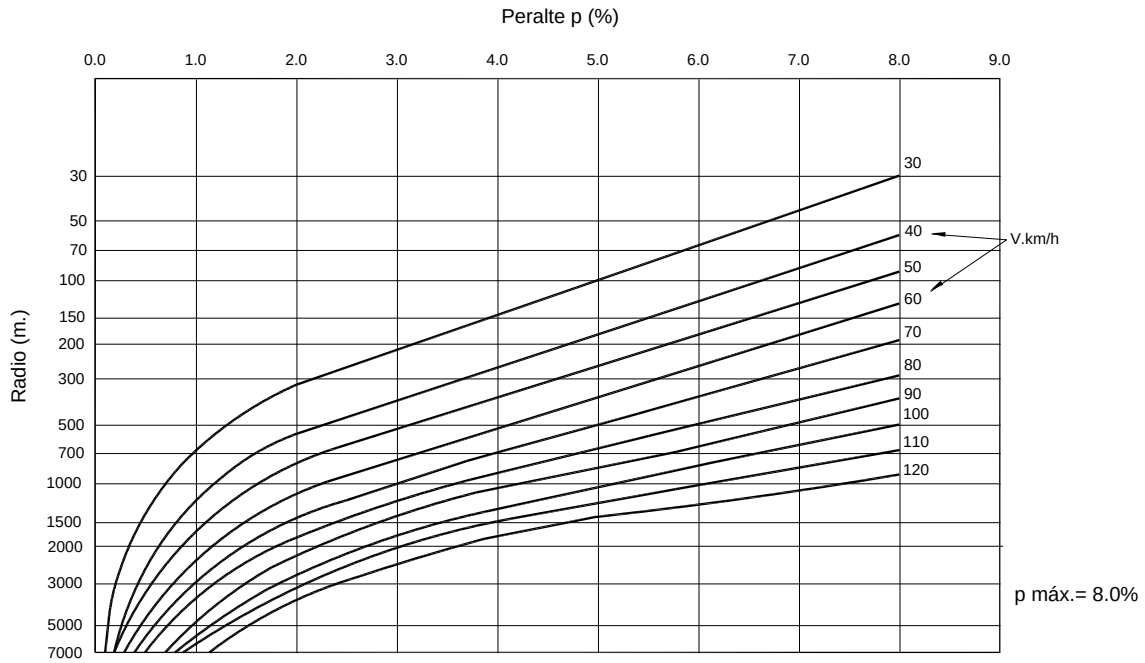


Figura 302.04
Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4)

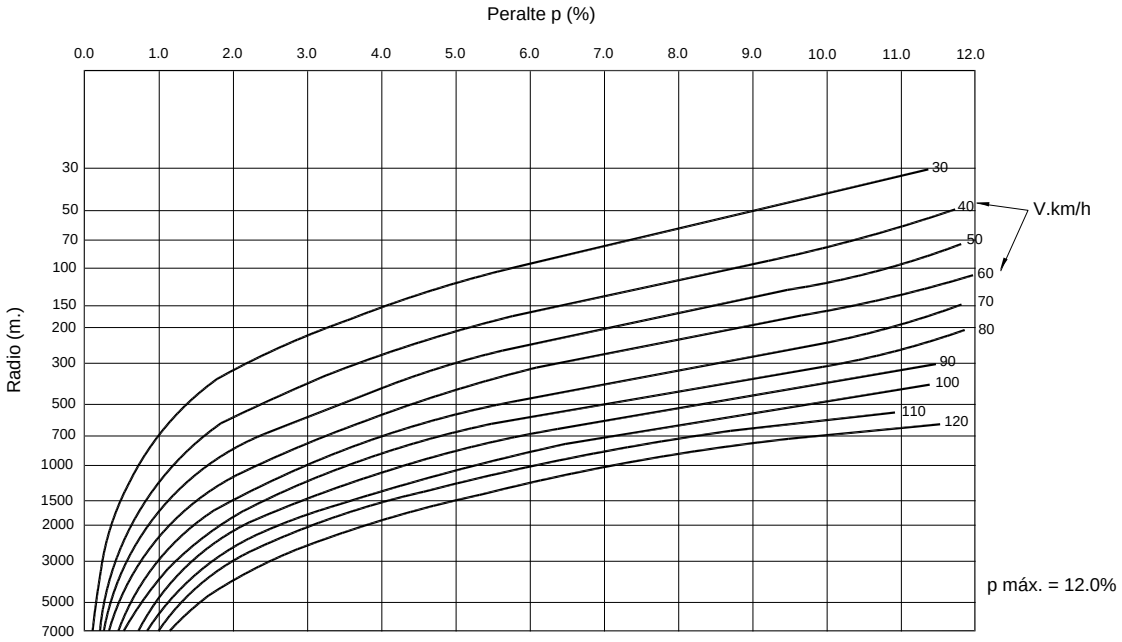
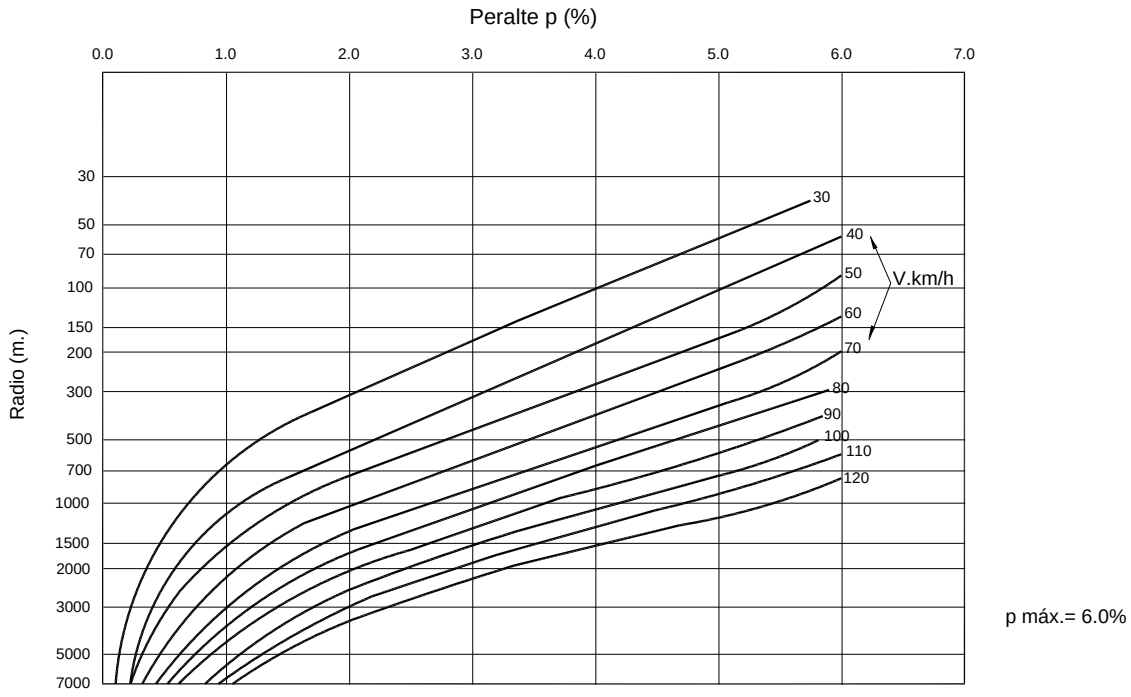


Figura 302.05
Peralte en zonas con peligro de hielo



Para el caso de carreteras de Tercera Clase, aplicando la fórmula que a continuación se indica, se obtienen los valores precisados en las **Tablas 302.03** y **302.04**.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127\,(0.01\,e_{max} + f_{max})}$$

Donde:

R_{min} : mínimo radio de curvatura.
e_{max} : valor máximo del peralte.
f_{max} : factor máximo de fricción.
V : velocidad específica de diseño

Tabla 302.03

Fricción transversal máxima en curvas

Velocidad de diseño Km/h	$f_{máx}$
20	0,18
30	0,17
40	0,17
50	0,16
60	0,15

Tabla 302.04

Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peraltes máximos y valores límites de fricción.

Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{máx.}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4,0	0,18	14,3	15
30	4,0	0,17	33,7	35
40	4,0	0,17	60,0	60
50	4,0	0,16	98,4	100
60	4,0	0,15	149,1	150
20	6,0	0,18	13,1	15
30	6,0	0,17	30,8	30
40	6,0	0,17	54,7	55
50	6,0	0,16	89,4	90
60	6,0	0,15	134,9	135
20	8,0	0,18	12.1,	10
30	8,0	0,17	28.3	30
40	8,0	0,17	50,4	50
50	8,0	0,16	82,0	80
60	8,0	0,15	123,2	125
20	10,0	0,18	11,2	10
30	10,0	0,17	26,2	25
40	10,0	0,17	46,6	45
50	10,0	0,16	75,7	75
60	10,0	0,15	113,3	115
20	12,0	0,18	10,5	10
30	12,0	0,17	24,4	25
40	12,0	0,17	43,4	45
50	12,0	0,16	70,3	70
60	12,0	0,15	104,9	105

302.04.04 Curvas en contraperalte

Sobre ciertos valores del radio, es posible mantener el bombeo normal de la vía, resultando una curva que presenta, en uno o en todos sus carriles, un contraperalte en relación al sentido de giro de la curva. Puede resultar conveniente adoptar esta solución cuando el radio de la curva es igual o mayor que el indicado en la **Tabla 302.05**, en alguna de las siguientes situaciones:

- La pendiente longitudinal es muy baja y la transición de peralte agudizará el problema de drenaje de la vía.
- Se desea evitar el escurrimiento de agua hacia el separador central.

- En zonas de transición donde existen ramales de salida o entrada asociados a una curva amplia de la carretera, se evita el quiebre de la arista común entre ellas.

El criterio empleado para establecer los radios límites que permiten el uso del contraperalte se basa en:

- Bombeo considerado = -2,5%
- Coeficiente de fricción lateral aceptable $f = f\text{máx}/2$

Por lo tanto:

$$\text{R límite contraperalte} = \frac{V^2}{127\left(\frac{f\text{máx}}{2} - 0.025\right)}$$

Para velocidades menores a 80 km/h, el radio mínimo con contraperalte se elevó sustancialmente en prevención de velocidades de operación muy superiores a las de diseño. Para las demás velocidades esta eventualidad está ampliamente cubierta por el factor de seguridad aplicado al factor "$f$máx".

Tabla 302.05

Radio límites en contraperalte vías pavimentadas

Velocidad (km/h)	60	70	80	90	100	110	120	130
(f máx/2-0,0250)	0,05	0,05	0,045	0,04	0,04	0,035	0,03	0.25
RL Calculado	567	772	1.120	1.560	1.970	2.722	3.780	5.322
RL Adoptado	1.000	1.000	1.200	1.600	2.000	2.800	4.000	5.500

En sectores singulares del trazado, tales como transiciones de dos vías a una vía, o bien, donde se deba modificar el ancho de la mediana para crear carriles auxiliares de tránsito rápido, situaciones que deberán señalizarse con la debida anticipación y con indicación de la velocidad máxima aceptable, se podrán diseñar curvas en contraperalte, pero en ese caso se respetarán los radios iguales o mayores que los especificados en la **Tabla 302.06**.

Tabla 302.06

Vs	Radio mínimo en contraperalte	
Km/h	P = -2.0%	P = -2.5%
60	550	600
70	750	800
80	1100	1200
90	1500	1600
100	1900	2100
110	2600	3000
120	3500	4100
130	4700	5300

Vs = V señalizada, con Vs mínima = V – 10 km/h

En caminos de velocidad de diseño inferior a 60 km/h o cuya vía no cuente con pavimento, no se usarán contraperaltes.

302.04.05 Coordinación entre curvas circulares

Para todo tipo de carretera, cuando se enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia, así como mediante tangente de longitud menor o igual a 200 m, la relación de radios de las curvas circulares no sobrepasará los valores obtenidos a partir de las **Figuras 302.06** y **302.07**, para los siguientes grupos:

- Grupo 1: Autopistas y carreteras de Primera Clase.
- Grupo 2: Carreteras de Segunda y Tercera Clase.

Figura 302.06

Relación de radios - Grupo 1

Relación entre radios que enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia
asi como mediante tangente de longitud menor o igual que 200 m para carreteras del grupo 1

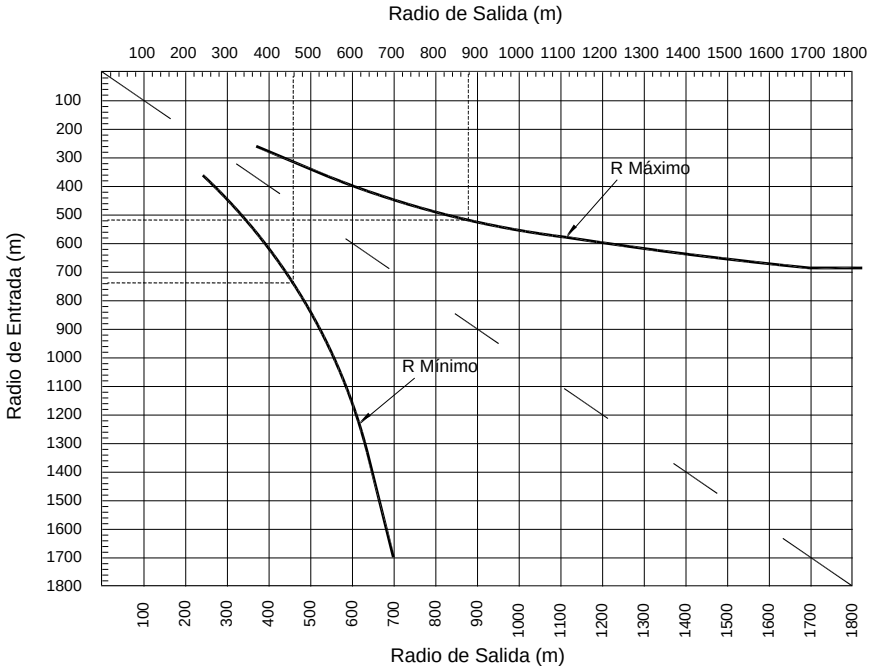
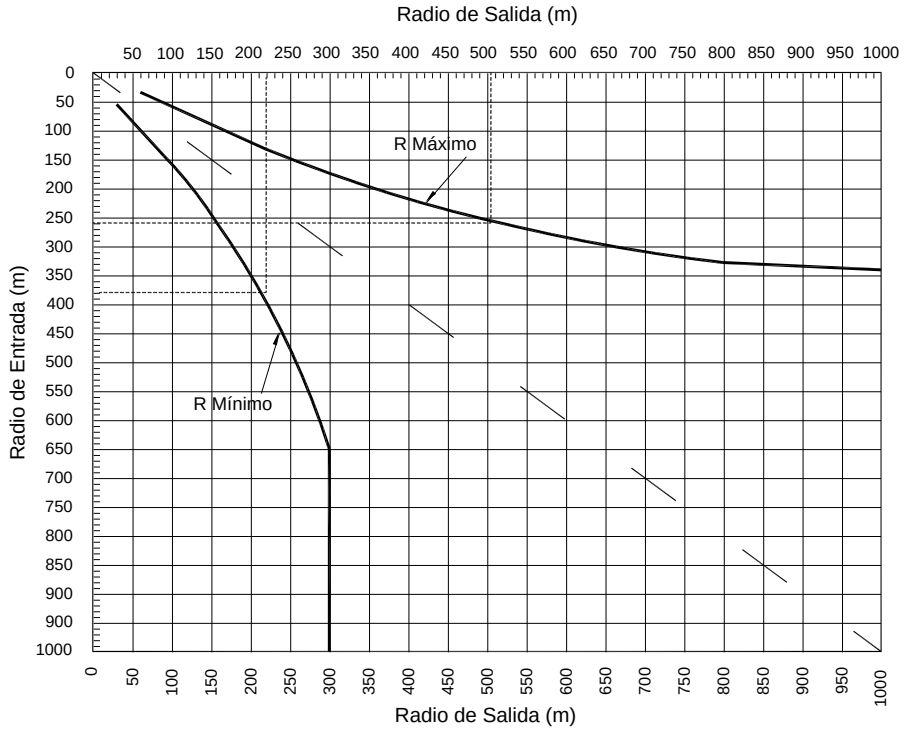


Figura 302.07

Relación de radios - Grupo 2

Relación entre radios que enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia
asi como mediante tangente de longitud menor o igual que 200 m. para carreteras del grupo 2



La relación entre radios consecutivos correspondientes a las figuras que anteceden, se aprecian en las **Tablas 302.07** y **302.08**:

Tabla 302.07

Relación entre radios consecutivos – grupo 1

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
250	375	250	820	> 1720	495
260	390	250	840	> 1720	503
270	405	250	880	> 1720	510
280	420	250	880	> 1720	517
290	435	250	900	> 1720	524
300	450	250	920	> 1720	531
310	466	250	940	> 1720	537
320	481	250	960	> 1720	544
330	497	250	980	> 1720	550
340	513	250	1000	> 1720	558
350	529	250	1020	> 1720	561
360	545	250	1040	> 1720	567
370	562	250	1060	> 1720	572
380	579	253	1080	> 1720	578
390	596	260	1100	> 1720	583
400	614	267	1120	> 1720	588
410	633	273	1140	> 1720	593
420	652	280	1160	> 1720	598
430	671	287	1180	> 1720	602
440	692	293	1200	> 1720	607
450	713	300	1220	> 1720	611
460	735	306	1240	> 1720	616
470	758	313	1260	> 1720	620
480	781	319	1280	> 1720	624
490	806	326	1300	> 1720	628
500	832	332	1320	> 1720	632
510	859	338	1340	> 1720	636
520	887	345	1360	> 1720	640

Tabla 302.07

Relación entre radios consecutivos – grupo 1

(Continuación)

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
530	917	351	1380	> 1720	644
540	948	357	1400	> 1720	648
550	981	363	1420	> 1720	651
560	1015	369	1440	> 1720	655
570	1051	375	1460	> 1720	659
580	1089	381	1480	> 1720	662
590	1128	386	1500	> 1720	666
600	1170	392	1520	> 1720	669
610	1214	398	1540	> 1720	672
620	1260	403	1560	> 1720	676
640	1359	414	1580	> 1720	679
660	1468	424	1600	> 1720	682
680	1588	434	1620	> 1720	685
700	1720	444	1640	> 1720	688
720	> 1720	453	1660	> 1720	691
740	> 1720	462	1680	> 1720	694
760	> 1720	471	1700	> 1720	697
780	> 1720	479	1720	> 1720	700
800	> 1720	488		> 1720	

Tabla 302.08

Relación entre radios consecutivos – grupo 2

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
40	60	50	360	> 670	212
50	75	50	370	> 670	216
60	90	50	380	> 670	220
70	105	50	390	> 670	223
80	120	53	400	> 670	227
90	135	60	410	> 670	231
100	151	67	420	> 670	234
110	166	73	430	> 670	238
120	182	80	440	> 670	241
130	198	87	450	> 670	244
140	215	93	460	> 670	247
150	232	100	470	> 670	250
160	250	106	480	> 670	253
170	269	112	490	> 670	256
180	289	119	500	> 670	259
190	309	125	510	> 670	262
200	332	131	520	> 670	265
210	355	137	530	> 670	267
220	381	143	540	> 670	270
230	408	149	550	> 670	273
240	437	154	560	> 670	275
250	469	160	570	> 670	278
260	503	165	580	> 670	280
270	540	171	590	> 670	282
280	580	176	600	> 670	285
290	623	181	610	> 670	287
300	670	186	620	> 670	289
310	> 670	190	640	> 670	294
320	> 670	195	660	> 670	298
330	> 670	199	680	> 670	302
340	> 670	204	700	> 670	306
350	> 670	208		> 670	

En autopistas, cuando se enlacen curvas circulares consecutivas con una recta intermedia de longitud superior a cuatrocientos metros (400 m), el radio de la curva circular de salida, en el sentido de la marcha, será igual o mayor que setecientos metros (700 m)

302.05 Curvas de transición

302.05.01 Generalidades

Las curvas de transición, son espirales que tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado.

Con tal finalidad y a fin de pasar de la sección transversal con bombeo (correspondiente a los tramos en tangente), a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobreancho, es necesario intercalar un elemento de diseño, con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

302.05.02 Tipo de curva de transición

Se adoptara en todos los casos, la clotoide como curva de transición cuyas ventajas son:

- El crecimiento lineal de su curvatura permite una marcha uniforme y cómoda para el usuario, de tal modo que la fuerza centrífuga aumenta o disminuye en la medida que el vehículo ingresa o abandona la curva horizontal, manteniendo inalterada la velocidad y sin abandonar el eje de su carril.
- La aceleración transversal no compensada, propia de una trayectoria en curva, puede controlarse graduando su incremento a una magnitud que no produzca molestia a los ocupantes del vehículo.
- El desarrollo del peralte se logra en forma también progresiva, consiguiendo que la pendiente transversal de la calzada aumente en la medida que aumenta la curvatura.
- La flexibilidad de la clotoide permite acomodarse al terreno sin romper la continuidad, mejorando la armonía y apariencia de la carretera.

La ecuación de la clotoide (Euler) está dada por:

$$R\ L = A^2$$

Donde:

R : radio de curvatura en un punto cualquiera

L : Longitud de la curva entre su punto de inflexión (R =∞) y el punto de radio R

A : Parámetro de la clotoide, característico de la misma

En el punto de origen, cuando L = 0, R = ∞, y a su vez, cuando L = ∞, R = 0

Por otro lado:

Radianes (rad) = $L^2 / 2A^2 = 0.5\ L / R$
Grados centesimal (g) = 31.831 L / R

1 rad = 63.662g.

302.05.03 Determinación del parámetro para una curva de transición

Para determinar el parámetro mínimo (Amín), que corresponde a una clotoide calculada para distribuir la aceleración transversal no compensada, a una tasa **J** compatible con la seguridad y comodidad, se emplea la siguiente formula.

$$Amín = \sqrt{\frac{VR}{46656\ J}\left(\frac{V^2}{R} - 1.27p\right)}$$

Donde:

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio de curvatura (m)

J : Variación uniforme de la aceleración (m/s^3)

P : Peralte correspondiente a V y R. (%)

Se adoptarán para **J** los valores indicados en la **Tabla 302.09**.

Tabla 302.09

Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V >120
J (m/s^3)	0,5	0,4	0,4	0,4
Jmáx (m/s^3)	0,7	0,8	0,5	0,4

Sólo se utilizarán los valores de Jmáx en casos debidamente justificados.

302.05.04 Determinación de la longitud de la curva de transición

Los valores mínimos de longitud de la curva de transición se determinan con la siguiente fórmula:

$$L_{min} = \frac{V}{46{,}656\, j}\left[\frac{V^2}{R} - 1{,}27p\right]$$

Donde:

V : (km/h)

R : (m)

J : m / s³

P : %

En la **Tabla 302.10**, se muestran algunos valores mínimos de longitudes de transición (L).

Tabla 302.10

Longitud mínima de curva de transición

Velocidad Km/h	Radio mín m	J m/s³	Peralte máx %	A min m	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada M
30	24	0,5	12	26	28	30
30	26	0,5	10	27	28	30
30	28	0,5	8	28	28	30
30	31	0,5	6	29	27	30
30	34	0,5	4	31	28	30
30	37	0,5	2	32	28	30
40	43	0,5	12	40	37	40
40	47	0,5	10	41	36	40
40	50	0,5	8	43	37	40
40	55	0,5	6	45	37	40
40	60	0,5	4	47	37	40
40	66	0,5	2	50	38	40
50	70	0,5	12	55	43	45
50	76	0,5	10	57	43	45
50	82	0,5	8	60	44	45
50	89	0,5	6	62	43	45
50	98	0,5	4	66	44	45
50	109	0,5	2	69	44	45
60	105	0,5	12	72	49	50
60	113	0,5	10	75	50	50
60	123	0,5	8	78	49	50
60	135	0,5	6	81	49	50
60	149	0,5	4	86	50	50
60	167	0,5	2	90	49	50
70	148	0,5	12	89	54	55

Velocidad Km/h	Radio mín m	J m/s^3	Peralte máx %	A min m	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada M
70	161	0,5	10	93	54	55
70	175	0,5	8	97	54	55
70	193	0,5	6	101	53	55
70	214	0,5	4	107	54	55
70	241	0,5	2	113	53	55
80	194	0,4	12	121	75	75
80	210	0,4	10	126	76	75
80	229	0,4	8	132	76	75
80	252	0,4	6	139	77	75
80	280	0,4	4	146	76	75
80	314	0,4	2	155	76	75
90	255	0,4	12	143	80	80
90	277	0,4	10	149	80	80
90	304	0,4	8	155	79	80
90	336	0,4	6	163	79	80
90	375	0,4	4	173	80	80
90	425	0,4	2	184	80	80
100	328	0,4	12	164	82	85
100	358	0,4	10	171	82	85
100	394	0,4	8	179	81	85
100	437	0,4	6	189	82	82
100	492	0,4	4	200	81	85
100	582	0,4	2	214	81	85
110	414	0,4	12	185	83	90
110	454	0,4	10	193	82	90
110	501	0,4	8	203	82	90
110	560	0,4	6	215	83	90
110	635	0,4	4	229	83	90
110	733	0,4	2	246	83	90
120	540	0,4	12	169	73	75
120	597	0,4	10	209	73	75
120	667	0,4	8	221	73	75
120	756	0,4	6	236	74	75
120	872	0,4	4	253	73	75
120	1031	0,4	2	275	73	75
130	700	0,4	12	208	62	65
130	783	0,4	10	220	62	65
130	887	0,4	8	234	62	65
130	1024	0,4	6	252	62	65
130	1210	0,4	4	274	62	65
130	1479	0,4	2	303	62	65

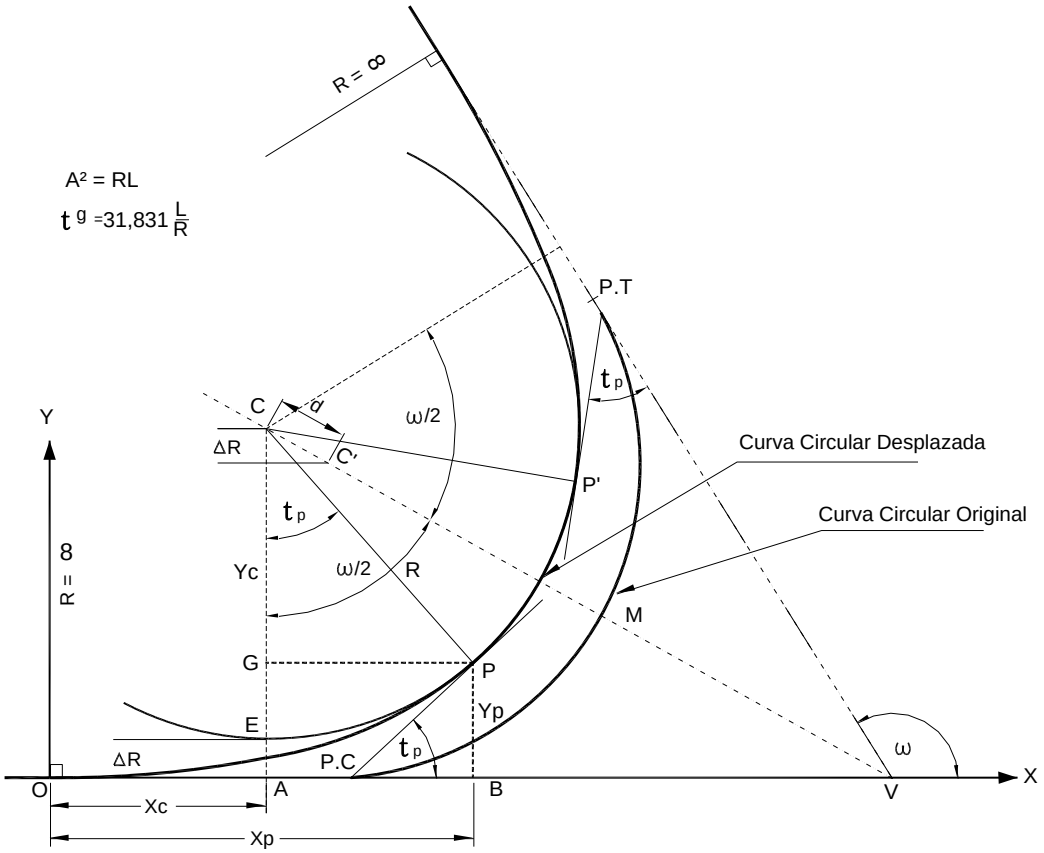
Nota: En ningún caso se adoptarán longitudes de transición menores a 30 m.

302.05.05 Elementos y características de la curva de transición

Las **Figuras 302.08** y **302.09**, ilustran los elementos y las características generales de la curva de transición:

Figura 302.08

Elementos de la curva de transición-curva circular



$$\Delta$$

$$CE = CP = C'M = R$$

Desplazamiento: $\Delta R = EA = (PB - GE)$

$$\Delta R = Yp - R\,(1 - \cos t_p)$$

Desplazamiento Centro: $d = \overline{CC'} = \Delta R / \cos\frac{\omega}{2}$

Origen Curva Enlace : $OV = Xp + AV - AB$

$$OV = Xp + (r - \Delta R)\,tg\frac{\omega}{2} - R \operatorname{sen} t_p$$

Coordenadas de c: $Xc = Xp - R \operatorname{sen} t_p$

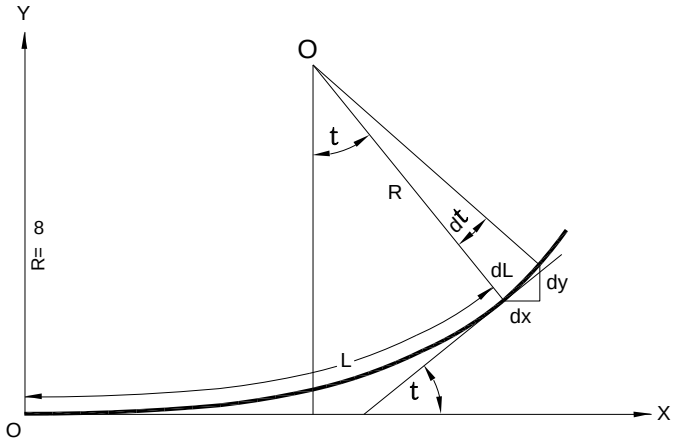
$$Yc = Yp + R\cos t_p = R + \Delta R$$

Desarrollo Circular : $PP' = R(\omega - 2\,t_p) / 63.662$

Figura 302.09

Características generales de la clotoide

a) Relaciones Geométricas Fundamentales



$A^2 = RL$

$Rdt = dL \quad (1)$

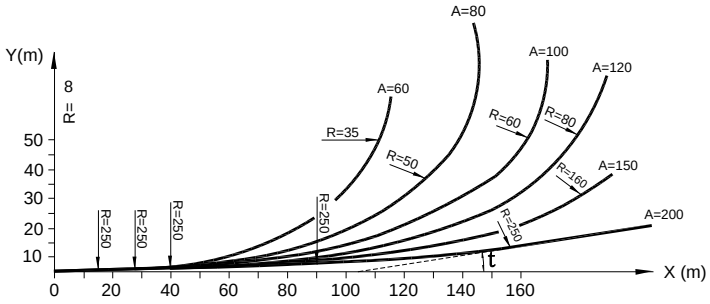
$\int dt = \int \frac{LdL}{A^2}$

$t = \frac{L^2}{A^2} + cte.$

$L = 0; t = 0 \ ...cte.= 0$

$t = \frac{L^2}{2A^2} = 0{,}5\frac{L}{R} = 0{,}5\frac{A^2}{R^2} \quad (2)$

b) Familia de Clotoides-Magnitudes Según Parámetro



EFECTO VARIACION DEL PARAMETRO PARA R CONSTANTE					
A	R	L	t g	X	Y
60	250	14.40	1,8335	14,399	0,138
80	250	25.60	3,2595	25,593	0,437
100	250	40.00	5,0930	39,975	1,066
120	250	57.60	7,3339	57,624	2,210
150	250	90.00	11,4592	89,709	5,388
200	250	160.00	20,3718	158,369	16,942

Donde:

R (m) : Radio de la curva circular que se desea enlazar

d (m) : Desplazamiento del centro de la curva circular original (C), a lo largo de la bisectriz del ángulo interior formado por las alineaciones, hasta (C), nueva posición del centro de la curva circular desplazada.

ΔR (m) : Desplazamiento de la curva circular enlazada, medido sobre la normal a la alineación considerada, que pasa por el centro de la circunferencia desplazada de radio R.

Xp;Yp (m) : Coordenada de "P", punto de tangencia de la clotoide con la curva circular enlazada, en que ambos poseen un radio común R; referidas a la alineación considerada y a la normal a esta en el punto "O", que define el origen de la clotoide y al que corresponde radio infinito.

Xc; Yc (m) : Coordenada del centro de la curva circular desplazada, referidas al sistema anteriormente descrito.

ζp (g) : Angulo comprendido entre la alineación considerada y la tangente en el punto P común a ambas curvas. Mide la desviación máxima la clotoide respecto a la alineación.

ζ(g) : Deflexión angular entre las alineaciones consideradas.

OV (m) : Distancia desde el vértice al origen de la clotoide, medida a lo largo de la alineación considerada.

Dc : Desarrollo de la curva circular, desplazada entre los puntos PP".

a. Ecuaciones cartesianas

De la **Figura 302.09**:

$$dx = dL \cos\zeta$$

$$dy = dL \operatorname{sen}\zeta$$

A su vez:

$$R = dL/d\zeta \text{ y } \zeta = L/2R$$

Mediante algunos reemplazos:

$$dL = \frac{A d\tau}{\sqrt{2\tau}}$$

Sustituyendo en dx; dy se llega a las integrales de Fresnel:

$$X = \frac{A}{\sqrt{2}} \int \frac{\cos\tau}{\sqrt{\tau}} dt$$

$$Y = \frac{A}{\sqrt{2}} \int \frac{\operatorname{sen}\tau}{\sqrt{\tau}} dt$$

Quedando en definitiva X e Y expresados como desarrollos en serie

$$X = A\sqrt{2\tau}\left[\tau - \frac{\tau^2}{10} + \frac{\tau^4}{216} - \frac{\tau^6}{9360} + \cdots\cdots\right]$$

$$Y = A\sqrt{2\tau}\left[\frac{\tau}{3} - \frac{\tau^3}{42} + \frac{\tau^5}{1320} - \frac{\tau^7}{75800} + \cdots\cdots\right]$$

Los valores de X e Y se obtienen de tablas o mediante programas de computación.

Para los valores menores de $\zeta < 0.5$ radianes (31.8^g), se recomienda evaluar los tres primeros términos de las series.

b. Expresiones Aproximadas

Dado que las expresiones cartesianas de la clotoide son desarrollos en serie en función de ζ, para ángulos pequeños es posible despreciar a partir del segundo término de la serie y obtener expresiones muy simples que sirven para efectuar tanteos preliminares en la resolución de algunos casos en que se desea combinar clotoides entre sí, clotoides entre dos curvas circulares. Los cálculos definitivos deberán efectuarse, sin embargo, mediante las expresiones exactas.

De las ecuaciones cartesianas para X e Y se observa que:

$$A\sqrt{2\tau} = L$$

(Relación paramétrica exacta)

Despreciando a partir del segundo término de la serie:

$$X \cong L \qquad Y = \frac{L\tau}{3} = \frac{L^2}{6R}$$

El desplazamiento ΔR puede también expresarse en forma exacta como un desarrollo en serie:

$$\Delta R = \left[\frac{L^2}{24R} - \frac{L^4}{2688R^3} + \frac{L^6}{50688R^5} - \cdots\right]$$

Si se desprecia a partir del segundo término, se tiene:

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$$

Combinando las ecuaciones aproximadas para ΔR e Y se tiene:

$$Y = 4\Delta R$$

Finalmente las coordenadas aproximadas del centro de la curva desplazada serán:

$$X_c = \frac{L}{2} = \tau R \qquad Y_c = R + \Delta R = R\frac{L^2}{24R}$$

302.05.06 Parámetros mínimos y deseables

La longitud de la curva de transición deberá superar la necesaria para cumplir las limitaciones que se indican a continuación.

- Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal.

El criterio empleado para relacionar el parámetro de una clotoide, con la función que ella debe cumplir en la curva de transición en carreteras, se basa en el cálculo del desarrollo requerido por la clotoide para distribuir a una tasa uniforme (J-m/s³), la aceleración

transversal no compensada por el peralte, generalmente en la curva circular que se desea enlazar, según la fórmula siguiente:

$$R = \frac{V^2}{12{,}96\ g(p_{max}+f_{min})} \qquad gf = \frac{V^2}{12{,}96\ R - gp(**)}$$

Donde:

gf : representa la aceleración transversal no compensada que se desea distribuir uniformemente a lo largo del desarrollo de la clotoide.

J : es definida como la tasa de crecimiento de aceleración transversal, por unidad de tiempo, para un vehículo circulando a la velocidad de proyecto.

- Limitación de la variación por estética y guiado óptico.

Para que la presencia de una curva de transición resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir que:

$$R/3 \leq A \leq R$$

La condición A > R / 3 corresponde al parámetro mínimo que asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva de transición. Ello implica utilizar un valor ζmin > 3,5g

La condición A < R asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva circular.

El cumplimiento de estas condiciones se debe verificar para toda velocidad de proyecto.

- Por Condición de desarrollo del peralte.

Para curvas circulares diseñadas de acuerdo al criterio de las normas, el límite para prescindir de curva de transición puede también expresarse en función del peralte de la curva:

Si R requiere p>3%. Se debe usar curva de transición.

Si R requiere p<3%. Se puede prescindir de la curva de transición para V<100km/h.

Si R requiere p<2,5%. Se puede prescindir de la curva de transición para V≥110km/h.

En el caso de carreteras de tercera clase y cuando se use curva de transición, la longitud de la espiral no será menor que Lmin ni mayor que L_{max}, según las siguientes formulas:

$$L_{mín} = 0.0178\ \frac{V^3}{R} \qquad L_{máx.} = (24R)^{0.5}$$

Donde:

R : Radio de la curvatura circular horizontal.

L_{min} : Longitud mínima de la curva de transición.

L_{max} : Longitud máxima de la curva de transición en metros.

V : Velocidad específica en km/h.

- Valores Máximos

La longitud máxima de cada curva de transición, no será superior a 1,5 veces su longitud mínima.

302.05.07 Radios que permiten prescindir de la curva de transición

Cuando no existe curva de transición, el desplazamiento instintivo que ejecuta el conductor respecto del eje de su carril disminuye a medida que el radio de la curva circular crece.

Se estima que un desplazamiento menor que 0,1 m, es suficientemente pequeño como para prescindir de la curva de transición que lo evitaría.

Los radios circulares límite calculados, aceptando un Jmáx de 0,4 m/s³ y considerando que al punto inicial de la curva circular se habrá desarrollado sólo un 70% de peralte necesario, son los que se muestran en las **Tablas 302.11 A** y **302.11 B**.

Tabla 302.11 A

Radios circulares limites que permiten prescindir de la curva de transición

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

La anterior tabla no significa que para radios superiores a los indicados se deba suprimir la curva de transición.

En el caso de carreteras de Tercera Clase y cuando el radio de las curvas horizontales sea superior al señalado en la **Tabla 302.11 B**, se podrá prescindir de curvas de transición.

Tabla 302. 11 B

Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

302.06 Curvas compuestas

302.06.01 Definición

Consisten en dos o más curvas simples de diferente radio, orientadas en la misma dirección, y dispuestas una a continuación de la otra.

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva. Esta limitación será especialmente observada en el caso de carreteras de Tercera Clase.

302.06.02 Caso excepcional

En caso excepcional se podrá usar curvas compuestas, aclarando las razones, técnico-económicas u otras, que justifican el empleo de dos curvas continuas de radio diverso.

En el caso de usar una curva compuesta de tres centros denominada policentrica, deberán respetarse las siguientes condiciones:

- El radio de una de las curvas no será mayor de 1,5 veces el radio de la otra.
- Para armonizar los valores del peralte y sobreancho de cada una de las curvas vecinas, se empleará una transición de peralte determinada acorde a lo establecido en el **Tópico 302.08.**
- Para una sucesión de curvas de radio decreciente cada curva debe ser de longitud suficiente para permitir una desaceleración gradual.

302.06.03 Curvas vecinas del mismo sentido

En general se evitará el empleo de curvas del mismo sentido, cuando estén separadas por un tramo en tangente de una longitud menor a 400 m, en longitudes menores excepcionalmente puede utilizarse una curva policéntrica.

Configuraciones recomendables

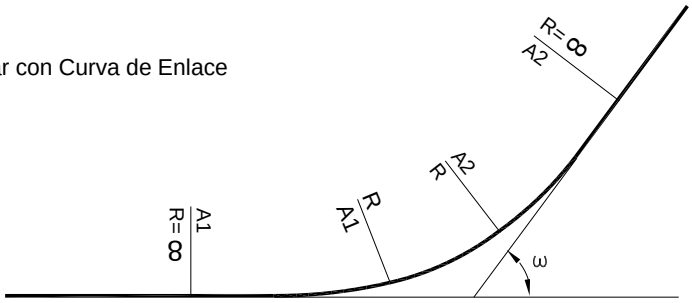
La **Figura 302.10** incluye configuraciones que ayudan a resolver con seguridad y elegancia situaciones de común ocurrencia en el trazado.

Figura 302.10

Configuraciones recomendables

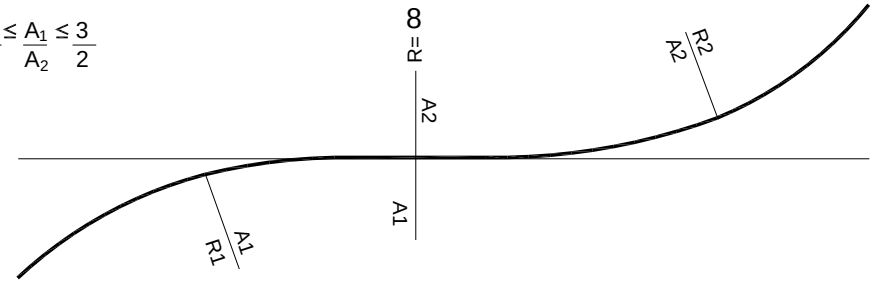
I. Curva Circular con Curva de Enlace

$\frac{2}{3} \le \frac{A_1}{A_2} \le \frac{3}{2}$



II. Curva de Inflexion o Curva en S

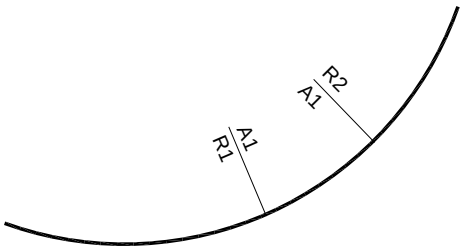
$\frac{2}{3} \le \frac{A_1}{A_2} \le \frac{3}{2}$



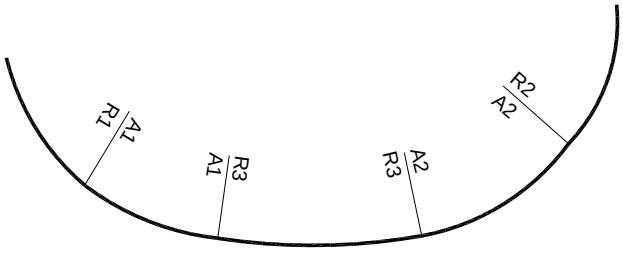
III. Ovoide

$R_1 > R_2$

$\frac{R_1}{3} \le A_1 \le R_2$



IV. Ovoide Doble



$\frac{R_3}{3} \le A_1 \le R_1$

$\frac{R_3}{3} \le A_2 \le R_2$

$\frac{2}{3} \le \frac{A_1}{A_2} \le \frac{3}{2}$

a) Curva circular con curva de transición.

Los parámetros A_1 y A_2 son normalmente iguales o lo más parecidos posible y no superará el rango señalado en la **figura 302.10 a**. Cuanto más larga sea la recta asociada y más ancha la calzada, mayor debe ser el parámetro, pero siempre A<R
En el caso en que: $w < t_1 + t_2$, no existe solución de transición entre las clotoides correspondientes y el radio circular elegido. En estos casos w corresponde a una deflexión moderada asociada a un radio amplio respecto de la velocidad de diseño, que, generalmente no requiere de curva de transición, en todo caso para encontrar una solución manteniendo la deflexión será necesario aumentar el radio.

b) Curva de inflexión o curva en "S"

Podrá o no existir un tramo en tangente entre las clotoides de parámetros A1 y A2, los cuales deberán cumplir con las normas generales respecto de la velocidad de diseño y radio enlazado, pudiendo ser iguales o del mismo orden de magnitud, respetando la relación indicada en la **figura 302.10 b**.

A falta de espacio o dificultad para conseguir una tangencia exacta en el punto de radio infinito, se puede aceptar una leve longitud de traslape de las clotoides, o la generación de un tramo en tangente de ajuste. La longitud de traslape o ajuste no deberá superar:

$$\Delta L_{(m)} = 0.05 \frac{A_1 + A_2}{2}$$

c) Ovoide

Constituye la solución adecuada para enlazar dos curvas circulares del mismo sentido muy próximas entre sí. Para poder aplicar esta configuración es necesario que uno de los círculos sea interior al otro y que no sean concéntricos. Deberán respetarse las relaciones entre parámetros y radio consignados en la **Figura 302.10 c**. La transición de peralte se dará en la clotoide de transición.

d) Ovoide Doble

Si las curvas circulares de igual sentido se cortan o son exteriores, deberán recurrir a un círculo auxiliar "R_3", dando origen a un doble ovoide para alcanzar la solución deseada. Las relaciones a observar entre el radio y parámetros se indican en la **Figura 302.10 d**.

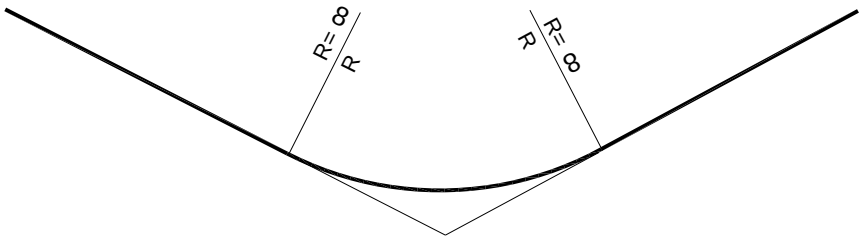
Configuraciones límite

Constituyen casos particulares de las soluciones generales antes expuestas y se presentan en la **Figura 302.11**.

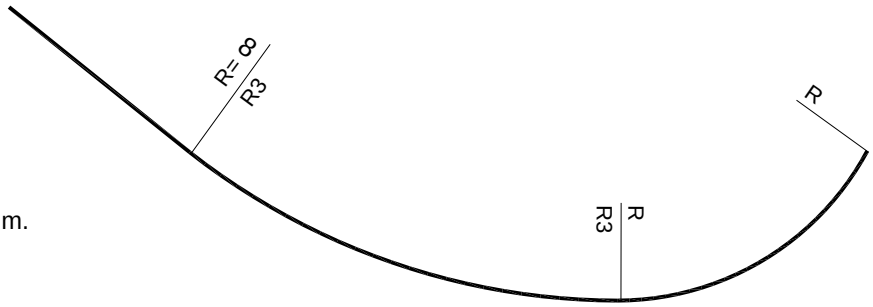
Figura 302.11

Configuraciones límite

I. Curva Circular Amplia sin Curvas de Enlace



II. Reemplazo de la Clotoide de Enlace por un Circulo

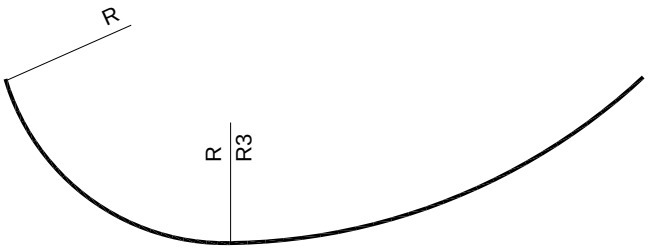


$R_3 > 250$ m.

$R_3 \geq R$

$\frac{R_3}{R} < 2$

III. Curvas Circulares Contiguas



$R_3 > 250$ m.

$\frac{R_3}{R} < 2$

302.06.04 Configuraciones no recomendables

Las curvas compuestas que se incluyen en la **Figura 302.12**, deben ser evitadas, ya que en la práctica se ha comprobado, que una carretera presenta zonas donde no existe una clara definición de la curvatura del elemento que se está recorriendo, o bien, los elementos inducen al conductor a maniobras que pueden ser erráticas.

Figura 302.12

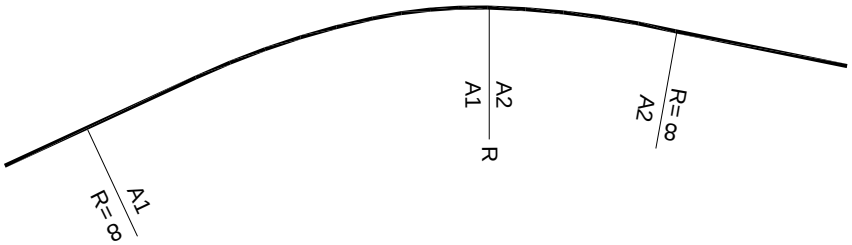
Configuraciones no recomendables

I. Clotoide de Vértice sin Arco Circular

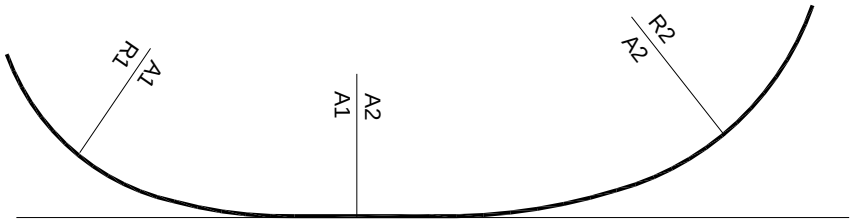
En casos inevitables

$A_1 \approx A_2$

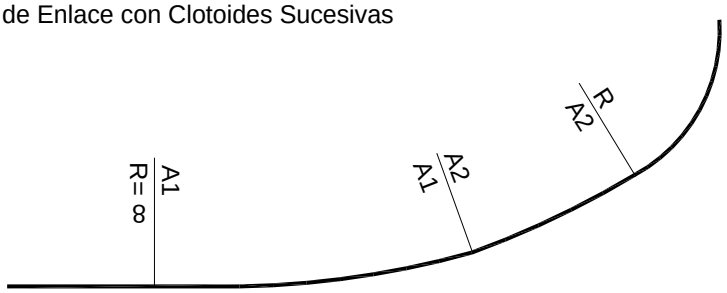
$R \geq 1.4$ R minimo



II. Falso Ovoide



III. Curva de Enlace con Clotoides Sucesivas



302.07 Curvas de vuelta

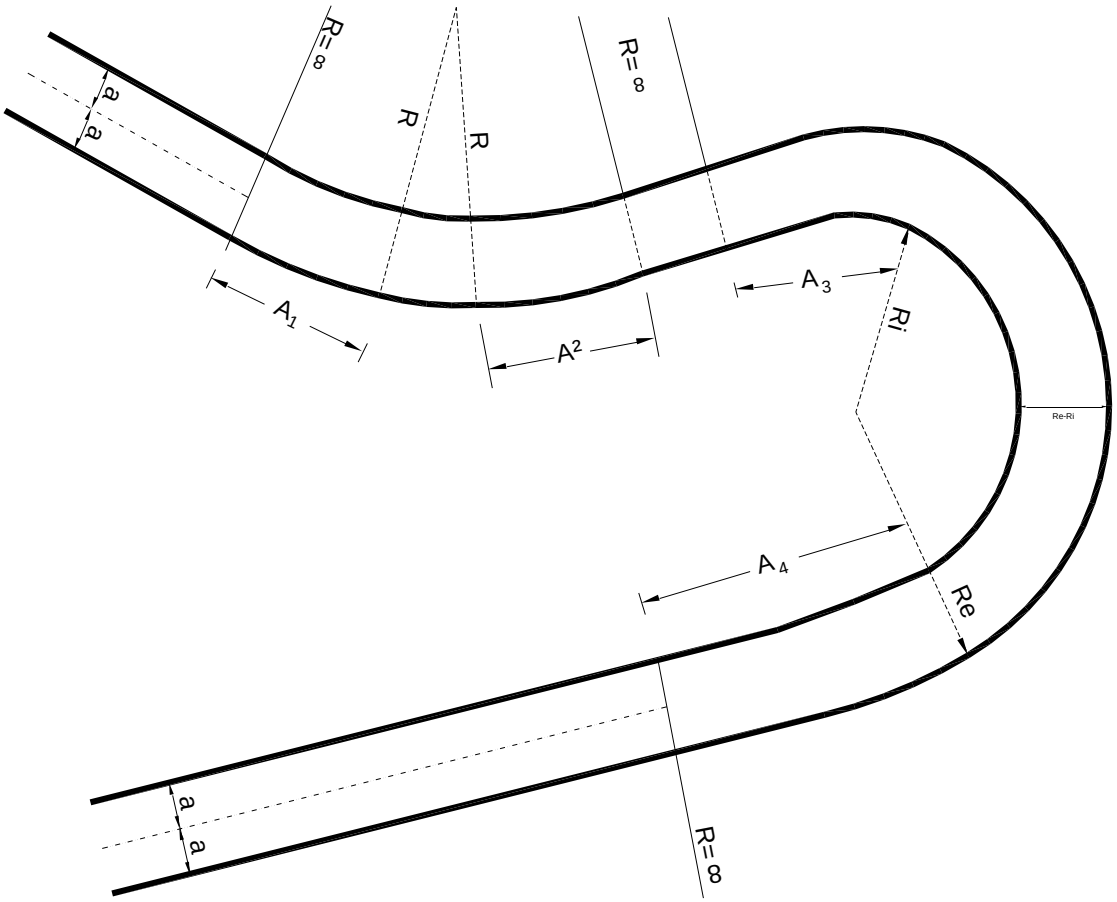
Son aquellas curvas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de obtener o alcanzar una cota mayor, sin sobrepasar las pendientes máximas, y que no es posible lograr mediante trazados alternativos.

Este tipo de curvas no se emplearan en autopistas, en tanto que en carreteras de Primera Clase podrán utilizarse en casos excepcionales justificados técnica y económicamente, debiendo ser 20 m. el radio interior mínimo.

Por lo general, las ramas pueden ser alineamientos rectos con sólo una curva de enlace intermedia, y según el desarrollo de la curva de vuelta, dichos alineamientos pueden ser paralelas entre sí, divergentes, etc. En tal sentido, la curva de vuelta quedará definida por dos arcos circulares de radio interior "Ri" y radio exterior "Re".

La **Figura 302.13**, ilustra un caso en que los alineamientos de entrada y salida de la curva de vuelta, presentan una configuración compleja.

Figura 302.13



La **Tabla 302.12**, contiene los valores posibles para "Ri" y "Re" según las maniobras de los vehículos tipo que se indican a continuación:

T2S2 : Un camión semirremolque describiendo la curva de retorno. El resto del tránsito espera en la alineación recta.

C2 : Un camión de 2 ejes puede describir la curva simultáneamente con un vehículo ligero (automóvil o similar).

C2 + C2 : Dos camiones de dos ejes pueden describir la curva simultáneamente.

Tabla 302.12

Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado

Radio interior R_i (m)	Radio Exterior Mínimo R_e (m). según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6,0	14,00	15,75	17,50
7,0	14,50	16,50	18,25
8,0	15,25	17,25	19,00
10,0	16,75*	18,75	20,50
12,0	18,25*	20,50	22,25
15,0	21,00*	23,25	24,75
20,0	26,00*	28,00	29,25

* La tabla considera un ancho de calzada de 6 m. en tangente, en caso de que ella sea superior, Re deberá aumentarse consecuentemente hasta que Re - Ri = Ancho Normal Calzada

El radio interior de 8 m, representa un mínimo normal.

El radio interior de 6 m, representa un mínimo absoluto y sólo podrá ser usado en forma excepcional.

302.08 Transición de peralte

Siendo el peralte la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo, la transición de peralte viene a ser la traza del borde de la calzada, en la que se desarrolla el cambio gradual de la pendiente de dicho borde, entre la que corresponde a la zona en tangente, y la que corresponde a la zona peraltada de la curva.

Para efectos de la presente norma, el peralte máximo se calcula con la siguiente fórmula:

$$ip_{max} = 1{,}8 - 0{,}01\,V$$

Donde:

$ip_{máx}$: Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía (%).

V : Velocidad de diseño (km/h).

La longitud del tramo de transición del peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la fórmula:

$$L_{min} = \frac{p_f - p_i}{ip_{máx}}\,B$$

Donde:

$L_{mín}$: Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).

p_f : Peralte final con su signo (%)

p_i : Peralte inicial con su signo (%)

B : Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

En carreteras de Tercera Clase, se tomarán los valores que muestra la **Tabla 302.13** para definir las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición de peralte en función a la velocidad de diseño y valor del peralte.

Tabla 302.13

Velocidad diseño (Km/h)	Valor del peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m)**
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

* Longitud de transición basada en la rotación de un carril

** Longitud basada en 2% de bombeo

La transición del peralte deberá llevarse a cabo combinando las tres condiciones siguientes:

- Características dinámicas aceptables para el vehículo
- Rápida evacuación de las aguas de la calzada.
- Sensación estética agradable.

En las **Tablas 302.14**, **302.15**, **302.16**, **302.17** y **302.18**, se presentan valores de longitudes mínimas de transición, para combinaciones de velocidad de diseño y anchos de calzada más comunes, con el eje de giro de peralte al borde de la calzada y al centro de una vía de dos carriles.

Tabla 302.14

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Velocidad específica: 30 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 6 m
Eje de giro al borde de la calzada: 6 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
3%	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
4%	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64
5%	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68
6%	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72
7%	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76
8%	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
9%	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84
10%	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88
11%	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
12%	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96

Tabla 302.15

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Velocidad específica: 60 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7,20 m
Eje de giro al borde de la calzada: 7,20 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	23	29	35	41	47	53	58	64	70	76	82
3%	29	35	41	47	53	58	64	70	76	82	88
4%	35	41	47	53	58	64	70	76	82	88	93
5%	41	47	53	58	64	70	76	82	88	93	99
6%	47	53	58	64	70	76	82	88	93	99	105
7%	53	58	64	70	76	82	88	93	99	105	111
8%	58	64	70	76	82	88	93	99	105	111	117
9%	64	70	76	82	88	93	99	105	111	117	123
10%	70	76	82	88	93	99	105	111	117	123	128
11%	76	82	88	93	99	105	111	117	123	128	134
12%	82	88	93	99	105	111	117	123	128	134	140

Tabla 302.16

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Velocidad específica: 60 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7,20 m
Eje de giro al borde de la calzada: 3,60 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	12	15	18	20	23	26	29	32	35	38	41
3%	15	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44
4%	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47
5%	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50
6%	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53
7%	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	55
8%	29	32	35	38	41	44	47	50	53	55	58
9%	32	35	38	41	44	47	50	53	55	58	61
10%	35	38	41	44	47	50	53	55	58	61	64
11%	38	41	44	47	50	53	55	58	61	64	67
12%	41	44	47	50	53	55	58	61	64	67	70

Tabla 302.17

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del Peralte

Velocidad específica: 80 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7,20 m
Eje de giro al borde de la calzada: 7,20 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	29	36	43	50	58	65	72	79	88	94	101
3%	36	43	50	58	65	72	79	88	94	101	108
4%	43	50	58	65	72	79	88	94	101	108	115
5%	50	58	65	72	79	88	94	101	108	115	122
6%	58	65	72	79	88	94	101	108	115	122	130
7%	65	72	79	88	94	101	108	115	122	130	137
8%	72	79	88	94	101	108	115	122	130	137	144
9%	79	88	94	101	108	115	122	130	137	144	151
10%	88	94	101	108	115	122	130	137	144	151	158
11%	94	101	108	115	122	130	137	144	151	158	166
12%	101	108	115	122	130	137	144	151	158	166	173

Tabla 302.18

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

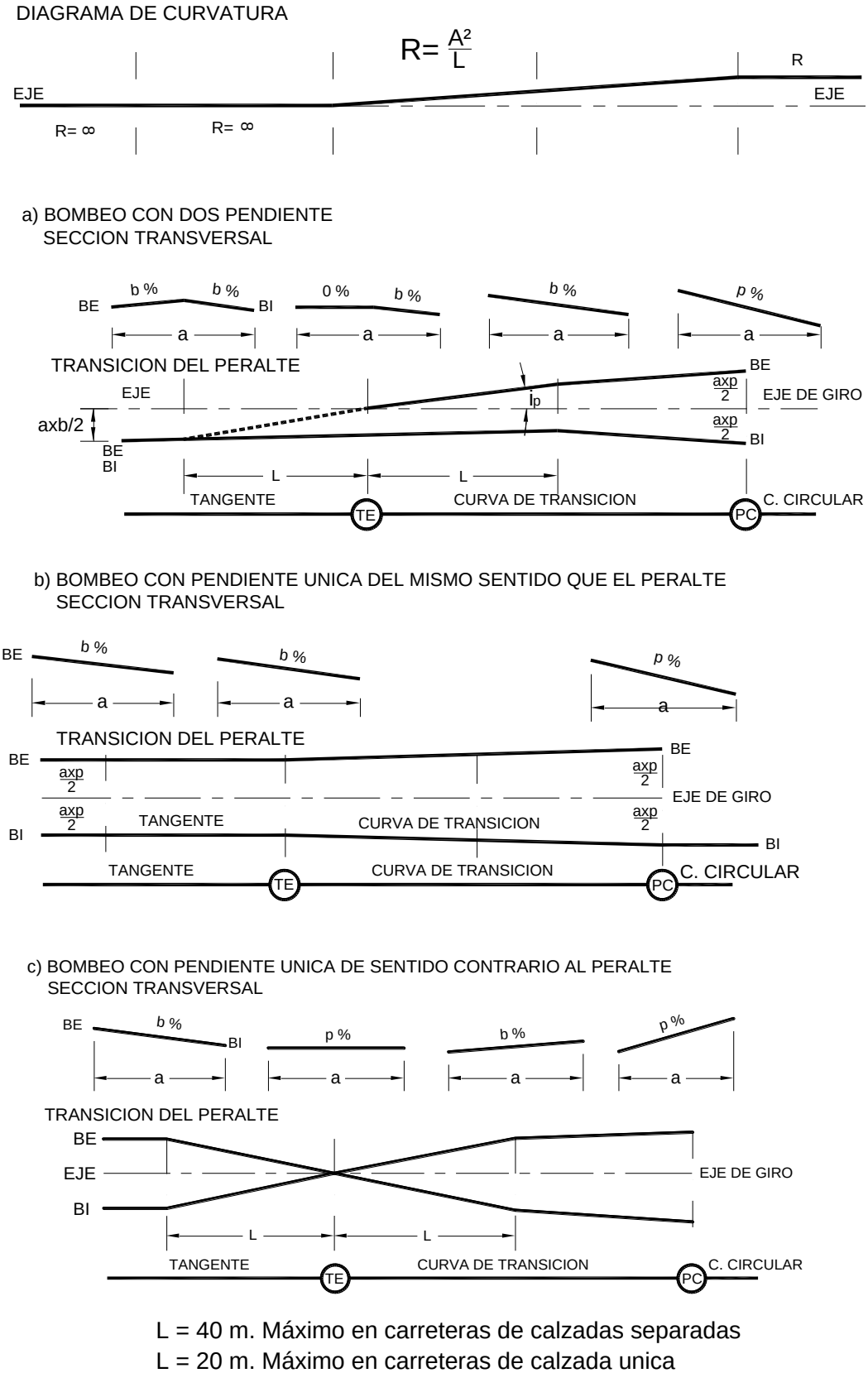
Velocidad específica: 100 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7,20 m
Eje de giro al borde de la calzada: 7,20 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126
3%	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135
4%	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144
5%	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153
6%	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162
7%	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171
8%	90	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171
9%	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	189
10%	99	99	108	117	126	135	144	153	162	171	189
11%	99	108	117	126	135	144	153	162	171	189	207
12%	108	117	126	135	144	153	162	171	189	207	216

En las figuras siguientes se muestran los procedimientos de transición del peralte (paso de bombeo a peralte) con y sin curvas de transición, **Figuras 302.14** y **302.15** respectivamente y paso de peralte de curvas de sentido inverso con y sin curvas de transición, **Figuras 302.16** y **302.17**.

Figura 302.14

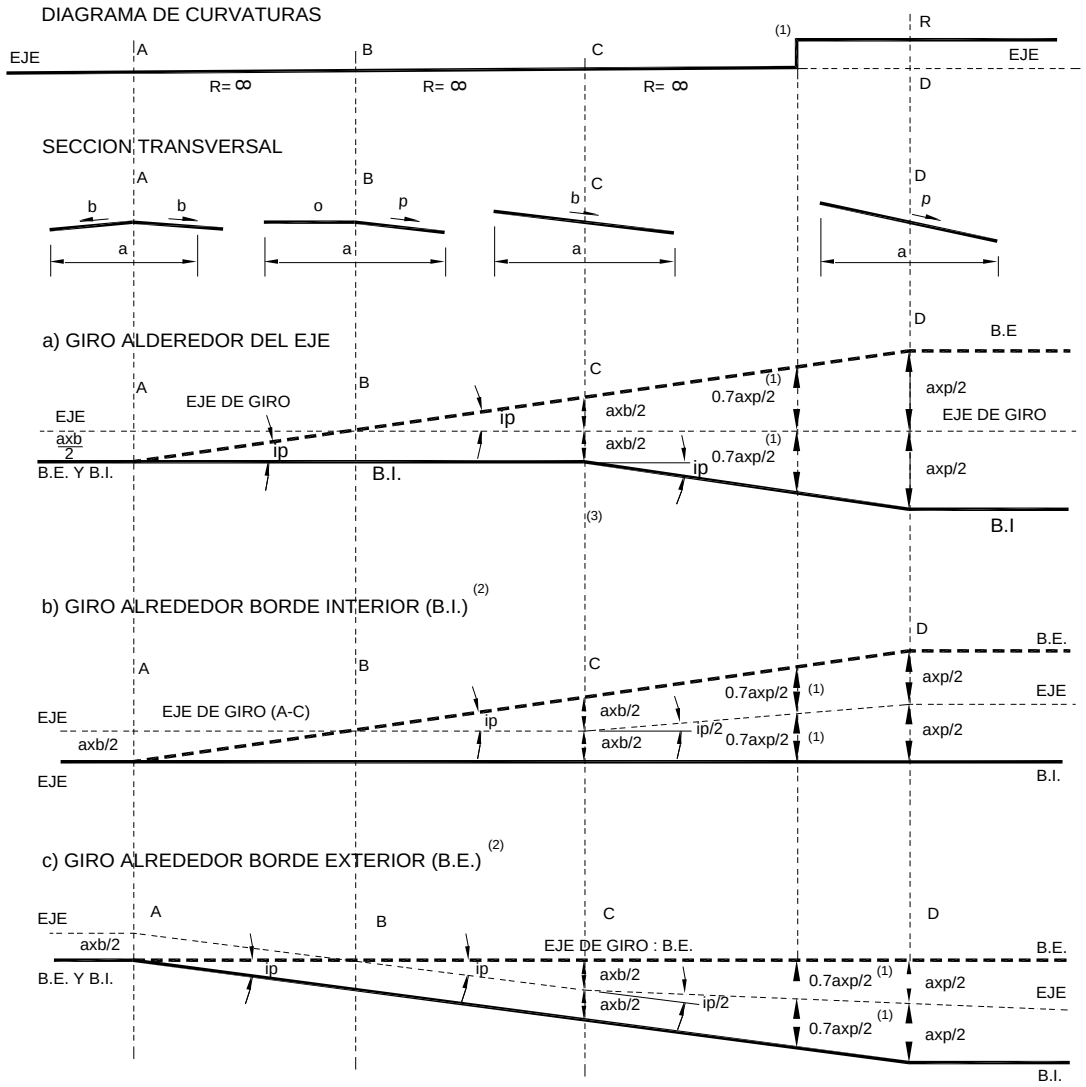
Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte con curva de transición



L = 40 m. Máximo en carreteras de calzadas separadas
L = 20 m. Máximo en carreteras de calzada unica
a = Ancho de plataforma

Figura 302.15

Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte sin curva de transición



(1) Proporción normal de peralte a desarrollar en tangente : 0.7p

(2) Dados p e ip la longitud necesaria para desarrollar el peralte en los casos (b y c) es mayor que para el caso a

Figura 302.16

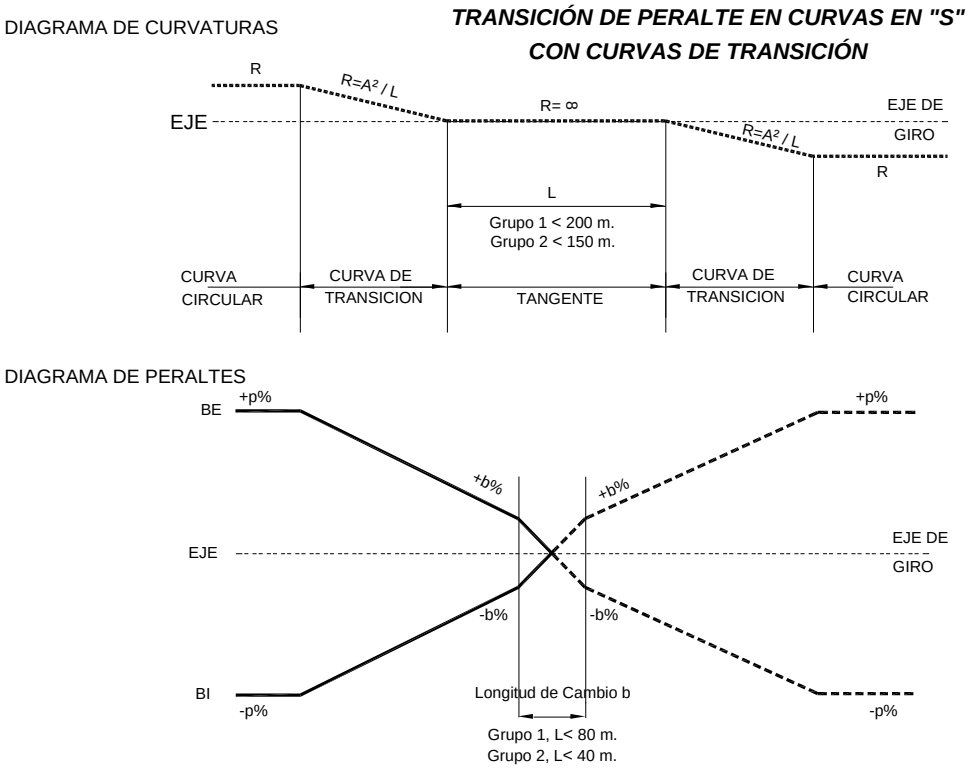
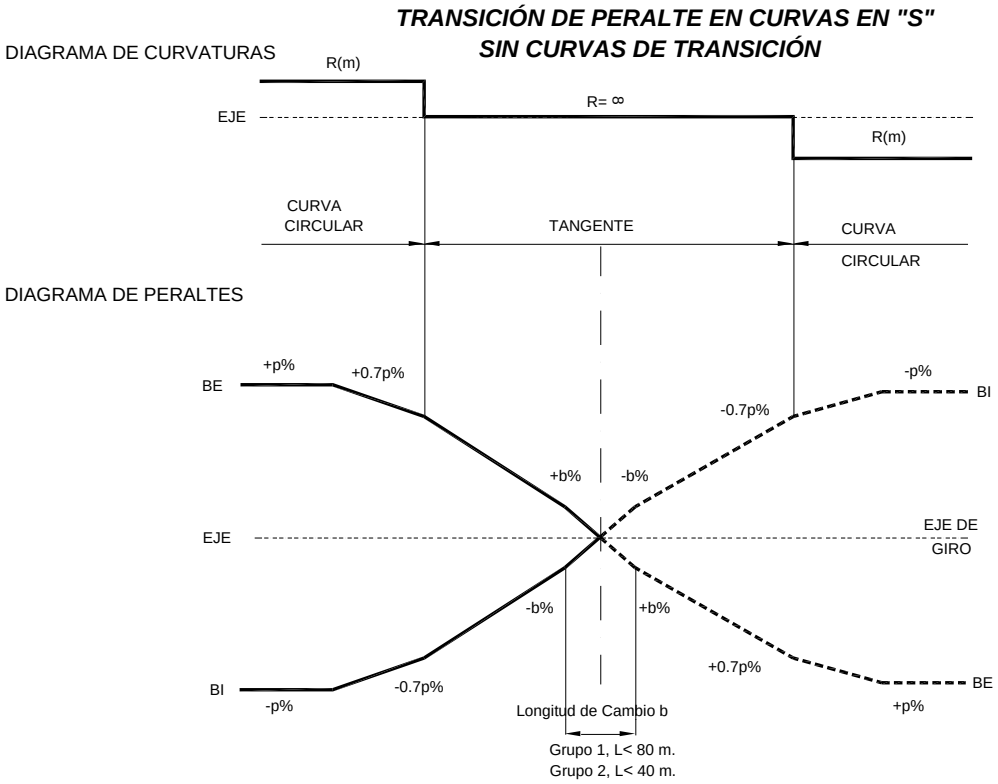


Figura 302.17



El desvanecimiento del bombeo, se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la tangente de entrada, en una longitud máxima de cuarenta metros (40 m) en carreteras de calzadas separadas, y en una longitud máxima de veinte metros (20 m), en carreteras de calzada única, y de la siguiente forma:

- Bombeo con dos pendientes. Se mantendrá el bombeo en el lado de plataforma que tiene el mismo sentido que el peralte subsiguiente, desvaneciéndose en el lado con sentido contrario al peralte.
- Bombeo con pendiente única del mismo sentido que el peralte subsiguiente. Se mantendrá el bombeo hasta el inicio de la clotoide.
- Bombeo con pendiente única de sentido contrario al peralte subsiguiente. Se desvanecerá el bombeo de toda la plataforma.

La transición del peralte propiamente dicha se desarrollará en los tramos siguientes:

- Desde el punto de inflexión de la clotoide (peralte nulo) al dos por ciento (2%) en una longitud máxima de cuarenta metros (40 m), para carreteras de vías separadas, y de veinte metros (20 m) para carreteras de vía única.
- Desde el punto de peralte dos por ciento (2%), hasta el peralte correspondiente a la curva circular (punto de tangencia), el peralte aumentará linealmente.

En el caso que la longitud de la curva circular sea menor de treinta metros (30 m), los tramos de transición del peralte, se desplazarán de forma que exista un tramo de treinta metros (30 m) con pendiente transversal constante e igual al peralte correspondiente al radio de curvatura de la curva circular.

302.09 Sobreancho

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

302.09.01 Necesidad del sobreancho

La necesidad de proporcionar sobreancho en una calzada, se debe a la extensión de la trayectoria de los vehículos y a la mayor dificultad en mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos.

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos que circulan habitualmente por la carretera, ésta debe tener un sobreancho con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (holguras), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobreancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las holguras teóricas adoptadas, (valores medios). El sobreancho no podrá darse a costa de una disminución del ancho de la berma.

Las holguras teóricas en recta y en curva ensanchada, consideradas para vehículos comerciales de 2,6 m de ancho, según el ancho de una calzada se aprecia en la **tabla 302.19**:

Tabla 302.19

Holguras teóricas para vehículos comerciales de 2,60 m de ancho

Calzada de 7,20 m		Calzada de 6,0 m	
En recta	**En curva ensanchada**	**En recta**	**En curva ensanchada**
h_1 0,5 m	0,6 m	0,3 m	0,45 m
h_2 0,4 m	0,4 m	0,1 m	0,05 m
$h_{2\ ext}$ 0,4m	0,0 m	0,1 m	0,0 m

Dónde:

h_1 : holgura entre cada vehículo y el eje demarcado.

h_2 : holgura entre la cara exterior de los neumáticos de un vehículo y el borde exterior del carril por el que circula (en recta) o de la última rueda de un vehículo simple o articulado y el borde interior de la calzada en curvas.

h_{2ext}: holgura entre el extremo exterior del parachoques delantero y el borde exterior de la calzada, $h_{2ext} \approx h_2$ en recta y $h_{2ext} = 0$ en curvas ensanchadas.

Las holguras en curvas ensanchadas son mayores en calzadas de 7,20 m respecto de las de 6,0 m, no sólo por el mayor ancho de calzada, sino por las mayores velocidades de circulación que en ellas se tiene y por el mayor porcentaje de vehículos comerciales de grandes dimensiones.

302.09.02 Desarrollo del sobreancho

Con el fin de disponer de un alineamiento continuo en los bordes de la calzada, el sobreancho debe desarrollarse gradualmente a la entrada y salida de las curvas.

En el caso de curvas circulares simples, por razones de apariencia, el sobreancho se debe desarrollar linealmente a lo largo del lado interno de la calzada, en la misma longitud utilizada para la transición del peralte. En las curvas con espiral, el sobreancho se desarrolla linealmente, en la longitud de la espiral.

Normalmente la longitud para desarrollar el sobreancho será de 40 m. Si la curva de transición es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m, antes del principio de la curva circular. Si la curva de transición es menor de 40 m, el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud de la curva de transición disponible.

Para la determinación del desarrollo del sobreancho se utilizará la siguiente fórmula:

$$Sa_n = \frac{Sa}{L} l_n$$

Donde:

Sa_n : Sobreancho correspondiente a un punto distante l_n metros desde el origen.

L : Longitud total del desarrollo del sobreancho, dentro de la curva de transición.

l_n : Longitud en cualquier punto de la curva, medido desde su origen (m)

La ordenada Sa_n se medirá normal al eje de la calzada en el punto de abscisa l_n y el borde de la calzada ensanchada distará del eje a/2+ Sa_n siendo "a" el ancho normal de la calzada en recta.

La demarcación de la calzada se ejecutará midiendo una ordenada Sa_n /2, a partir del eje de la calzada, en el punto de la abscisa l_n.

302.09.03 Valores del sobreancho

El sobreancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se calculará con la siguiente fórmula:

$$Sa = n\left(R - \sqrt{R^2 - L^2}\right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

Sa : Sobreancho (m)

N : Número de carriles

R : Radio (m)

L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

El primer término, depende de la geometría y el segundo de consideraciones empíricas, que tienen en cuenta un valor adicional para compensar la mayor dificultad, en calcular distancias transversales en curvas. Debe precisarse, que la inclusión de dicho valor adicional, debe ser evaluado y determinado por el diseñador, para aquellas velocidades que este considere bajas para el tramo en diseño.

La consideración del sobreancho, tanto durante la etapa de proyecto como la de construcción, exige un incremento en el costo y trabajo, compensado solamente por la eficacia de ese aumento en el ancho de

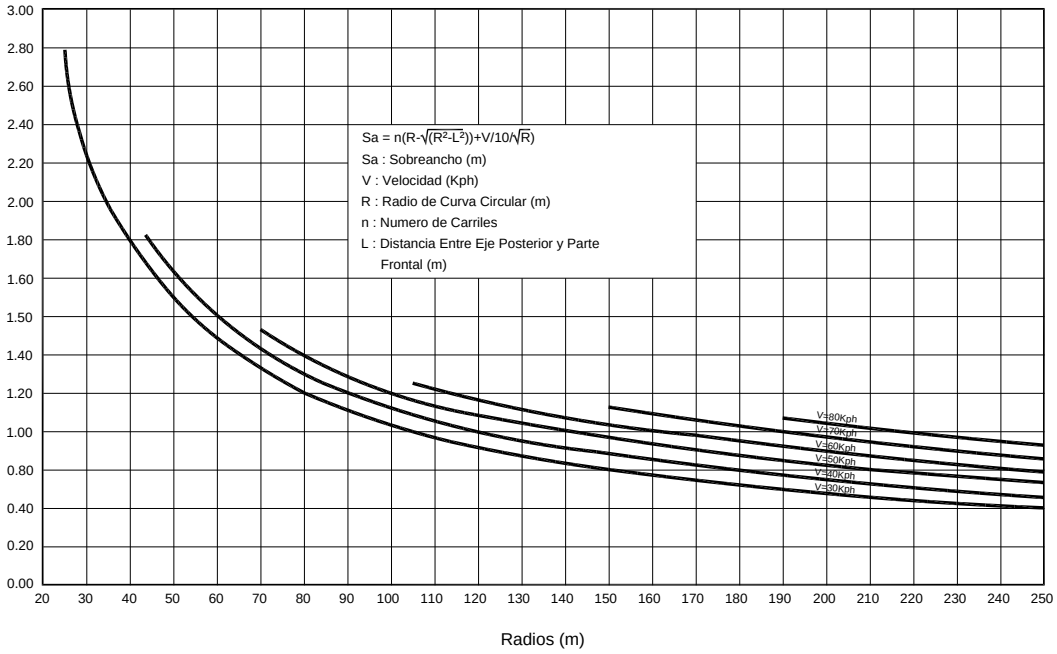
la calzada. Por tanto, los valores muy pequeños de sobreancho no deben considerarse.

Se considera apropiado un valor mínimo de 0,40 m de sobreancho para justificar su adopción.

También puede determinarse el sobreancho, empleando la **Figura 302.18**, en función a "L" del tipo de vehículo de diseño.

Figura 302.18

Valores de sobreancho en función a "L" del tipo de vehículo de diseño



El valor del sobreancho, estará limitado para curvas de radio menor a lo indicado en la **Tabla 302.20** (asociado a V $\leq$ 80 km/h) y se debe aplicar solamente en el borde interior de la calzada. En el caso de colocación de una junta central longitudinal o de demarcación, la línea se debe fijar en toda la mitad de los bordes de la calzada ya ensanchada.

Para radios mayores, asociados a velocidades mayores a 80 km/h, el valor del sobreancho será calculado para cada caso.

Tabla 302.20

Factores de reducción del sobreancho para anchos de calzada en tangente de 7,20m

Radio (R) (m)	Factor de reducción	Radio (R) (m)	Factor de reducción
25	0.86	90	0.60
28	0.84	100	0.59
30	0.83	120	0.54
35	0.81	130	0.52
37	0.8	150	0.47
40	0.79	200	0.38
45	0.77	250	0.27
50	0.75	300	0.18
55	0.72	350	0.12
60	0.70	400	0.07
70	0.69	450	0.08
80	0.63	500	0.05

Nota: El valor mínimo del sobreancho a aplicar es de 0,40 m

302.09.04 Longitud de transición y desarrollo del sobreancho

La **Figura 302.19 (a)**, **(b)** y **(c)**, muestra la distribución del sobreancho en los sectores de transición y circular.

En la **Figura 302.19 (a)**, la repartición del sobreancho se hace en forma lineal empleando para ello, la longitud de transición de peralte, de esta forma se puede conocer el sobreancho deseado en cualquier punto, usando la siguiente formula.

$$S_{a_n} = \frac{S_a}{L} L_n$$

Donde:

Sa_n : Sobreancho deseado en cualquier punto (m)

Sa : Sobreancho calculado para la curva, (m)

Ln : Longitud a la cual se desea determinar el sobreancho (m)

L : Longitud de transición de peralte (m).

La distribución del sobreancho cuando un arco de espiral empalma dos arcos circulares de radio diferente y del mismo sentido, se debe hacer aplicando la siguiente formula, la cual se obtiene a partir de una distribución lineal. La **Figura 302.19(c)**, describe los elementos utilizados en el cálculo.

$$Sa_n = Sa_1 + (Sa_2 - Sa_1)\frac{Ln}{L}$$

Donde:

Sa_n : Sobreancho deseado en cualquier punto (m)

Sa_1 : Sobreancho calculado para el arco circular de menor curvatura (m)

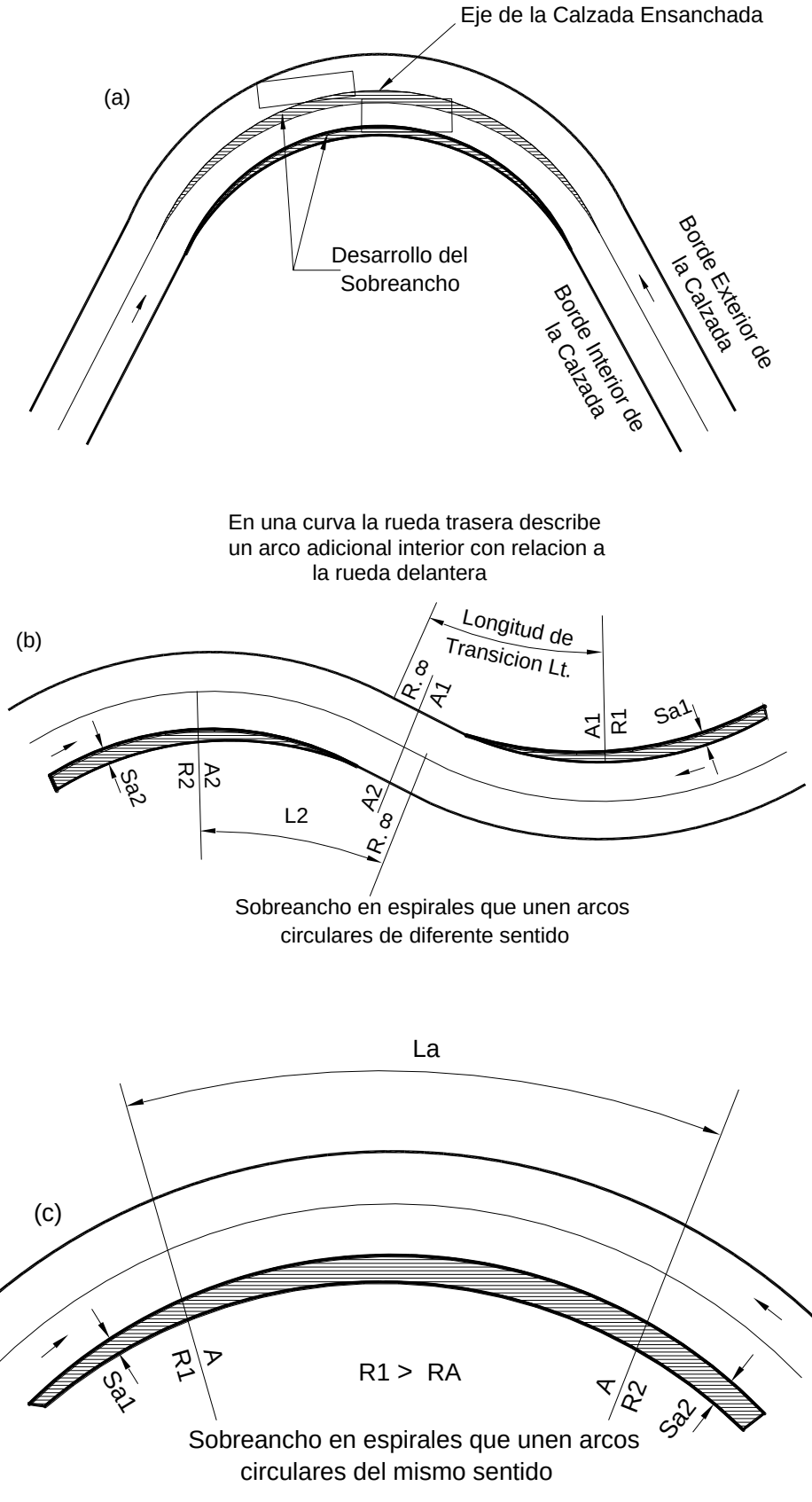
Sa_2 : Sobreancho calculado para el arco circular de mayor curvatura (m)

Ln : Longitud a la cual se desea determinar el sobreancho (m)

L : Longitud del arco de transición (m).

Figura 302.19

Distribución del sobreancho en los sectores de transición y circular



302.10 Verificación de la distancia de visibilidad

La coordinación de los alineamientos horizontal y vertical, respecto a las distancias de visibilidad, debe efectuarse al inicio del proyecto, es decir cuando aún es posible hacer modificaciones en el diseño.

La determinación analítica de los parámetros mínimos que definen los elementos en planta y perfil, asegura distancias de visibilidad acorde con la norma (**Sección 205**). Sin embargo, cuando se tiene zonas con restricción de adelantamiento, puede ser más práctico recurrir al método gráfico, como se muestra en la **Figura 302.20**, para los dos casos siguientes:

Caso I : Dp ó Da < Desarrollo de la curva circular

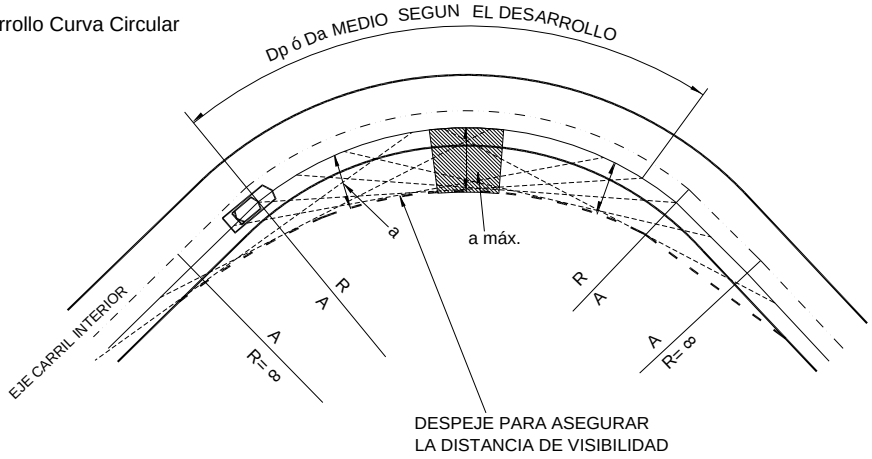
Caso II : Dp ó Da > Desarrollo de la curva circular

Figura 302.20

Determinación gráfica de distancias de visibilidad en curvas en planta casos I y II

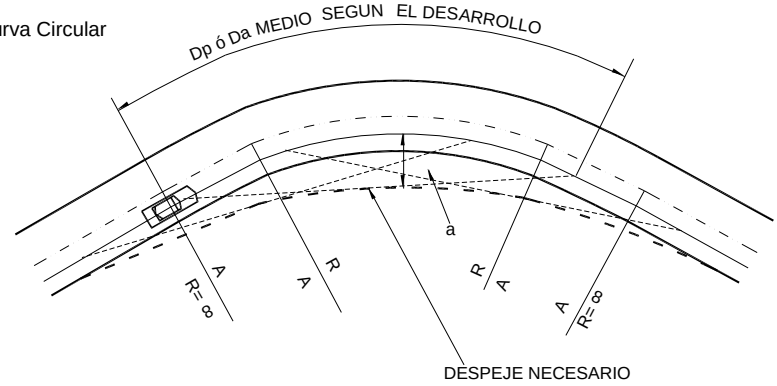
CASO I :

Dp o Da < Desarrollo Curva Circular



CASO II :

Dp o Da > Desarrollo Curva Circular



Nota : El procedimiento es valido tambien para configuración sin curva de transición

En el Caso I la zona sombreada indica el ancho máximo de despeje requerido ($a_{máx}$) para lograr la distancia de visibilidad necesaria. Dicho valor puede ser calculado analíticamente mediante la fórmula siguiente:

$$a_{máx} = \frac{Dv^2}{8R}$$

Con dicha fórmula se obtienen resultados aproximados para todos los efectos, cuando se calcula $a_{máx}$ por condición de parada o cuando se calcula $a_{máx}$ para R > Da en el caso de visibilidad de adelantamiento.

Si la verificación indica que no se tiene la distancia de visibilidad requerida y no es posible aumentar el radio de la curva, se deberá recurrir al método gráfico para calcular las rectificaciones necesarias, ya sea que se trate de un talud de corte u otro obstáculo que se desarrolla a lo largo de toda o parte de la curva.

302.10.01 Verificación en planta

La distancia de visibilidad en el interior de una curva horizontal puede estar limitada por obstrucciones laterales. La fórmula anterior indicada en el Caso I, permite calcular el despeje máximo necesario en la parte central de la curva, pero hacia los extremos de ésta, el despeje disminuye, dando origen a un huso. Lo anterior es válido cuando la distancia de visibilidad requerida es mayor que el desarrollo de la curva, o cuando existen curvas de transición entre la alineación recta y la curva circular. La **Figura 302.20**, muestra cómo mediante un polígono de visuales se puede determinar, para diversas secciones transversales, el despeje necesario medido a partir del eje del carril interior de la calzada.

Las líneas de visual se trazarán de modo que la visibilidad bajo análisis (parada o adelantamiento), se dé a lo largo del desarrollo del eje del carril considerado.

Cuando el obstáculo lateral, está constituido por el talud de un corte y la rasante presenta pendiente uniforme, se considerará que la línea de visual es tangente a éste, a una altura sobre la rasante, igual a la semisuma de la elevación de los ojos del conductor y del obstáculo; según el caso dicha altura será: 0,65 m para Visibilidad de Parada y 1,22 m para Visibilidad de Paso.

Cuando la curva horizontal coincide con una curva vertical, la altura del punto de tangencia sobre el talud será menor o mayor que las citadas, según se trate de una curva vertical convexa o cóncava. En este caso será necesario trabajar simultáneamente con los planos de planta y perfil longitudinal, utilizando el procedimiento indicado para la Verificación de la Visibilidad en Perfil. En efecto, la línea de visual trazada en el perfil longitudinal, para estaciones correspondientes de la planta, permitirá conocer la altura sobre la rasante que habrá de proyectarse al talud del corte.

Cuando el movimiento de tierra involucrado en el despeje es de poca importancia, se puede proceder aceptando el caso más desfavorable

en cuanto a altura sobre la rasante, es decir: h = 0 para curvas convexas y h = 0,65 m ó 1,22 m para distancia de parada (Dp) ó distancia de adelantamiento (Da) en curvas cóncavas.

302.10.02 Verificación en perfil

El método gráfico que se ilustra en la **Figura 302.21**, permite verificar las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento en curvas verticales convexas, lo cual es necesario para determinar la longitud de las zonas de adelantamiento prohibido y consecuentemente apreciar el efecto global de éstas sobre la futura operación de la carretera.

Dicho método implica preparar una reglilla de material plástico transparente, suficientemente rígida, cuyas dimensiones dependerán de la escala del plano en perfil. Por ejemplo, para escala 1:1000 (h); 1:100 (V) las dimensiones serán: Largo: 60 cm y Ancho: 3 cm.

El rayado en el plano representa:

- Trazo segmentado a 1,5 mm del borde superior, representa 15 cm a la escala del plano y corresponde a la altura del obstáculo móvil.
- Trazo lleno a 11,5 mm del borde superior y 100 mm de largo a partir del extremo izquierdo de la reglilla, representa la altura de los ojos del observador (1,15m).
- Trazo lleno a 13 mm del borde superior, marcado a partir del término del trazo anterior y a todo el largo de la reglilla, representa la altura de vehículo (1,30 m).

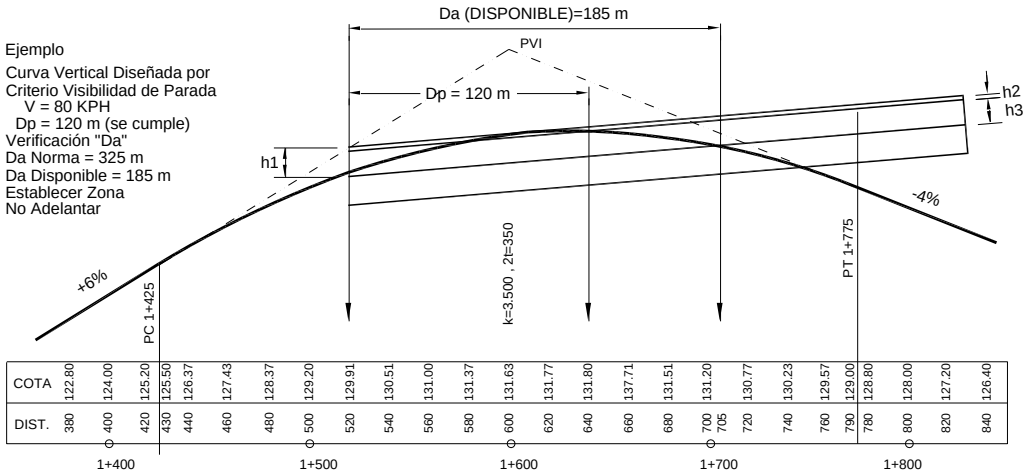
Tal como se observa en la figura, al cortar la rasante con el trazo que dista 1,15 m (a escala del plano), en una estación dada y hacer tangente el borde superior de la reglilla con la rasante, se tiene la línea de visual del conductor; el punto en que la línea de segmentos corta por segunda vez la rasante, será la distancia de visibilidad disponible por condición de parada desde donde se ubica el observador. El punto donde el trazo lleno, que representa los 1,30 m, de altura de un vehículo, corta la rasante, será la distancia de visibilidad de adelantamiento de que se dispone a partir del mismo punto inicial considerado.

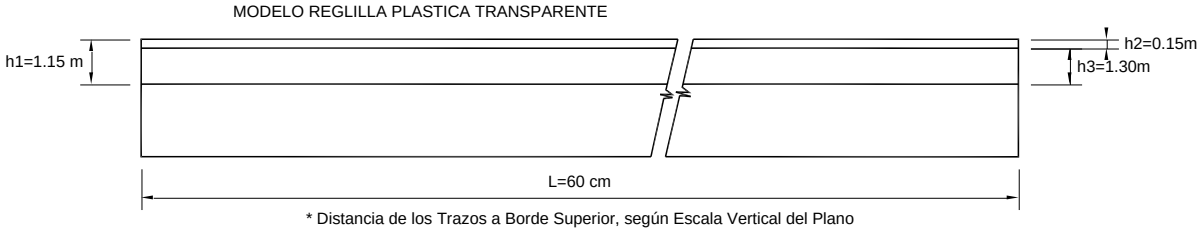
Desplazando por tanto la reglilla a lo largo de la rasante en uno y otro sentido de circulación, se podrá verificar las visibilidades disponibles y analizar el problema de las zonas de adelantamiento restringido.

Cabe destacar que por la distorsión de escala (H) / (V) del plano, no se pueden hacer medidas a lo largo de la reglilla, por lo que las visibilidades disponibles deberán obtenerse por diferencia de los kilometrajes asociados a los puntos de corte de la rasante, con los trazos correspondientes a cada situación.

Figura 302.21

Verificación gráfica distancias de visibilidad en perfil en curvas convexas



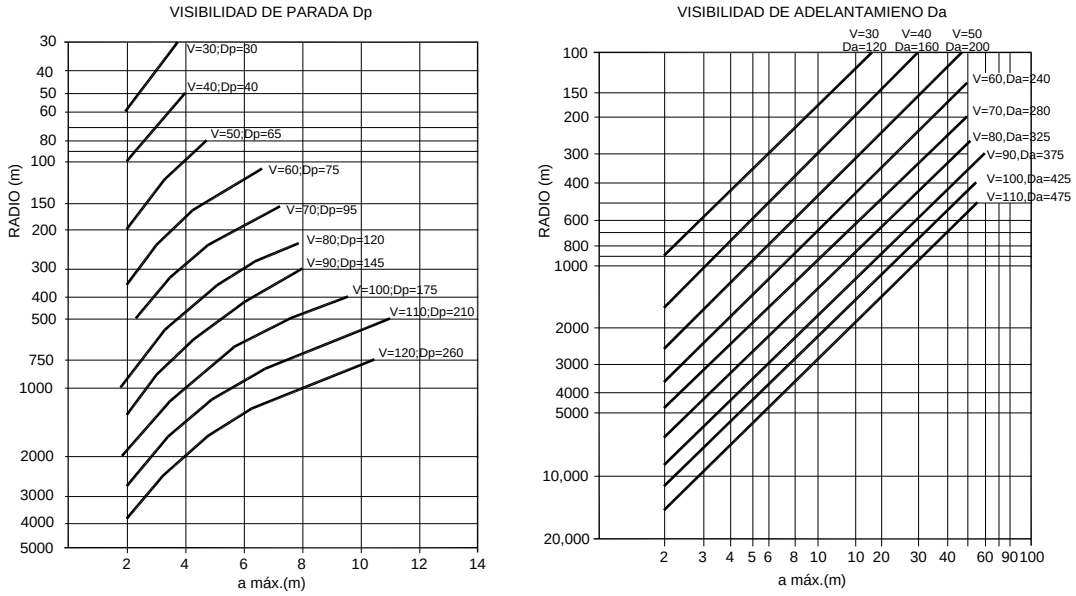


302.10.03 Banquetas de visibilidad

En las curvas horizontales deberán asegurarse la visibilidad a la distancia mínima de parada, de acuerdo a lo indicado en la **Sección 205** y en la presente sección.

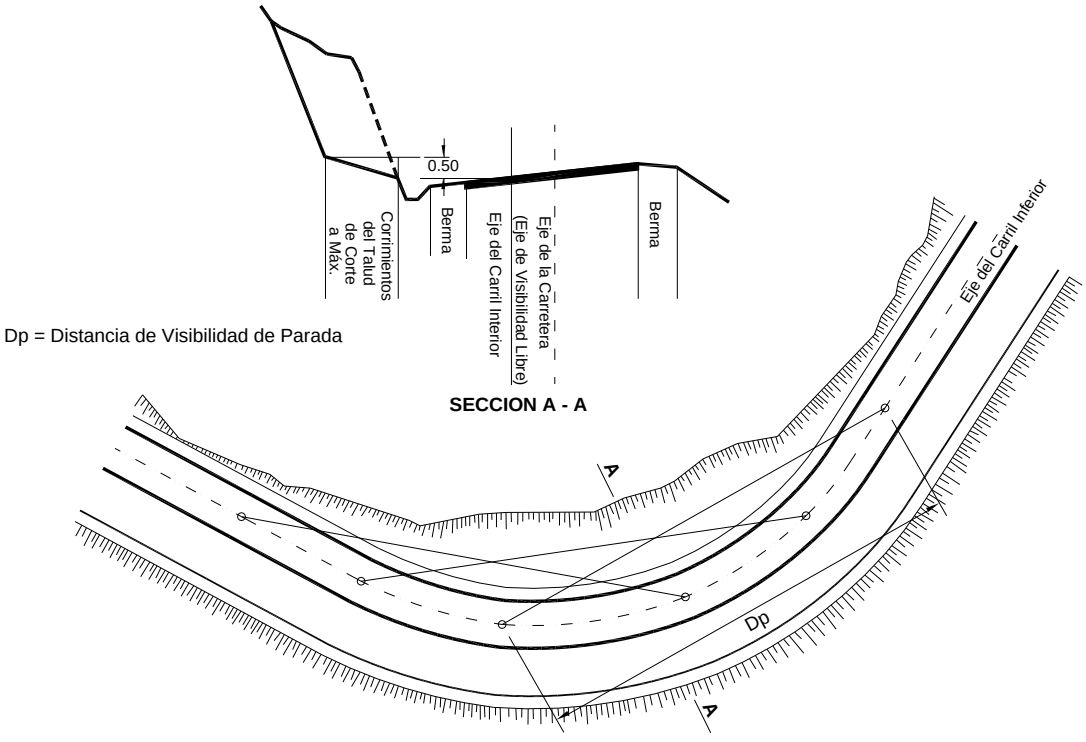
El control de este requisito y la determinación del ancho máximo (a max.) de la banqueta de visibilidad, se definirá luego de verificar si una curva provee o no la distancia de visibilidad requerida, de acuerdo con la **Figura 302.22**.

Figura 302.22



Si la verificación indica que no se tiene la visibilidad requerida y no es posible o económico aumentar el radio de la curva, se recurrirá al procedimiento de la **Figura 302.23**.

Figura 302.23
Visibilidad en Curva



Asimismo se presenta la **Tabla 302.21** con las distancias mínimas a los obstáculos fijos, en tramos en tangente, medidos desde el borde exterior de la berma, hasta el borde del objeto.

Tabla 302.21

Distancias mínimas a obstáculos fijos

Descripción	Distancia (m)
Obstáculos aislados (pilares, postes, etc.)	1,50 (0,60)
Obstáculos continuos (muros, paredes. Barreras, etc.)	0,60 (0,30)
Pared, muro o parapeto, sin flujo de peatones	0,80 (0,60)
Pared, muro o parapeto, con flujo de peatones	1,50

( ) Valores mínimos absolutos, aceptables para carreteras hasta de Segunda Clase.

Para el caso de carreteras de Tercera Clase y cuando las obstrucciones a la visibilidad, tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales en el lado interno de una curva horizontal, será preferible un ajuste en el diseño de la sección transversal o en el alineamiento, a la remoción de la obstrucción.

Según lo antes indicado, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad deberá ser por lo menos igual a la distancia de parada correspondiente, y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva. El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad será el calculado por la siguiente fórmula:

$$a_{mín} = R\left(1 - Cos\frac{28.65\ D_p}{R}\right)$$

Donde:

$a_{mín}$: Ancho mínimo libre.

R : Radio de la curva horizontal.

Dp: Distancia de parada

302.10.04 Zonas de no adelantar

Toda vez que no se disponga la visibilidad de adelantamiento mínima, por restricciones causadas por elementos asociados a la planta o elevación o combinaciones de éstos, la zona de adelantamiento prohibido, deberá quedar señalizada mediante pintura en el pavimento y/o señalización vertical correspondiente.

302.10.05 Frecuencia de las zonas adecuadas para adelantar

Teniendo en cuenta que la visibilidad de adelantamiento requerida es superior a la de parada, la orografía no permite mantener un trazado con distancias de adelantamiento adecuadas.

Por tal razón, los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, deberán distribuirse lo más homogéneamente posible a lo largo del trazado. Por ejemplo, en un tramo de longitud superior a 5 km, emplazado en una topografía dada, se procurará que los sectores con visibilidad adecuada para adelantar con respecto al largo total del tramo, se mantengan dentro de los porcentajes que se indican en la **Tabla 302.22**.

Tabla 302.22

Porcentaje del tramo con visibilidad adecuada para adelantar

Tipo de terreno	% Mínimo	% Deseable
Plano	45	≥65
Ondulado	30	≥50
Accidentado o escarpado	20	≥30

SECCIÓN 303

Diseño geométrico en perfil

303.01 Generalidades

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquéllas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto.

El sistema de cotas del proyecto, estarán referidos y se enlazarán con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

El perfil longitudinal está controlado principalmente por la Topografía, Alineamiento, horizontal, Distancias de visibilidad, Velocidad de proyecto, Seguridad, Costos de Construcción, Categoría del camino, Valores Estéticos y *Drenaje*

303.02 Consideraciones de diseño

- En terreno plano, por razones de drenaje, la rasante estará sobre el nivel del terreno.
- En terreno ondulado, por razones de economía, en lo posible la rasante seguirá las inflexiones del terreno.
- En terreno accidentado, en lo posible la rasante deberá adaptarse al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, para evitar alargamientos innecesarios.
- En terreno escarpado el perfil estará condicionado por la divisoria de aguas.
- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas, que presenten variaciones graduales de los lineamientos, compatibles con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.

- Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica, podrán estar presentes en el trazado si resultan indispensables. Sin embargo, la forma y oportunidad de su aplicación serán las que determinen la calidad y apariencia de la carretera terminada.

- Deberán evitarse las rasantes de "lomo quebrado" (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta). Si las curvas son convexas se generan largos sectores con visibilidad restringida, y si ellas son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se crean falsas apreciaciones de distancia y curvatura.

- En pendientes que superan la longitud crítica, establecida como deseable para la categoría de carretera en proyecto, se deberá analizar la factibilidad de incluir carriles para tránsito lento.

- En pendientes de bajada, largas y pronunciadas, es conveniente disponer, cuando sea posible, carriles de emergencia que permitan maniobras de frenado.

303.03 Pendiente

303.03.01 Pendiente mínima

Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0,5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0,2%.

- Si el bombeo es de 2,5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.

- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0,5% y la mínima excepcional de 0,35%.

- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0,5%.

303.03.02 Pendiente máxima

Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la **Tabla 303.01**, no obstante, se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- En zonas de altitud superior a los 3.000 msnm, los valores máximos de la **Tabla 303.01**, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.

- En autopistas, las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos establecidos en la **Tabla 303.01**.

Tabla 303.01

Pendientes máximas (%)

Demanda		**Autopistas**								**Carretera**				**Carretera**				**Carretera**			
Vehículos/día		**> 6.000**				**6.000 - 4001**				**4.000-2.001**				**2.000-400**				**< 400**			
Características		**Primera clase**				**Segunda clase**				**Primera clase**				**Segunda clase**				**Tercera clase**			
Tipo de orografía		**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Velocidad de diseño:	20 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
	30 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
	40 km/h																9,00	8,00	9,00	10,00	10,00
	50 km/h											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	8,00
	70 km/h			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	7,00		7,00	7,00	7,00	7,00
	80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00	7,00	7,00
	90km/h	4,50	5,00	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00	6,00	6,00
	100km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
	110 km/h	4,00	4,00			4,00															
	120 km/h	4,00	4,00			4,00															
	130 km/h	3,50																			

Notas:

1) En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de éstas se deberán adecuar al orden superior inmediato.
2) De presentarse casos no contemplados en la presente tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

303.03.03 Pendientes máximas excepcionales

Excepcionalmente, el valor de la pendiente máxima podrá incrementarse hasta en 1%, para todos los casos. Deberá justificarse técnica y económicamente la necesidad de dicho incremento.

Para carreteras de Tercera Clase deberán tenerse en cuenta además las siguientes consideraciones:

- En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. La frecuencia y la ubicación de dichos tramos de descanso, contara con la correspondiente evaluación técnica y económica.
- En general, cuando se empleen pendientes mayores a 10%, los tramos con tales pendientes no excederán de 180 m.
- La máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2.000 m, no debe superar el 6%.
- En curvas con radios menores a 50 m de longitud debe evitarse pendientes mayores a 8%, para evitar que las pendientes del lado interior de la curva se incrementen significativamente.

303.03.04 Longitud en pendiente

La **Figura 303.01a** ilustra el efecto de las pendientes uniformes de subida, de longitudes dadas, sobre la velocidad de operación de camiones.

El ábaco está elaborado para camiones pesados del tipo 150 a 180 Kg/Hp ~ 203 a 244 kg/kW Neto, que representan el parque de camiones con remolque o semirremolque. Así mismo, es independiente de la velocidad de entrada a la pendiente, en tanto la rasante de aproximación sea prácticamente horizontal.

Además, el ábaco muestra la caída de velocidad para un camión con remolque o semirremolque cargado, cuya relación peso/potencia sea del orden de 150 kg/Hp ~ 203 kg/kw Neto. Se considera que la rasante de aproximación a la pendiente es prácticamente horizontal y la velocidad al comienzo de la pendiente de 65 km/h. La sección horizontal de las curvas indica la velocidad de régimen del camión, la que no puede ser superada en tanto no disminuya la pendiente.

La **Figura 303.01b** ilustra el concepto de la longitud crítica en pendiente, es decir, la combinación de magnitud y longitud de pendiente que causa un descenso en la velocidad de operación del camión de "X" km/h.

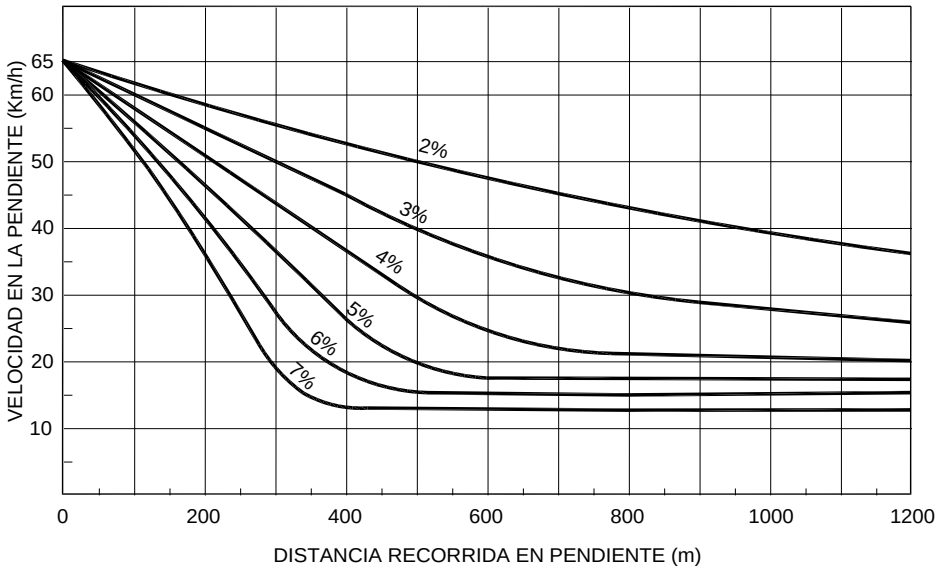
El ábaco por tanto, permite establecer la longitud máxima que puede darse a una pendiente de magnitud dada, si se desea evitar que la velocidad de operación de los camiones en horizontal disminuya en más de "X" km/h en las zonas en pendientes.

Si la longitud y magnitud de una pendiente inevitable produce descensos superiores a los 25 km/h, en especial en caminos bidireccionales donde no existe visibilidad para adelantar, debe realizarse un análisis técnico económico a fin de establecer la factibilidad de proyectar carriles de ascenso. En pendiente, como norma general, es recomendable no superar los 15 km/h de caída de velocidad, para camiones.

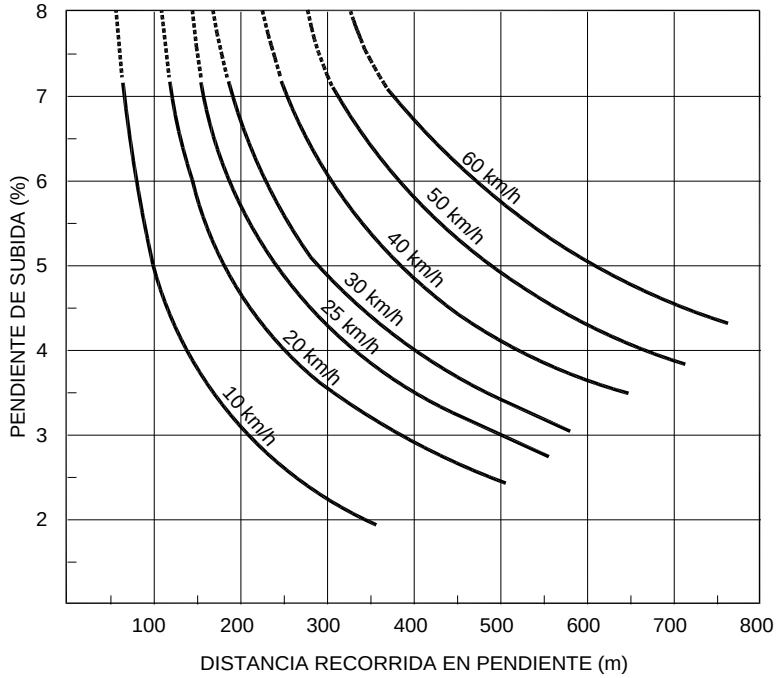
Figura 303.01

Disminución de velocidad (a) y magnitud critica (b), en pendientes

a) Disminución de Velocidad en pendiente



b) Longitud Critica en Pendiente



303.03.05 Carriles adicionales

Cuando la pendiente implique una reducción de la velocidad de operación de 25 km/h ó más, debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de añadir un carril adicional en la vía, en función al volumen de tránsito y porcentaje de camiones.

Siempre que se amplíe la plataforma para disponer un carril adicional, se mantendrán las dimensiones de las bermas.

En carreteras de una calzada, el carril de ascenso no debe utilizarse como carril de adelantamiento.

Para la implementación de los carriles adicionales se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

- En Autopistas: Los carriles adicionales deben ubicarse al lado izquierdo de la calzada (carriles para circulación rápida).
- Carreteras de una calzada: Los carriles adicionales deben ubicarse al lado derecho de la calzada (carriles para circulación lenta).

En lo que respecta a las dimensiones de los carriles adicionales, estos tendrán el mismo ancho que los de la calzada, evitando proyectar carriles con longitudes menores a 250 m.

Antes del inicio de los carriles adicionales para circulación lenta o rápida, debe existir una transición, con una longitud mínima de 70 m.

El carril adicional para circulación rápida se prolongará a partir de la sección, en la que desaparecen las condiciones que lo hicieron necesario, cuya longitud se calculara con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{6\,(V + 20)}{5}$$

Donde:

L : Longitud de prolongación (m).

V : Velocidad de diseño (km/h)

A la prolongación anterior le seguirá una transición con una longitud mínima de 120 m y una zona señalizada en una longitud mínima de 200 m.

El carril adicional para circulación lenta, se prolongará hasta que el vehículo lento alcance el 85% de la velocidad de diseño, sin que dicho porcentaje pueda sobrepasar los 80 km/h.

A la prolongación anterior, se añadirá una transición con una longitud mínima de 100 m.

El final de un carril adicional para circulación lenta, no deberá coincidir con un tramo de carretera donde exista prohibición de adelantamiento.

303.04 Curvas verticales

303.04.01 Generalidades

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás.

Dichas curvas verticales parabólicas, son definidas por su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K = L/A$$

Donde,

K : Parámetro de curvatura

L : Longitud de la curva vertical

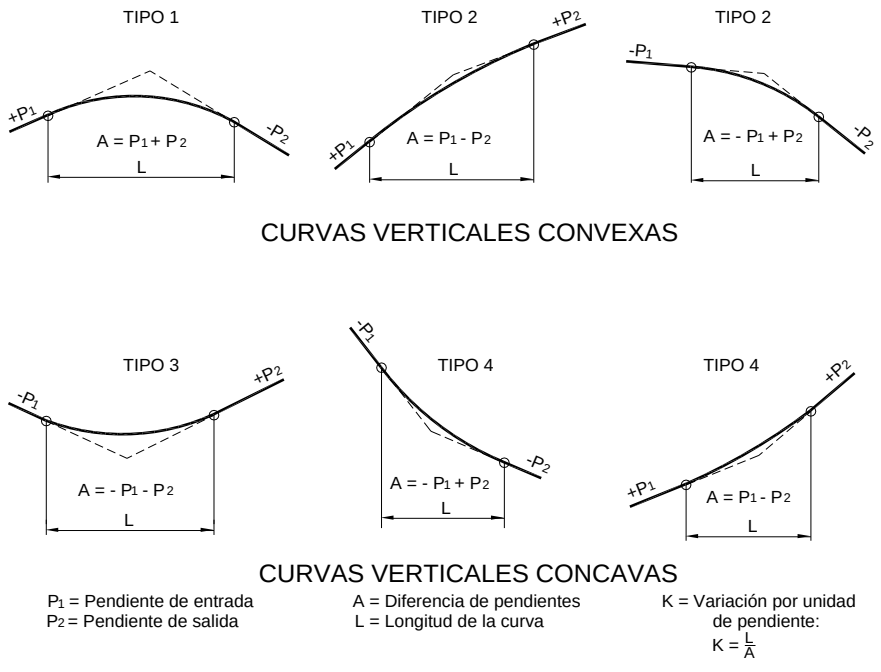
A : Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

303.04.02 Tipos de curvas verticales

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales convexas y cóncavas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. En la **Figura 303.02** se indican las curvas verticales convexas y cóncavas y en la **Figura 303.03** las curvas verticales simétricas y asimétricas.

Figura 303.02

Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



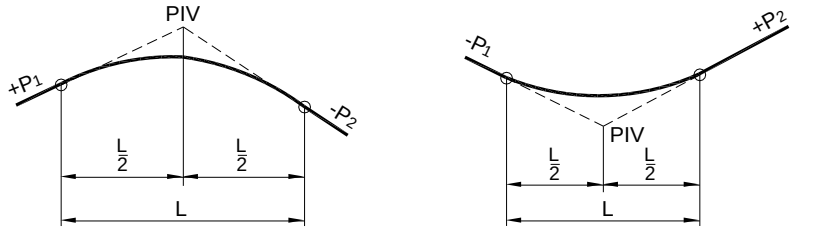
P1 = Pendiente de entrada
P2 = Pendiente de salida

A = Diferencia de pendientes
L = Longitud de la curva

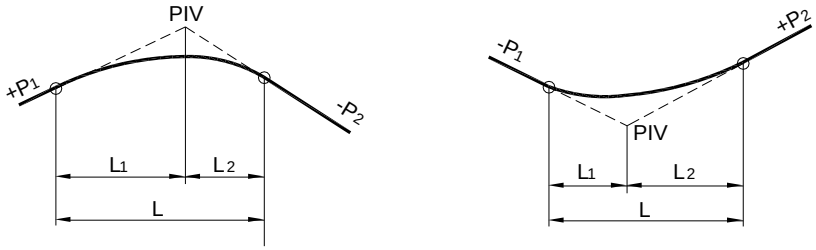
K = Variación por unidad de pendiente:
$K = \frac{L}{A}$

Figura 303.03

Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas



CURVAS VERTICALES SIMETRICAS



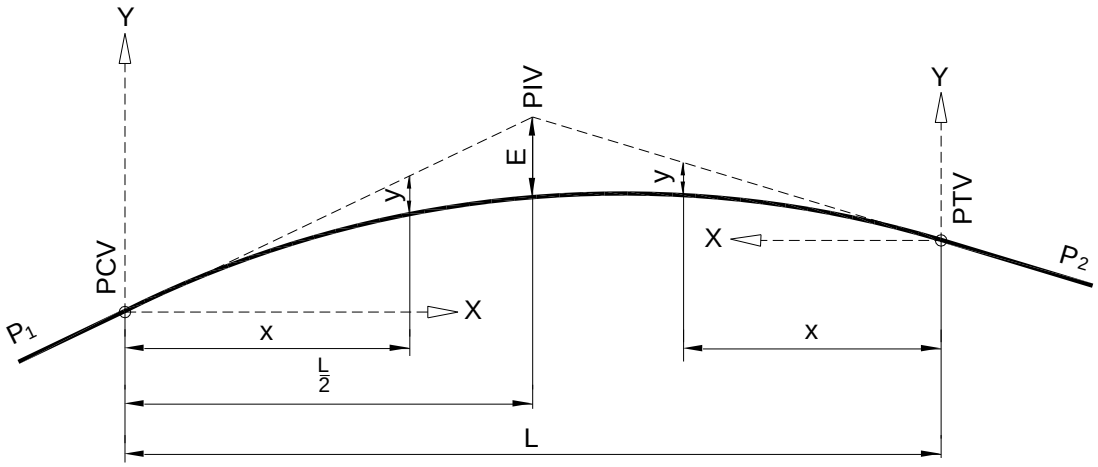
CURVAS VERTICALES ASIMETRICAS

L = Longitud de la curva L_1 = Longitud rama de entrada L_2 = Longitud rama de salida

La CURVA VERTICAL SIMÉTRICA está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se incluyen a continuación, tal como se aprecia en la **Figura 303.04.**

Figura 303.04

Elementos de la curva vertical simétrica



Donde:

PCV : Principio de la curva vertical

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV : Término de la curva vertical

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

S1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)

$$A = |S_1 - S_2|$$

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{A\,L}{800}$$

X : Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

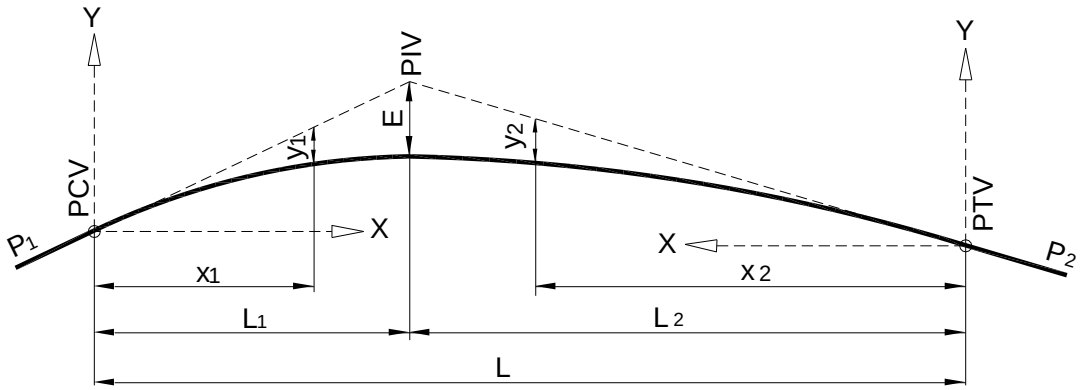
Y : Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y = x^2\left(\frac{A}{200\ L}\right)$$

La curva vertical asimétrica está conformada por dos parábolas de diferente longitud (L1, L2) que se unen en la proyección vertical del PIV. Ver **Figura 303.05**.

Figura 303.05

Elementos de la curva vertical asimétrica



Donde:

PCV : Principio de la curva vertical

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV : Término de la curva vertical

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m), se cumple: L = L1 + L2 y L1 ≠ L2.

S1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

L1 : Longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal en metros (m).

L2 : Longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

$$A = |S_1 - S_2|$$

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{A\ L_1\ L_2}{200\ (L_1 + L_2)}$$

X1 : Distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama de la curva medida desde el PCV

X2 : Distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama de la curva medida desde el PTV

Y1 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y_1 = E\left(\frac{X_1}{L_1}\right)^2$$

Y2 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PTV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y_2 = E\left(\frac{X_2}{L_2}\right)^2$$

En el proyecto de curvas verticales, es necesario tomar en consideración los siguientes criterios:

- Debido a los efectos dinámicos, para que exista comodidad es necesario que la variación de pendiente sea gradual, situación que resulta más crítica en las curvas cóncavas, por actuar las fuerzas de gravedad y centrífuga en la misma dirección.
- Generalmente se proyectan curvas verticales simétricas, es decir, aquellas en las que las tangentes son de igual longitud. Las tangentes desiguales o las curvas verticales no simétricas son curvas parabólicas compuestas. Por lo general, su uso se garantiza sólo donde no puede introducirse una curva simétrica por las condiciones impuestas del alineamiento.
- El criterio de comodidad, se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección se suma al peso propio del mismo. Generalmente queda englobado siempre por el criterio de seguridad.
- El criterio de operación, se aplica al diseño de curvas verticales con visibilidad completa, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- El criterio de drenaje, se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas o convexas en zonas de corte, lo cual conlleva a modificar las pendientes longitudinales de las cunetas.
- El criterio de seguridad, se aplica a curvas cóncavas y convexas. La longitud de la curva debe ser tal, que en todo su desarrollo la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada. En algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de paso.

303.04.03 Longitud de las curvas convexas

La longitud de las curvas verticales convexas, se determina con las siguientes fórmulas:

a) Para contar con la visibilidad de parada (Dp).

Cuando Dp < L;

$$L = \frac{A\ D_p^2}{100\left(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2}\right)^2}$$

Cuando Dp > L;

$$L = 2D_p - \frac{200\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)^2}{A}$$

Donde, para todos los casos:

L : Longitud de la curva vertical (m)

Dp: Distancia de visibilidad de parada (m)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

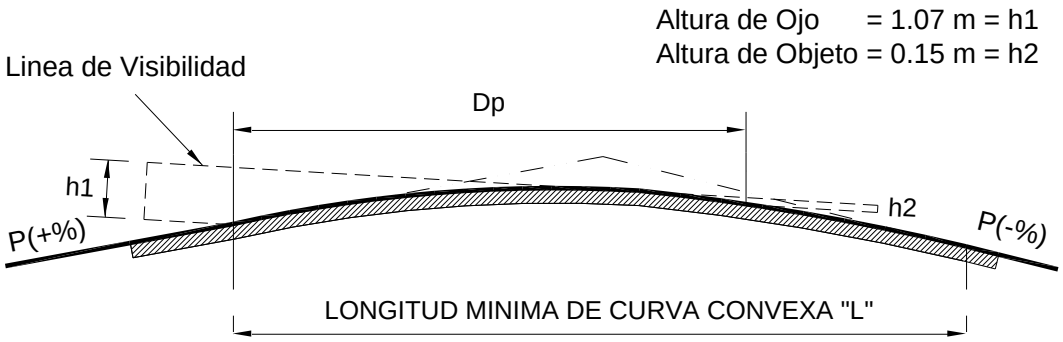
h_1 : Altura del ojo sobre la rasante (m)

h_2 : Altura del objeto sobre la rasante (m)

La **Figura 303.06**, presenta los gráficos para resolver las ecuaciones planteadas, para el caso más común con h_1 = 1,07 m y h_2 = 0,15 m.

Figura 303.06

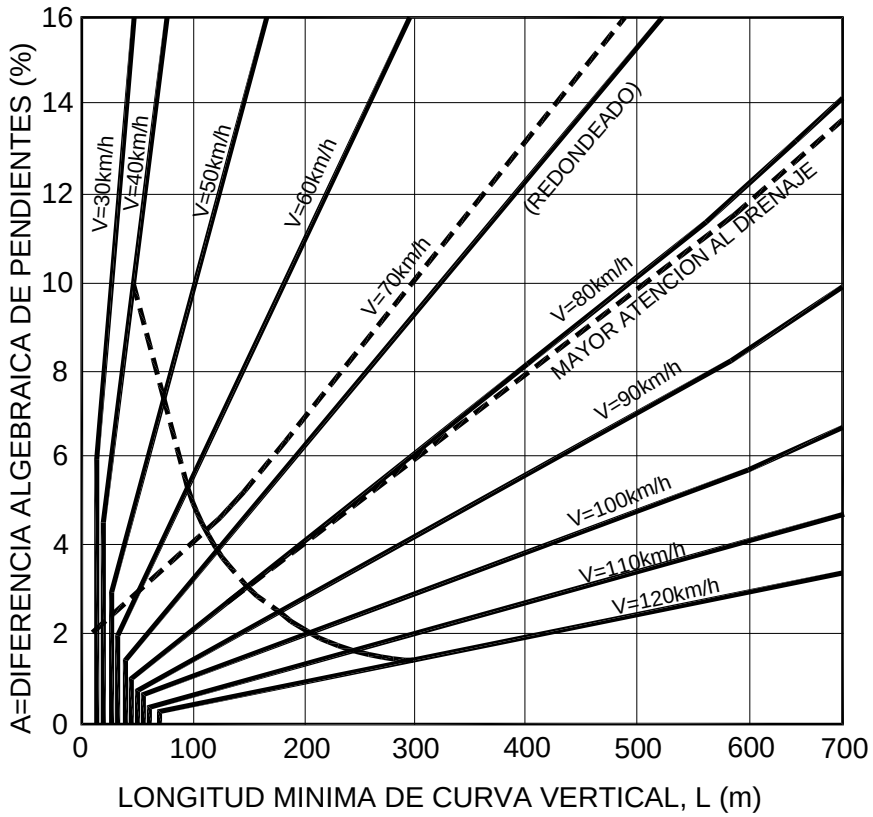
Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada



L = Longitud de la curva vertical (m)
Dp = Distancia de Visibilidad de Frenado (m)
V = Velocidad de Diseño (Km/h)
A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

Para Dp > L $\quad L = 2Dp - \frac{404}{A}$

Para Dp < L $\quad L = \frac{ADp^2}{404}$



b) Para contar con la visibilidad de adelantamiento o paso (Da).

Cuando: Da < L

$$L = \frac{A\ D_a^2}{946}$$

Cuando: Da > L

$$L = 2D_a - \frac{946}{A}$$

Donde:

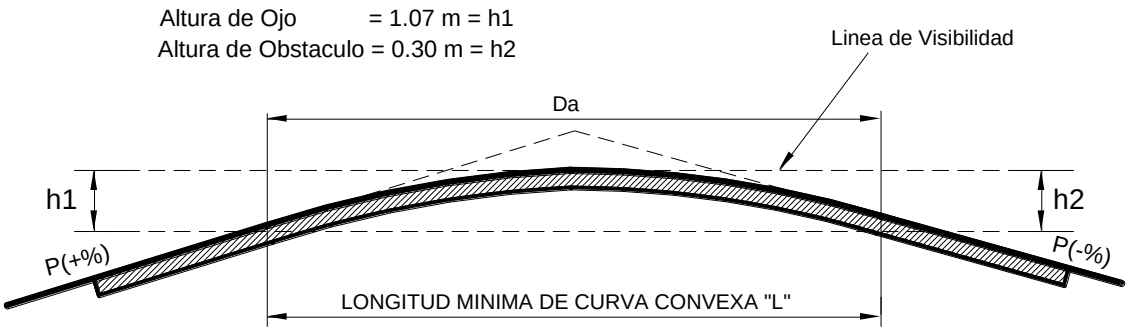
Da : Distancia de visibilidad de adelantamiento o Paso (m)

L y A : Idem (a)

Se utilizará los valores de longitud de Curva Vertical de la **Figura 303.07** para esta condición, asimismo se aplicaran las mismas fórmulas que en (a); utilizándose como h_2 = 1.30 m, considerando h_1 = 1.07 m.

Figura 303.07

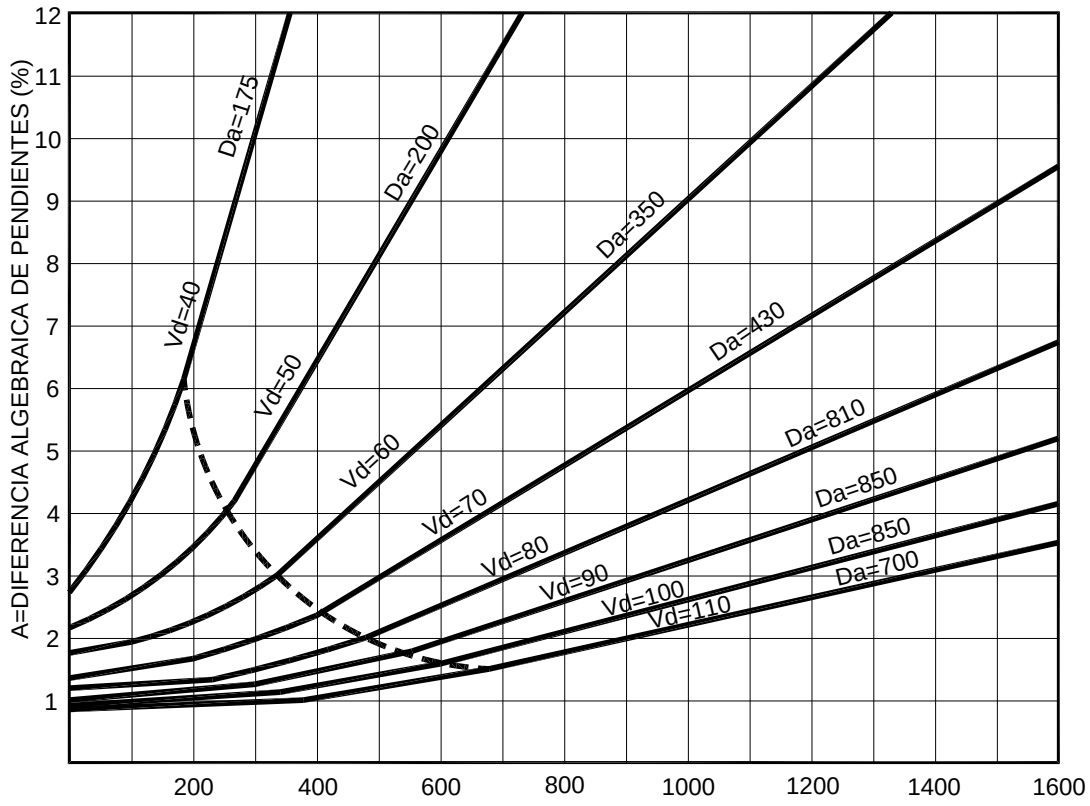
Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso



L = Longitud de la curva vertical (m)
D = Distancia de Visibilidad de Paso (m)
V = Velocidad de Diseño (Km/h)
A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

Para Da > L $\quad L = 2Da - \frac{946}{A}$

Para Da < L $\quad L = \frac{ADa^2}{946}$



LONGITUD MINIMA DE CURVA VERTICAL PARABOLICA, L (m)

Los valores del Índice K al que se refiere el **Art. 303.04.01** para la determinación de la longitud de las curvas verticales convexas para carreteras de Tercera Clase, serán los indicados en la **Tabla 303.02**.

Tabla 303.02

Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	Índice de curvatura K
20	20	0,6		
30	35	1,9	200	46
40	50	3,8	270	84
50	65	6,4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

303.04.04 Longitud de las curvas cóncavas

La longitud de las curvas verticales cóncavas, se determina con las siguientes fórmulas:

Cuando : D < L

$$L = \frac{A\ D^2}{120 + 3.5D}$$

Cuando : D > L

$$L = 2D - \left(\frac{120 + 3.5D}{A}\right)$$

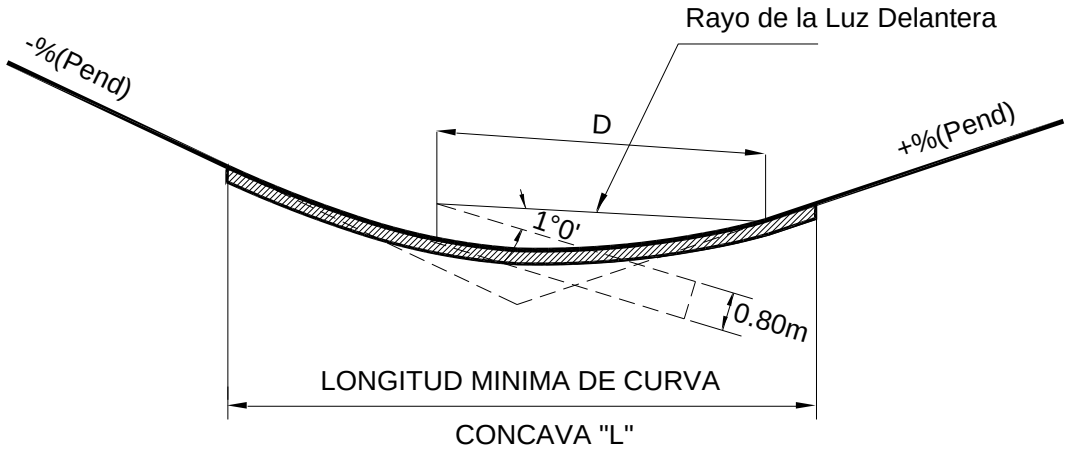
Donde:

D : Distancia entre el vehículo y el punto donde con un ángulo de 1º, los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.

Del lado de la seguridad se toma D = Dp, cuyos resultados se aprecian en la **Figura 303.08**.

Figura 303.08

Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas



L = Longitud de la curva vertical (m)
D = Distancia desde los Faros a la rasante (m)
V = Velocidad de Diseño (Km/h)
A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

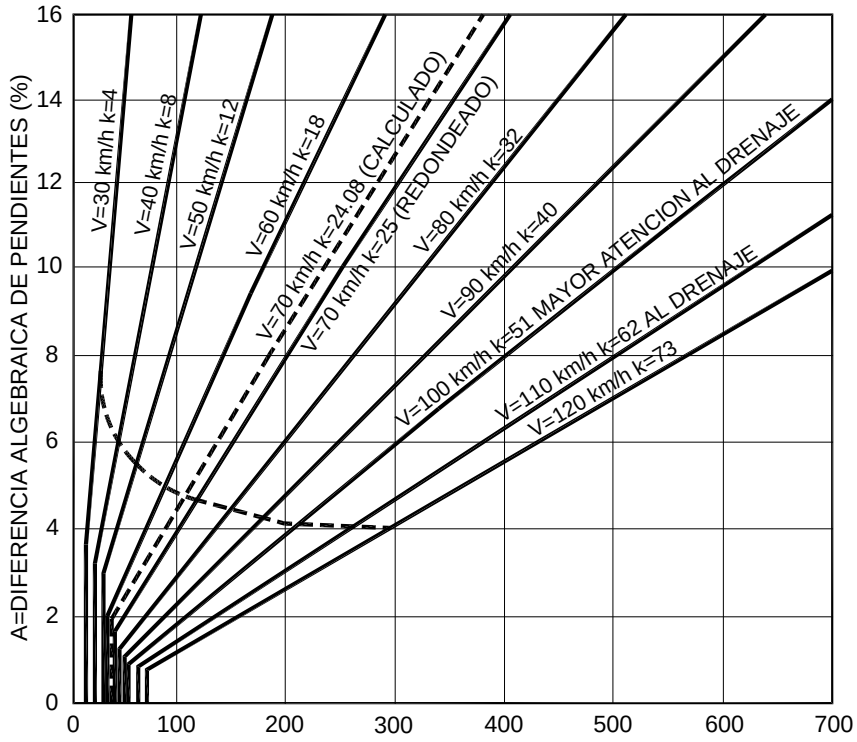
D = Dp

Dp > L

$$L = 2Dp - \left(\frac{120+3{,}50\ Dp}{A}\right)$$

Dp < L

$$L = \frac{A\ Dp^2}{120+3.5\ Dp}$$



Adicionalmente, considerando que los efectos gravitacionales y de fuerzas centrífugas afectan en mayor proporción a las curvas cóncavas, se aplicará la siguiente fórmula:

$$L = \frac{A\,V^2}{395}$$

Donde:

V : Velocidad de proyecto (km/h)

L : Longitud de la curva vertical (m)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

Los valores del Índice K al que se refiere el **Artículo 303.04.01** para la determinación de la longitud de las curvas verticales cóncavas para carreteras de Tercera Clase, serán los indicados en la **Tabla 303.03**.

Tabla 303.03

Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m).	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

SECCIÓN 304

Diseño geométrico de la sección transversal

304.01 Generalidades

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas dimensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios.

Constituyen secciones transversales particulares, las correspondientes a los puentes y pontones, túneles, ensanches de plataforma y otros.

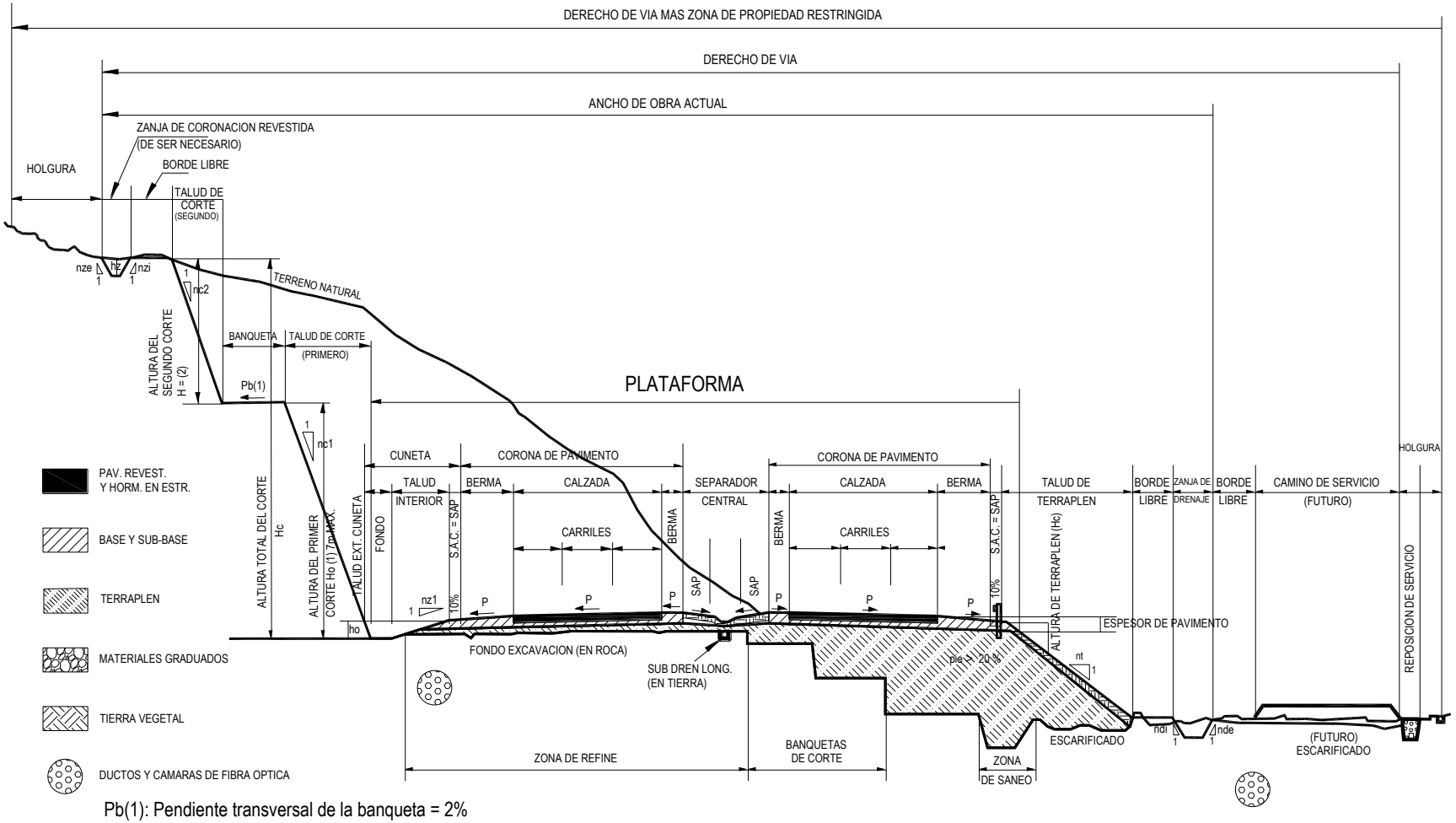
En zonas de concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores, maquinaria agrícola, animales y otros, la sección transversal debe ser proyectada de tal forma que constituya una solución de carácter integral a tales situaciones extraordinarias, y así posibilitar, que el tránsito por la carretera se desarrolle con seguridad vial.

304.02 Elementos de la sección transversal

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto. En las **Figuras 304.01 y 304.02**, se muestra una sección tipo a media ladera para una autopista en tangente y una carretera de una calzada de dos carriles en curva.

Figura 304.01

Sección transversal tipo a media ladera para una autopista en tangente

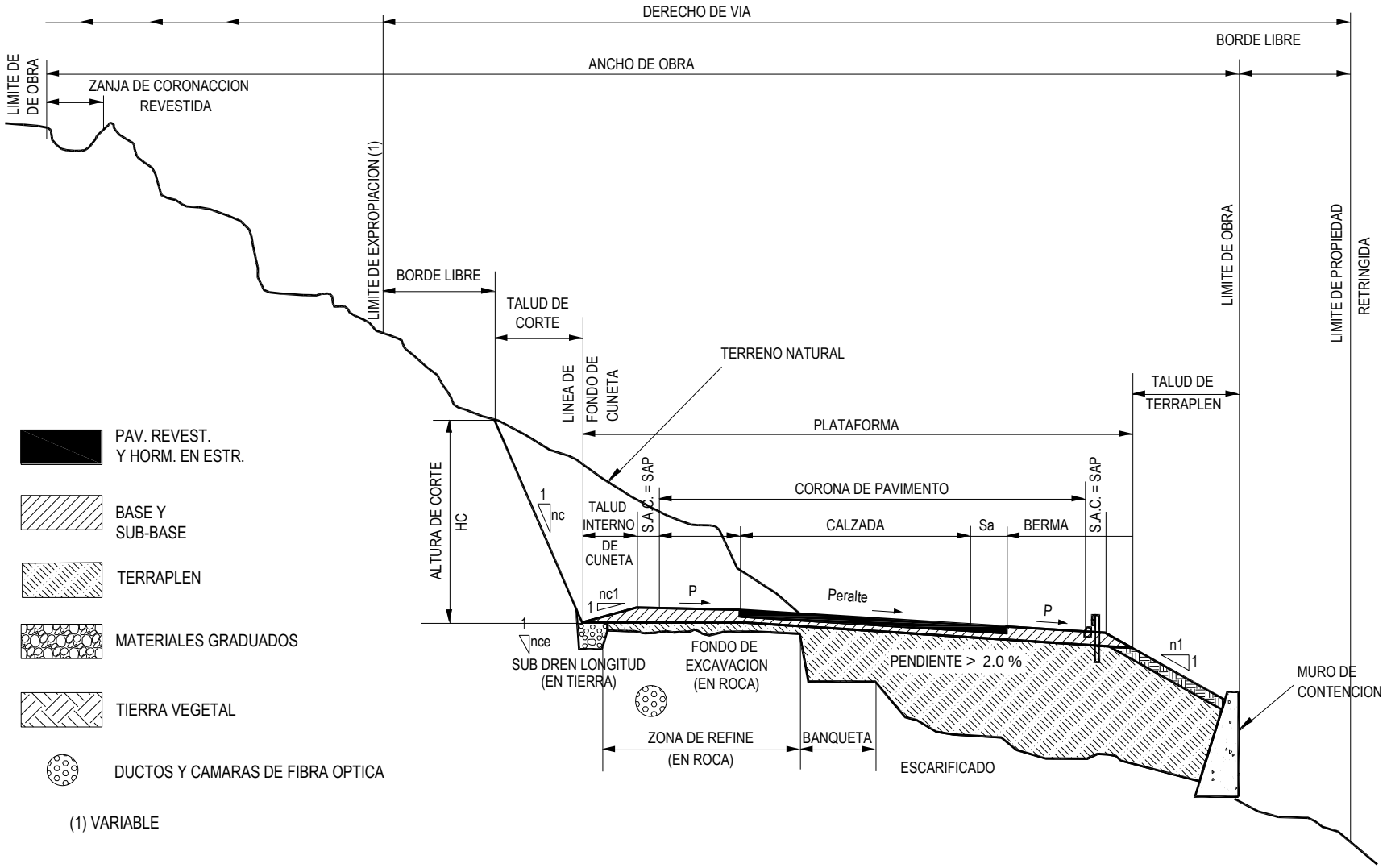


Pb(1): Pendiente transversal de la banqueta = 2%
Pendiente longitudinal de banqueta 3% máximo

SAP : Sobreancho Plataforma

Figura 304.02

Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva



304.03 Calzada o superficie de rodadura

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma. La calzada se divide en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones y composición del tráfico, acorde al IMDA de diseño, así como del nivel de servicio deseado. Los carriles de adelantamiento, no serán computables para el número de carriles. Los anchos de carril que se usen, serán de 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m.

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

En autopistas: El número mínimo de carriles por calzada será de dos.

En carreteras de calzada única: Serán dos carriles por calzada.

304.03.01 Ancho de la calzada en tangente

El ancho de la calzada en tangente, se determinará tomando como base el nivel de servicio deseado al finalizar el período de diseño. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.

En la **Tabla 304.01**, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla 304.01
Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	**Autopista**								**Carretera**				**Carretera**				**Carretera**			
Tráfico vehículos/día	**> 6.000**				**6.000 - 4001**				**4.000-2.001**				**2.000-400**				**< 400**			
Tipo	**Primera Clase**				**Segunda Clase**				**Primera Clase**				**Segunda Clase**				**Tercera Clase**			
Orografía	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
Velocidad de diseño: 30 km/h																		6,60	6,00	6,00
40 km/h															6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	6,00
50 km/h											7,20	7,20		7,20	6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	
60 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20			7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 km/h			7,20	7,20			7,20	7,20		7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60		6,60			
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20						
90 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20									
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20										
110 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20														
120 km/h	7,20	7,20			7,20	7,20														
130 km/h	7,20	7,20																		

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 5,00 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

En casos particulares, la vía materia de diseño puede requerir una sección transversal que contenga elementos complementarios, tales como barreras de seguridad u otros, en cuyo caso, se contemplará los anchos adicionales que requiera la instalación de dichos elementos.

304.03.02 Ancho de tramos en curva

A los anchos mínimos de calzada en tangente indicados en la **Tabla 304.01** se adicionaran los sobreanchos correspondientes a las curvas, de acuerdo a lo establecido en el **tópico 302.09**.

304.04 Bermas

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.

Las autopistas contarán con bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras de un ancho inferior. En las carreteras de calzada única, las bermas deben tener anchos iguales.

Adicionalmente, las bermas mejoran las condiciones de funcionamiento del tráfico y su seguridad; por ello, las bermas desempeñan otras funciones en proporción a su ancho tales como protección al pavimento y a sus capas inferiores, detenciones ocasionales, y como zona de seguridad para maniobras de emergencia.

La función como zona de seguridad, se refiere a aquellos casos en que un vehículo se salga de la calzada, en cuyo caso dicha zona constituye un margen de seguridad para realizar una maniobra de emergencia que evite un accidente.

304.04.01 Ancho de las bermas

En la **Tabla 304.02**, se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Tabla 304.02
Ancho de bermas

Clasificación		Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día		> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características		Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño:	30 km/h																		0,90	0,50	0,50
	40 km/h															1.20	1,20	1,20	0,90	0,50	0,50
	50 km/h											2,60	2,60		2,00	1,20	1,20	1,20	0,90	0,90	
	60 km/h			3,00	3,00			2,60	2,60			2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20		
	70 km/h			3,00	3,00			3,00	3,00		3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,20		1,20			
	80 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00						
	90 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00									
	100 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00	3,00										
	110 km/h	3,00	3,00			3,00	3,00														
	120 km/h	3,00	3,00			3,00	3,00														
	130 km/h	3,00	3,00																		

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

b) Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1,20 m para Autopistas de Segunda Clase

c) Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias, de a acuerdo a lo previsto en el **Tópico 304.12**, debiendo reportar al órgano normativo del MTC.

304.04.02 Inclinación de las bermas

En las vías con pavimento superior, la inclinación de las bermas, se regirá según la **Figura 304.03** para las vías a nivel de afirmado, en los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento. En los tramos en curva se ejecutará el peralte, según lo indicado en el **Artículo 304.04.05**.

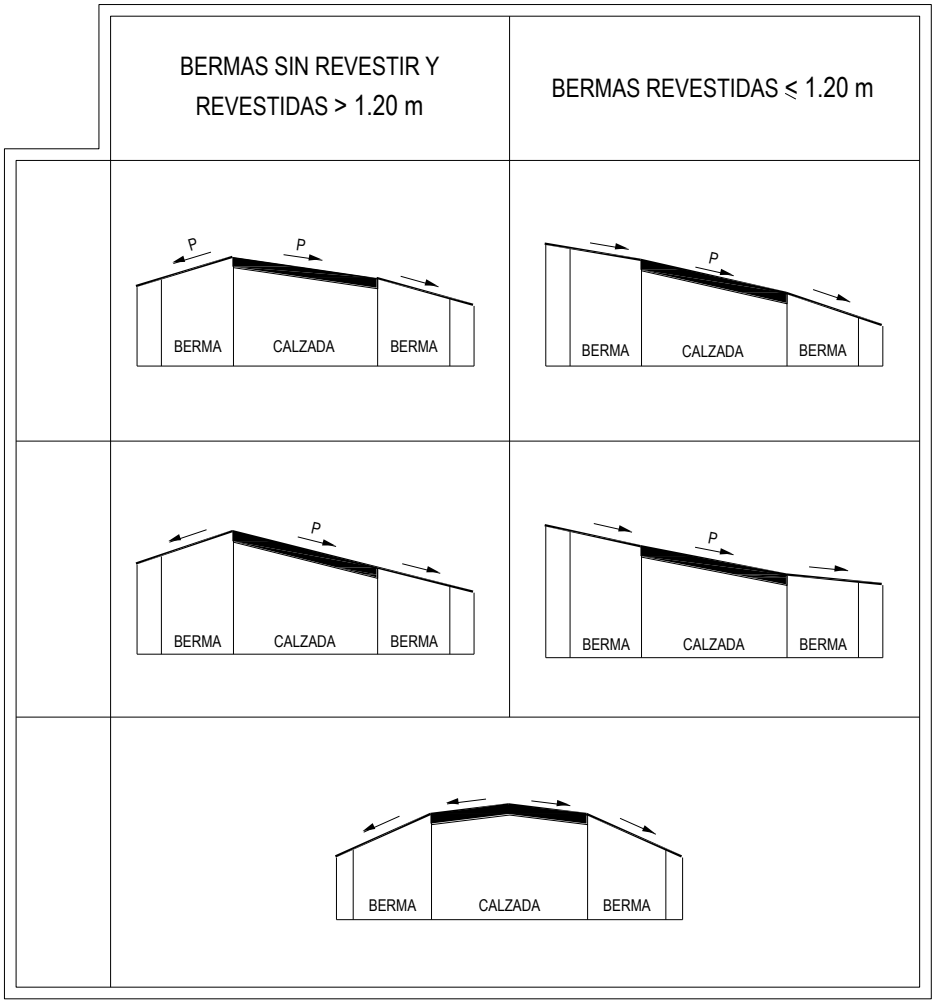
En el caso de que la berma se pavimente, será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0,5 m de ancho sin pavimentar. A esta banda se le denomina sobreancho de compactación (s.a.c.) y puede permitir la localización de señalización y defensas.

En el caso de las carreteras de bajo tránsito:

- En los tramos en tangentes, las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.
- La berma situada en el lado inferior del peralte, seguirá la inclinación de éste cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.
- La berma situada en la parte superior del peralte, tendrá en lo posible, una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7% la berma superior quedará con una inclinación hacia la calzada, igual a la del peralte menos 7%.

Figura 304.03
Inclinación transversal de bermas

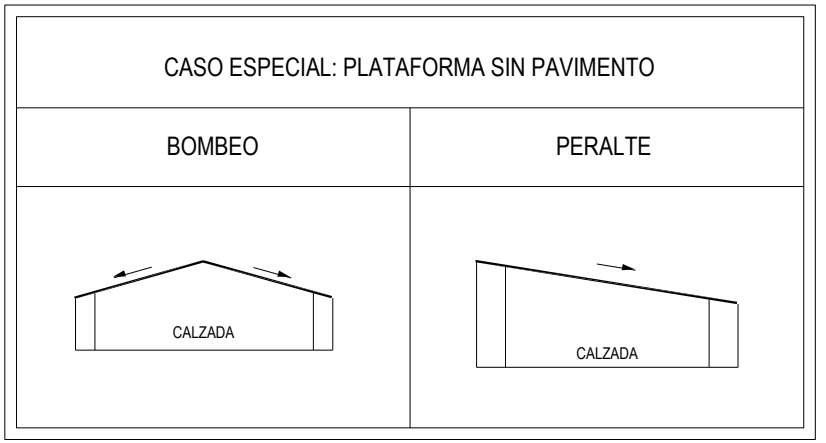


(*) Si 0 ≤ p ≤ 8 - PN; p´= PN Si 8 - PN < p < 8 ; p´= 8 - p

Superficie de las Bermas	INCLINACIONES TRANSVERSALES MINIMAS DE LAS BERMAS	
	INCLINACIONES NORMAL (IN)	INCLINACION ESPECIAL
Pav. o Tratamiento	4%	0% (2)
Grava o Afirmado	4% - 6% (1)	
Césped	8%	

1 La utilización de cualquier valor dentro de este rango depende de la de la zona. Se deben utilizar valores cada vez mayores a medida que aumenta la intensidad promedio de las precipitaciones.

2 Caso especial cuando el peralte de la curva es igual al 8% y la berma es exterior.



304.05 Bombeo

En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

La **Tabla 304.03** especifica los valores de bombeo de la calzada. En los casos donde indica rangos, el proyectista definirá el bombeo, teniendo en cuenta el tipo de superficies de rodadura y la precipitación pluvial.

Tabla 304.03
Valores del bombeo de la calzada

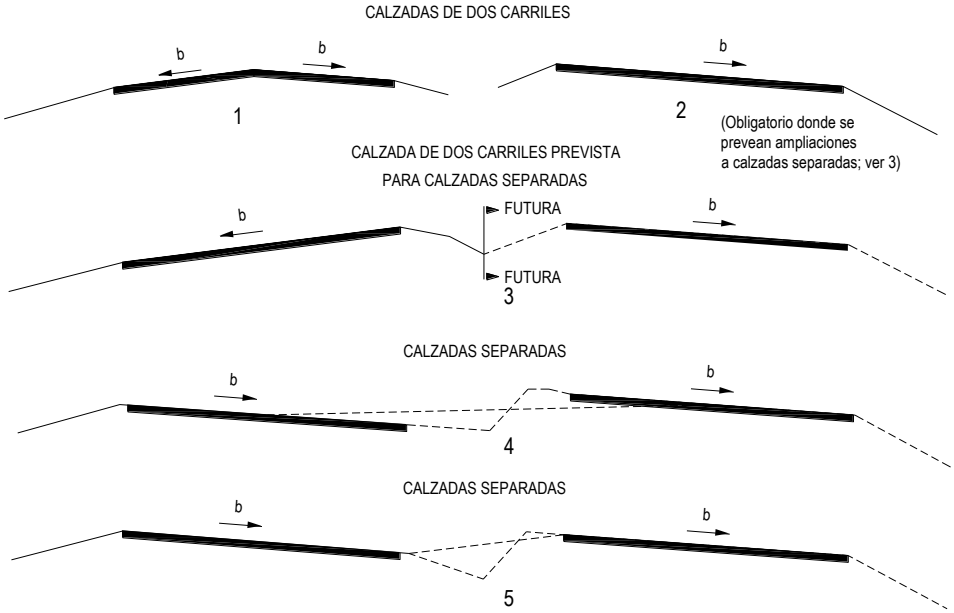
Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfaltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

El bombeo puede darse de varias maneras, dependiendo del tipo de carretera y la conveniencia de evacuar adecuadamente las aguas, entre las que se indican:

- La denominada de dos aguas, cuya inclinación parte del centro de la calzada hacia los bordes.
- El bombeo de una sola agua, con uno de los bordes de la calzada por encima del otro. Esta solución es una manera de resolver las pendientes transversales mínimas, especialmente en tramos en tangente de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido.

Los casos antes descritos se presentan en la **Figura 304.04.**

Figura 304.04
Casos de bombeo



304.06 Peralte

Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo

304.06.01 Valores del peralte (máximos y mínimos)

Las curvas horizontales deben ser peraltadas; con excepción de los valores establecidos fijados en la **Tabla 304.04**.

Tabla 304.04
Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3.500	3.500	3.500	7.500

En la ***Tabla 304.05*** se indican los valores máximos del peralte, para las condiciones descritas:

Tabla 304.05
Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6,0%	4,0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado ó Accidentado)	8,0%	6,0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado ó Escarpado)	12,0	8,0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8,0	6,0%	302.05

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente fórmula:

$$p = \frac{V^2}{127R} - f$$

Donde:

p : Peralte máximo asociado a V

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio mínimo absoluto (m)

F : Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

Generalmente, resulta justificado utilizar radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, por resultar más cómodos tanto para los vehículos lentos (disminuyendo la incidencia de f negativo), como para vehículos rápidos (que necesitan menores f).

El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño indicadas en la **Tabla 304.06**.

Tabla 304.06
Peralte mínimo

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
V≥100	5.000 ≤ R < 7.500
40 ≤ V < 100	2.500 ≤ R < 3.500

304.06.02 Transición del bombeo al peralte

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la calzada, desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la Curva de Transición.

Cuando no exista Curva de Transición, se desarrolla una parte en la tangente y otra en la curva. La **Tabla 304.07** indica las proporciones del peralte a desarrollar en tangente.

Tabla 304.07
Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente *

p < 4,5%	4,5% < p < 7%	p >7%
0,5 p	0,7 p	0,8 p

(*) Las situaciones mínima y máxima, se permiten en aquellos casos en que por la proximidad de dos curvas, existe dificultad para cumplir con algunas de las condicionantes del desarrollo del peralte.

En curvas de corta longitud o escaso desarrollo, se deberá verificar que el peralte total requerido se mantenga en una longitud al menos igual a V/3,6, expresado en metros (m).

La longitud mínima de transición para dar el peralte, puede calcularse de la misma manera que una espiral de transición y numéricamente sus valores son iguales.

Para pasar del bombeo al peralte en carreteras de calzada única, existen tres procedimientos: El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la calzada; el segundo, en girar la sección sobre el borde interior de la calzada; y el tercero, en girar la sección sobre el borde exterior de la calzada. El primer procedimiento es más conveniente, por requerir menor longitud de transición y porque los desniveles de los bordes son uniformes; los otros dos casos se emplean en casos especiales.

En autopistas, el procedimiento depende de los anchos de las calzadas y separador central; en general, pueden considerarse los siguientes: Cuando se gira la sección total de la carretera sobre el eje de simetría; cuando, el separador central se mantiene horizontal y cada calzada se gira sobre el borde contiguo al separador central; y cuando, se giran las dos calzadas en torno al eje de cada una de ellas.

304.06.03 Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas

Para el desarrollo adecuado de las transiciones de peralte entre dos curvas sucesivas del mismo sentido, deberá existir un tramo mínimo en tangente, de acuerdo a lo establecido en la **Tabla 304.08**.

Tabla 304.08
Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mín. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190

304.07 Derecho de Vía o faja de dominio

304.07.01 Generalidades

Es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.

La faja del terreno que conforma el Derecho de Vía es un bien de dominio público inalienable e imprescriptible, cuyas definiciones y condiciones de uso se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado con Decreto Supremo Nº 034-2008-MTC y sus modificatorias, bajo los siguientes conceptos:

- Del ancho y aprobación del Derecho de Vía.
- De la libre disponibilidad del Derecho de Vía.
- Del registro del Derecho de Vía.
- De la propiedad del Derecho de Vía.
- De la propiedad restringida.
- De las condiciones para el uso del Derecho de Vía.

304.07.02 Ancho y aprobación del Derecho de Vía

Cada autoridad competente establecida en el artículo 4to del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, establece y aprueba mediante resolución del titular, el Derecho de Vía de las carreteras de su competencia en concordancia con las normas aprobadas por el MTC.

Para la determinación del Derecho de Vía, además de la sección transversal del proyecto, deberá tenerse en consideración la instalación de los dispositivos auxiliares y obras básicas requeridas para el funcionamiento de la vía.

La **Tabla 304.09** indica los anchos mínimos que debe tener el Derecho de Vía, en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

Tabla 304.09
Anchos mínimos de Derecho de Vía

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

En general, los anchos de la faja de dominio o Derecho de Vía, fijados por la autoridad competente se incrementarán en 5,00 m, en los siguientes casos:

- Del borde superior de los taludes de corte más alejados.
- Del pie de los terraplenes más altos.
- Del borde más alejado de las obras de drenaje
- Del borde exterior de los caminos de servicio.

Para los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas, la autoridad competente fijara el Derecho de Vía, en función al ancho requerido por la sección transversal del proyecto, debiendo efectuarse el saneamiento físico legal, para cumplir con los anchos mínimos fijados en la **tabla 304.09**; excepcionalmente podrá fijarse anchos mínimos inferiores, en función a las construcciones e instalaciones permanentes adyacentes a la carretera.

304.07.03 Demarcación y señalización del Derecho de Vía

La faja de terreno que constituye el derecho de vía de las carreteras del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC, será demarcada y señalizada por la autoridad competente, durante la etapa de ejecución de los proyectos de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras, delimitando y haciendo visible su fijación a cada lado de la vía con la finalidad de contribuir a su preservación, de acuerdo a lo establecido por la R.M. N° 404-2011-MTC/02, o la norma que se encuentre vigente.

En tal sentido este aspecto debe ser considerado en el estudio definitivo del Proyecto.

304.07.04 Faja de propiedad restringida

A cada lado del Derecho de Vía habrá una faja de terreno denominada Propiedad Restringida, donde está prohibido ejecutar construcciones permanentes que puedan afectar la seguridad vial a la visibilidad o dificulten posibles ensanches.

El ancho de dicha faja de terreno será de 5,00 m a cada lado del Derecho de Vía, el cual será establecido por resolución del titular de la entidad competente; sin embargo el establecimiento de dicha faja no tiene carácter obligatorio sino dependerá de las necesidades del proyecto, además no será aplicable a los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas.

304.08 Separadores

Los separadores son por lo general fajas de terreno paralelas al eje de la carretera, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central) o para separar calzadas del mismo sentido del tránsito. El separador está comprendido entre las bermas o cunetas interiores de ambas calzadas.

Aparte de su objetivo principal, independizar la circulación de las calzadas, el separador puede contribuir a disminuir cualquier tipo de interferencia como el deslumbramiento nocturno, o como zona de emergencia en caso de despiste.

En terreno plano u ondulado el ancho del separador suele ser constante, con lo que se mantiene paralelas las dos calzadas. En terreno accidentado, el ancho del separador central es variable.

Se debe prever en el diseño que el separador tenga un apropiado sistema de drenaje superficial.

En Autopistas de Primera Clase el separador central tendrá un ancho mínimo de 6,00 m y en las Autopistas de Segunda Clase, variará de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular. Por lo general los separadores laterales deben tener un ancho menor que el separador central.

304.09 Gálibo

En carreteras, se denomina Gálibo a la Altura Libre que existe entre la superficie de rodadura y la parte inferior de la superestructura de un puente carretero, ferroviario o peatonal. Dicha altura para el caso de túneles, se mide según lo indicado en la **Figura 304.05**.

En puentes sobre cursos de agua se denomina Altura Libre, y es la que existe entre el nivel máximo de las aguas y la parte inferior de la superestructura de un puente.

Dicho Gálibo para el caso de las carreteras será 5,50 m. como mínimo. Para el caso de los puentes sobre cursos hídricos, la Altura Libre será determinada por el diseño particular de cada Proyecto, que no será menor a 2,50 m.

Para los puentes sobre cursos navegables, se diseñara alturas libres acorde a las características y dimensiones de las naves que harán uso de la vía.

Cuando una carretera pase debajo de una estructura vial, su sección transversal debe permanecer inalterada y los estribos o pilares de la obra debajo de la cual pasa, deberán encontrarse fuera de las bermas y/o de las cunetas.

En la **Figura 304.05** se muestran casos típicos de gálibos y luces libres laterales.

Figura 304.05
Sección típica de túnel

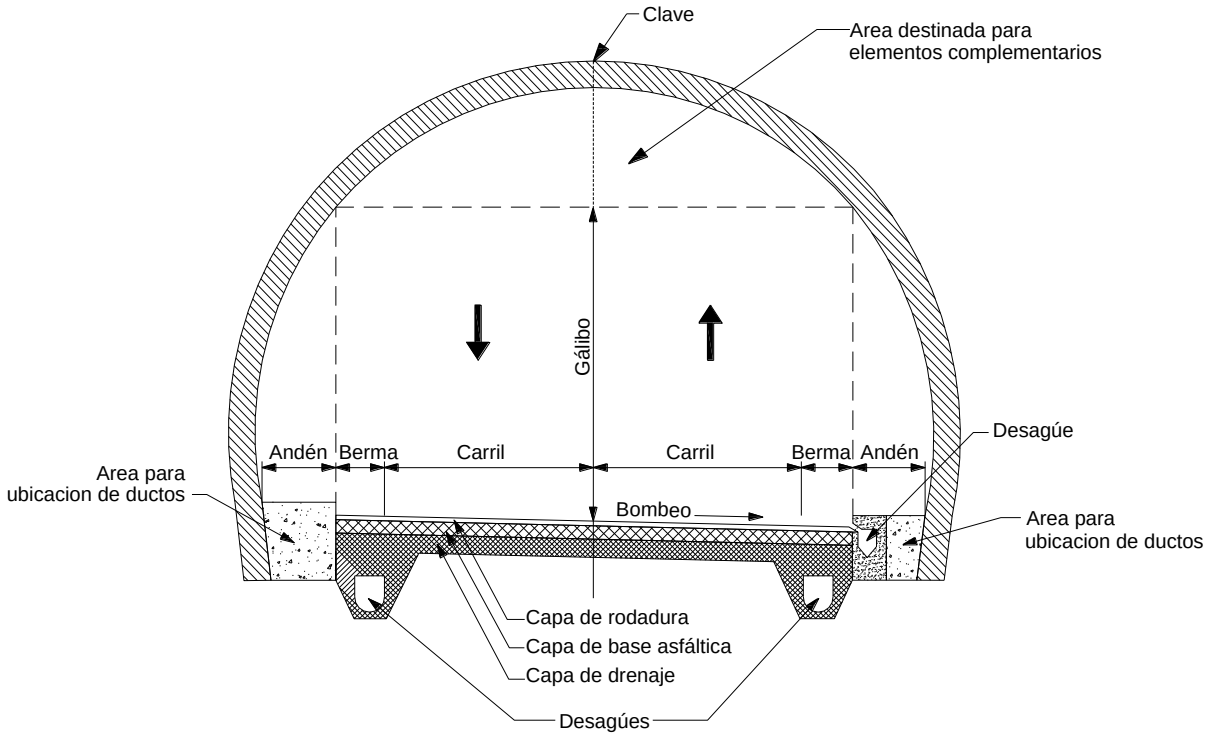
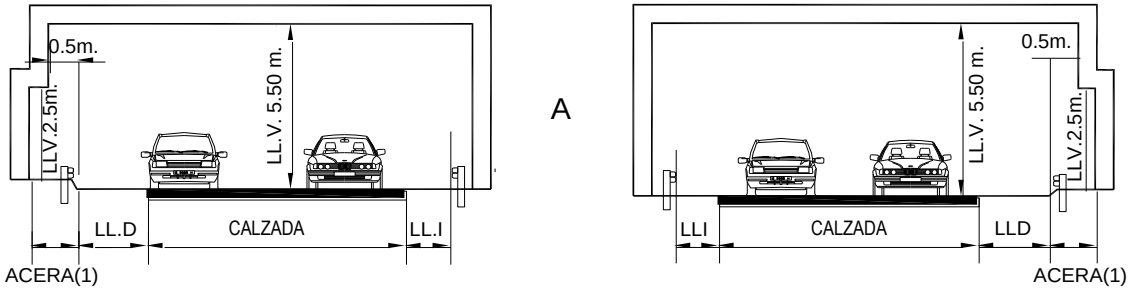
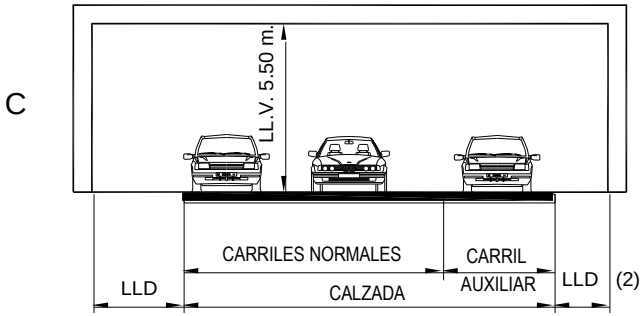


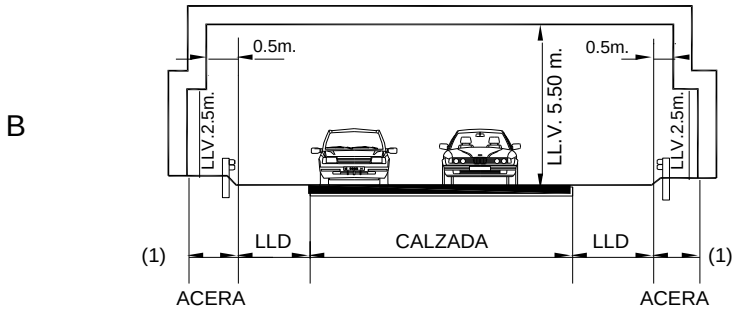
Figura 304.06
Casos de Gálibos (LL.V.) y Luces libres laterales (LL)

LUCES LIBRES EN CALZADAS SEPARADAS





LUCES LIBRES LATERALES EN CALZADAS UNICAS



(1) Para peatones o bicicletas. Si no se necesita, L.L.D.- se trata como en la Figura C.

(2) Si hubiese acera, rigen los detalles correspondientes de las Figura A y B

Nota: Las dimensiones mínimas de las luces libres laterales (LL) están en función de la sección transversal del Proyecto.

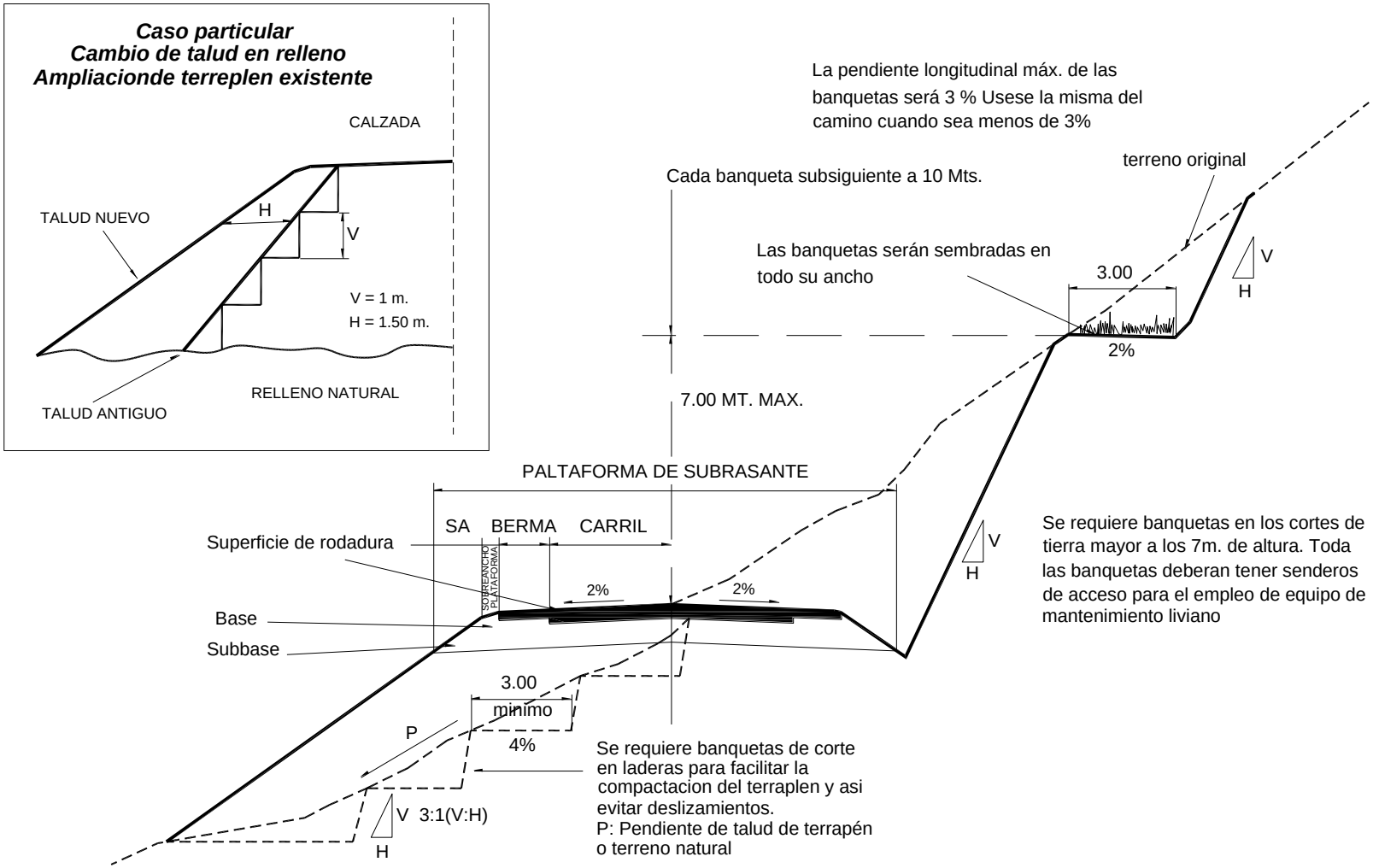
304.10 Taludes

El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal.

Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geomecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad, aspecto que debe contemplarse en forma prioritaria durante el diseño del proyecto, especialmente en las zonas que presenten fallas geológicas o materiales inestables, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas.

La **Figura 304.07** ilustra una sección transversal típica en tangente a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho, el talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud del terraplén.

Figura 304.07
Sección transversal típica en tangente



Para P (PENDIENTE) = 20%

La **Tabla 304.10**, muestra valores referenciales de taludes en zonas de corte.

Tabla 304.10
Valores referenciales para taludes en corte
(relación H:V)

Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limoarcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 -1:3	1:1	2:1
	5–10 m	1:10	1:4–1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

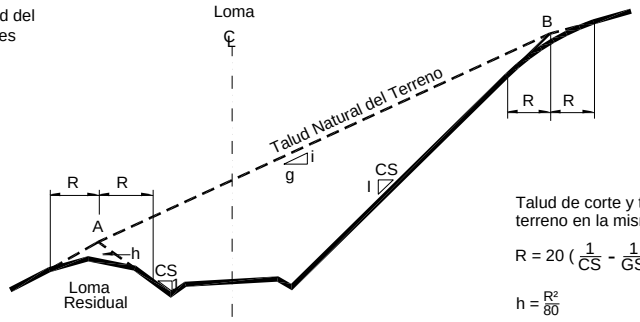
A continuación, en las figuras **Figura 304.08**, **Figura 304.09** y **Figura 304.10**, se muestran casos típicos de tratamiento, alabeo y redondeo de taludes.

Figura 304.08
Tratamiento de taludes tipo

Talud de corte y talud del terreno en Direcciones Opuestas

$R = 20 \left(\frac{1}{CS} + \frac{1}{GS} \right)$

$h = \frac{R}{80}$

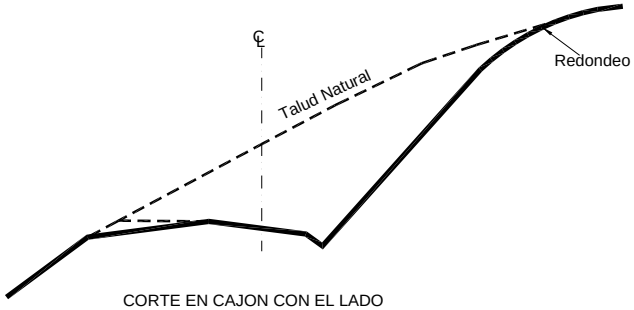


Talud de corte y talud del terreno en la misma direccion.

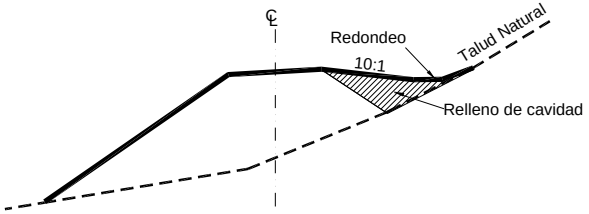
$R = 20 \left(\frac{1}{CS} - \frac{1}{GS} \right)$

$h = \frac{R^2}{80}$

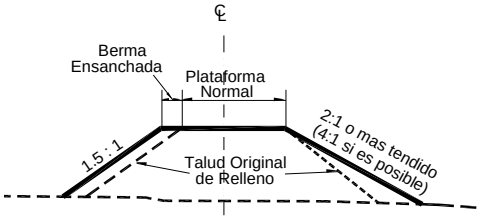
CORTE CERRADO CON TALUDES REDONDEADOS



CORTE EN CAJON CON EL LADO IZQUIERDO "ABIERTO"

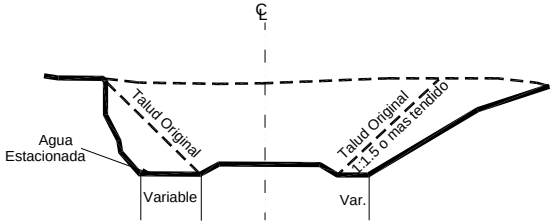


RELLENO DE CAVIDAD ENTRE LA LADERA Y EL RELLENO MISMO



ELIMINACION DE RESIDUOS

INCORRECTO CORRECTO



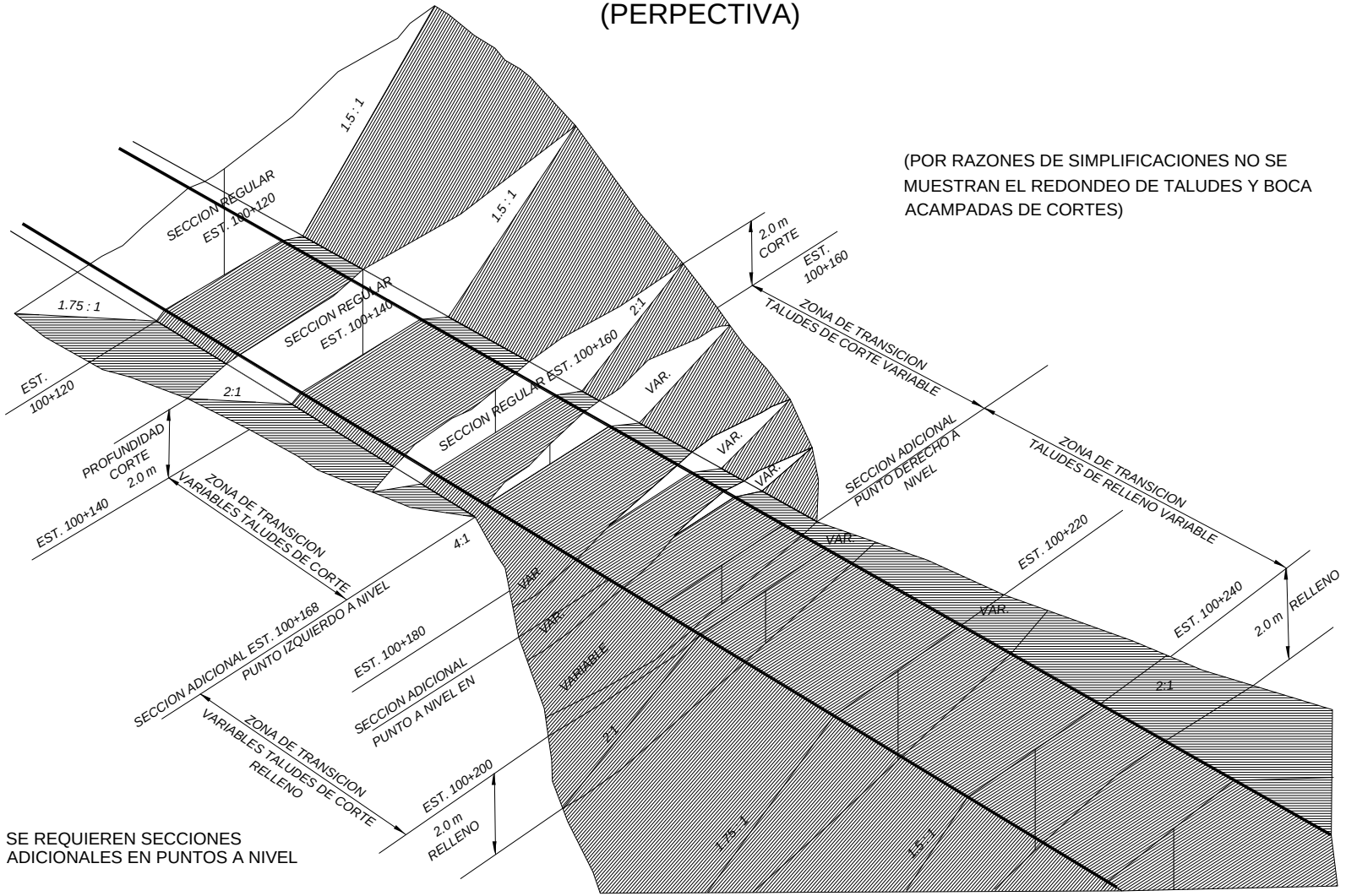
ENSANCHE DE CORTE PARA PRESTAMOS

INCORRECTO CORRECTO

NOTA .-- EN CASO QUE LA ALTURA DEL TALUD REQUIERA BANQUETAS DE ACUERDO CON EL MANUAL AMBIENTAL DEL MTC, EL REDONDEO SE HARA EN CADA VERTICE GENERADO POR CADA BANQUETA.

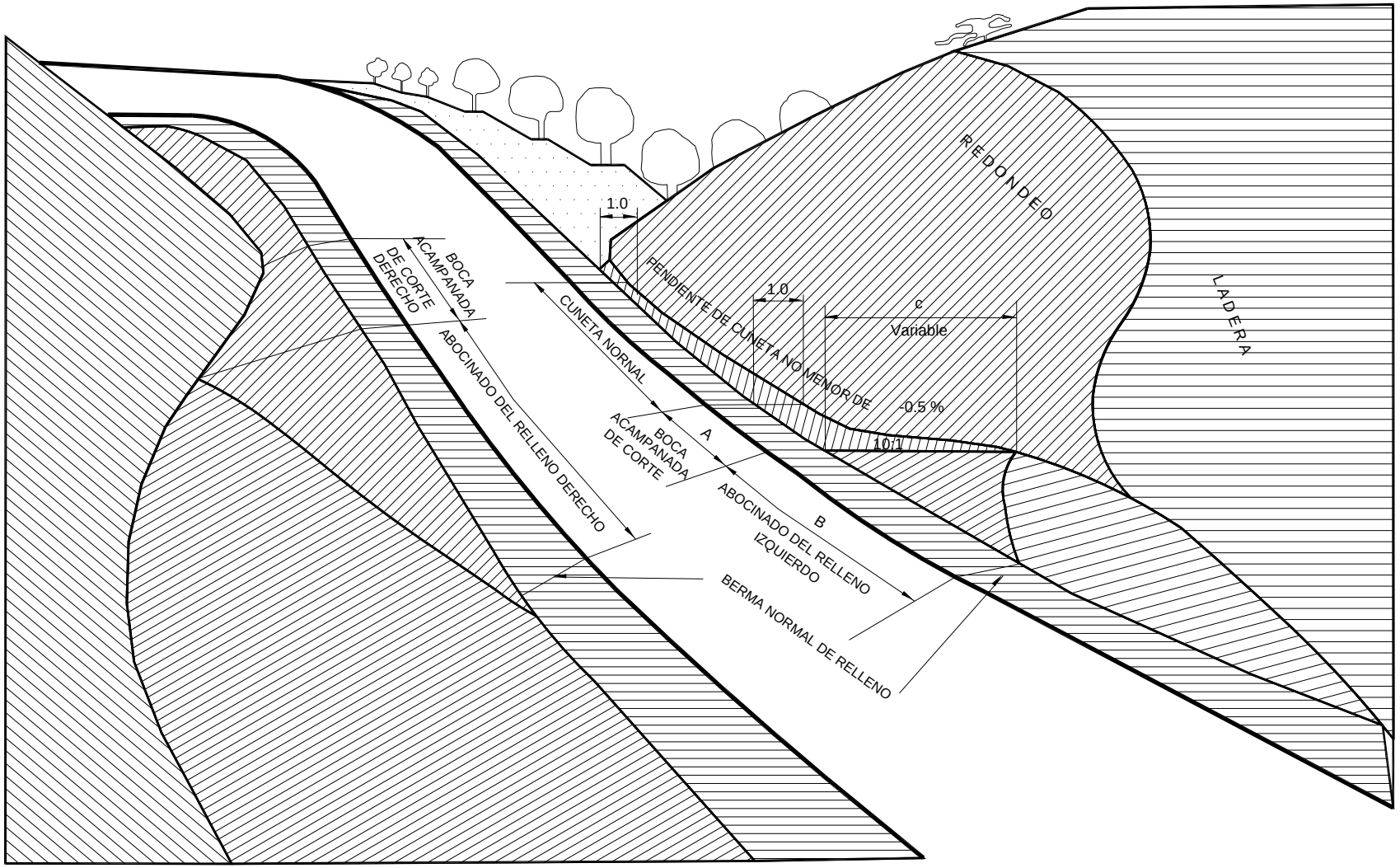
Figura 304.09
Alabeo de taludes en transiciones de corte y relleno

(PERPECTIVA)



NOTA:
SE REQUIEREN SECCIONES ADICIONALES EN PUNTOS A NIVEL

Figura 304.10
Tratamiento de boca acampanada y relleno abocinado en la entrada al corte



Los taludes en zonas de relleno (terraplenes), variarán en función de las características del material con el cual está formado. En la **Tabla 304.11** se muestra taludes referenciales.

Tabla 304.11
Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1,5	1:1,75	1:2
Arena	1:2	1:2,25	1:2,5
Enrocado	1:1	1:1,25	1:1,5

El cambio de un talud a otro debe realizarse mediante una transición la cual por lo general se denomina alabeo.

En las transiciones de cortes de más de 4,00 m de altura a terraplén, o viceversa, los taludes de uno y otro deberán tenderse, a partir de que la altura se reduzca a 2,00 m, en tanto que la longitud de alabeo no debe ser menor a 10,00 m.

Si la transición es de un talud a otro de la misma naturaleza, pero con inclinación distinta, el alabeo se dará en un mínimo de 10,00 m.

La parte superior de los taludes de corte, se deberá redondear para mejorar la apariencia de sus bordes.

304.11 Cunetas

Son canales construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento.

La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o de otra geometría que se adapte mejor a la sección transversal de la vía y que prevea la seguridad vial; revestidas o sin revestir; abiertas o cerradas, de acuerdo a los requerimientos del proyecto; en zonas urbanas o donde exista limitaciones de espacio, las cunetas cerradas pueden ser diseñadas formando parte de la berma.

Las dimensiones de las cunetas se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, intensidad de precipitaciones pluviales, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros.

Los elementos constitutivos de una cuneta son su talud interior, su fondo y su talud exterior. Este último, por lo general coincide con el talud de corte.

Las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0,2%, para cunetas revestidas y 0,5% para cunetas sin revestir.

Si la cuneta es de material fácilmente erosionable y se proyecta con una pendiente tal que le infiere al flujo una velocidad mayor a la máxima permisible del material constituyente, se protegerá con un revestimiento resistente a la erosión.

Se limitará la longitud de las cunetas, conduciéndolas hacia los cauces naturales del terreno, obras de drenaje transversal o proyectando desagües donde no existan.

304.12 Secciones transversales particulares

Comprende a los puentes, túneles, ensanche de plataforma y otros.

Sin perjuicio de otras limitaciones más restrictivas, no se podrá diseñar ningún tipo de intersecciones a nivel o desnivel, ni modificación del número de carriles, en los doscientos cincuenta metros (250 m) antes del inicio y después del final de un tramo afectado por una sección transversal particular, cuyos casos se describe a continuación.

304.12.01 Puentes

La sección transversal de los puentes, mantendrá la sección típica de diseño de la carretera en la cual se encuentra el puente. Dicha sección comprende también las bermas.

Los puentes además deberán estar dotados de veredas, cuyo inicio será a partir del borde exterior de las bermas y tendrán un ancho mínimo 0.75 m.

304.12.02 Túneles

La sección transversal está constituida por la bóveda del túnel, la cual debe mantener la sección típica de diseño de la carretera en la cual se encuentra el túnel, incluyendo bermas, cunetas, veredas y otros, según corresponda. En lo relativo al Gálibo, se aplica lo establecido en el **Tópico 304.09**.

Las veredas de los túneles deben estar separadas de la berma por medio de barreras, por seguridad vial.

304.12.03 Ensanche de plataforma

En las carreteras donde las bermas tengan anchos menores a 2,60 m, se deberá prever como medida de seguridad vial, áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera (en forma alternada), destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias. Los ensanches deben diseñarse contemplando transiciones de ingreso y salida.

Las dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma, se muestran en la **Tabla 304.12**.

Tabla 304.12
Dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma

Orografía	Dimensiones mínimas		Separación máxima a cada lado (m)		
	Ancho (m)	Largo (m)	Carretera de Primera Clase	Carretera de Segunda Clase	Carretera de Tercera Clase
Plano	3,0	30,0	1.000	1.500	2.000
Ondulado	3,0	30,0	1.000	1.500	2.000
Accidentado	3,0	25,0	2.000	2.500	2.500
Escarpado	2,5	25,0	2.000	2.500	2.500

Podrán diseñarse áreas de ensanche de la plataforma o cercanas a esta, denominadas "Miradores Turísticos", las cuales por seguridad vial, deben contar con ingresos y salidas y/o transiciones, según corresponda.

304.12.04 Carriles de aceleración y deceleración

Se proyectarán secciones transversales particulares para los siguientes casos:

- Ingresos y salidas de autopistas.
- Ingresos y salidas de carreteras de Primera Clase, con velocidades de diseño mayores a 60 km/h.
- En zonas de volteo y cualquier otro caso, previa justificación técnica.

Las consideraciones de diseño y el dimensionamiento será similar al normado en los acápites correspondientes del Diseño Geométrico de Intersecciones.

304.12.05 Confluencias y bifurcaciones

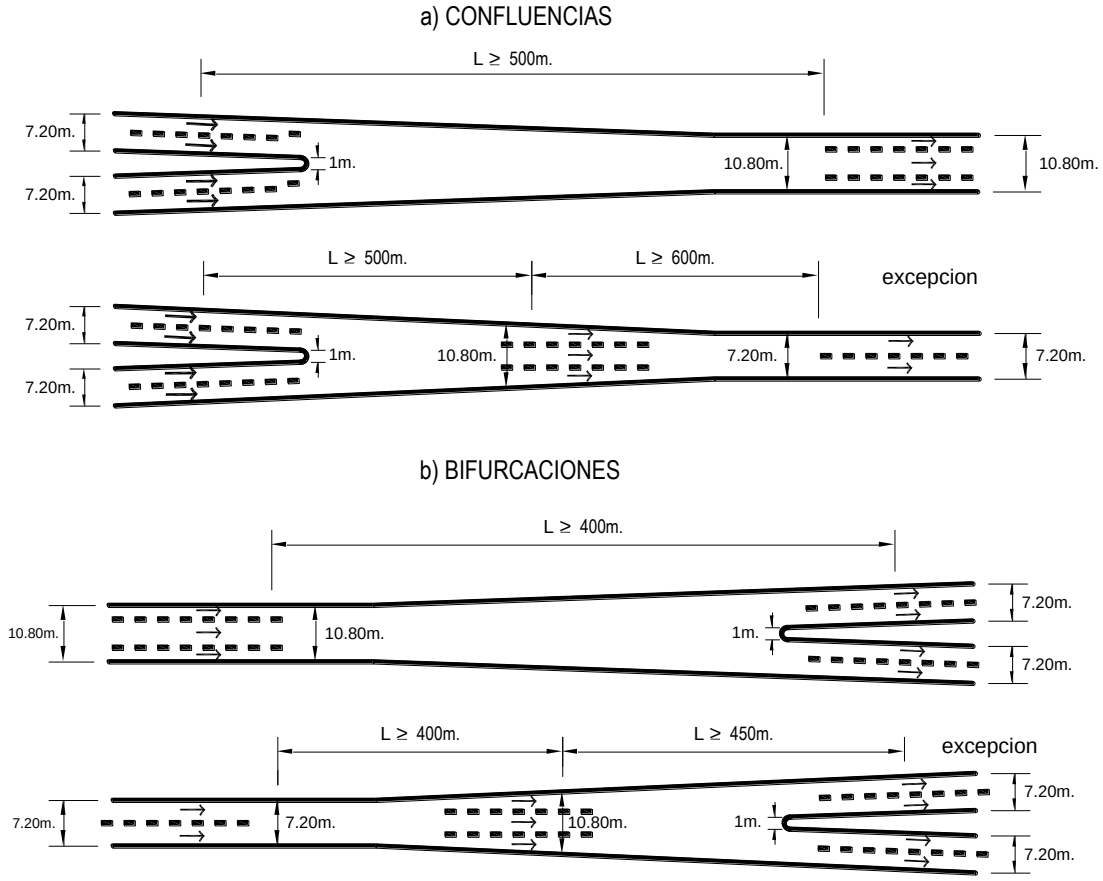
En las confluencias y bifurcaciones, la cotangente del ángulo entre los bordes de la calzada deberá ser como máximo, sesenta y cinco (65°) para confluencias y cincuenta (50°) para bifurcaciones.

El número de carriles en la calzada común antes de una bifurcación (o después de una confluencia), no debe diferir de la suma del número de carriles después de la bifurcación (o antes de la confluencia) en más de una (1) unidad. Excepcionalmente, en casos técnicamente justificados y previa aprobación de la unidad ejecutora del proyecto, la indicada diferencia podrá ser de dos (2) unidades como máximo.

Las longitudes indicadas en la **Figura 304.11**, serán las mínimas medidas entre la última sección de la calzada común (antes de una

bifurcación o después de una confluencia), y la sección en que las calzadas distan un metro (1m) entre sí (después de una bifurcación o antes de una confluencia).

Figura 304.11
Confluencias y bifurcaciones



CAPITULO IV

DISEÑO GEOMETRICO DE CASOS ESPECIALES

SECCIÓN 401

Diseño geométrico de puentes

Por lo general la localización o ubicación de los puentes, está determinada por el diseño geométrico de la vía y la topografía del terreno, no obstante en algunos casos puede ser necesario efectuar ajustes al trazo a fin de dar una ubicación más adecuada y segura de la estructura.

El diseño geométrico de puentes, debe cumplir las disposiciones contenidas en el Manual de Puentes vigente, debiendo tener en consideración lo siguiente:

- El alineamiento de la carretera en el tramo de ubicación del puente, puede ser curvo y no necesariamente perpendicular al curso de agua, quebrada u obstáculo que se desea superar.
- El peralte de los puentes localizados en curvas horizontales o zonas de transición deben cumplir con el diseño geométrico especificado en la vía y no debe superar el valor máximo permitido.

SECCIÓN 402

Diseño geométrico de túneles

Por lo general la localización o ubicación de los túneles, está determinada por el diseño geométrico de la vía y la topografía del terreno, no obstante en algunos casos puede ser necesario efectuar ajustes al trazo a fin de dar una ubicación más adecuada y segura de la estructura.

El diseño geométrico de túneles, debe cumplir las disposiciones contenidas en el Manual de Túneles, Muros y Obras Complementarias, vigente, debiendo tener en consideración lo siguiente:

- El alineamiento de la carretera en el tramo de ubicación del túnel, puede ser curvo.
- El peralte de los túneles localizados en curvas horizontales, debe cumplir con el diseño geométrico especificado en la vía y no debe superar el valor máximo permitido.
- En el diseño: Las condicionantes geológicas y geotécnicas de la zona, la cobertura del túnel, impacto ambiental, aspectos de seguridad, metodología de construcción y otros.

SECCIÓN 403

Pasos a desnivel para peatones

Pueden ser elevados o subterráneos. Para el diseño geométrico de los pasos a desnivel para peatones, se tomaran en consideración los criterios generales indicados en la **Tabla 403.01**.

Tabla 403.01
Criterios generales para el diseño geométrico de pasos a desnivel para peatones

Descripción	Pasos Inferiores	Pasos Superiores
Capacidad	3000 peatones/hora/metro de ancho	3000 peatones/hora/metro de ancho
Ancho	Mínimo 2,50m	Mínimo 2,50 m
Altura	Mínimo 2,50 m	
Gálibo	--------	Mínimo 5,50 m
Altura de las barandas	--------	Mínimo 1,20 m

Los accesos a los pasos peatonales a desnivel, estarán provistos de escaleras y rampas para el tránsito de personas con discapacidad, cuyas características generales se indican en la **Tabla 403.02**.

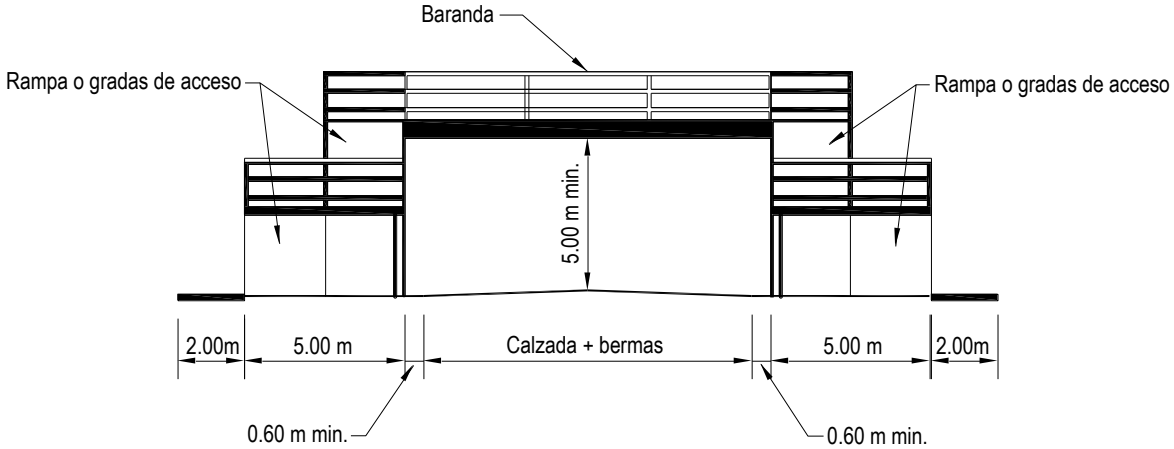
Tabla 403.02
Características generales de los accesos a pasos peatonales a desnivel

Descripción	Escalera	Rampa
Pendiente	40 a 60%	5 a 15%
Ancho Mínimo	1,00 m (unidireccional) 2,00 m (bidireccional)	2,50 m
Capacidad	25 a 40 peatones/metro/minuto	C = d v (1 – i / 100) C = Capacidad (peatones / metro /segundo) d = densidad (peatones / m2) v = velocidad (metros / segundo) i = pendiente

Nota: Los valores indicados en la tabla están referidos a la evaluación de capacidad y análisis de servicio, más no para análisis estructural.

La zona de acceso, debe tener un ancho mínimo de 5,00 m, tal como se muestra en la **Figura 403.01**, siendo conveniente ubicarla al lado de la calzada. Si se ubica en el centro de la zona de acceso, debe dejarse, a cada lado un espacio peatonal de al menos 2,00 m de ancho.

Figura 403.01
Acceso a pasos a desnivel peatonal



CONDICION MINIMA

CAPITULO V

DISEÑO GEOMETRICO DE INTERSECCIONES

SECCIÓN 501

Generalidades

La solución de una intersección vial depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía, las particularidades geométricas de las vías que se cruzan, la capacidad de las vías y las características del flujo vehicular. Como generalmente existen varias soluciones, deben evaluarse alternativas y seleccionar la más conveniente.

La presente norma, no restringe los tipos de solución por adoptar para una intersección, por lo que en el diseño se evaluaran las alternativas más adecuadas para las condiciones particulares del proyecto.

Las intersecciones viales pueden ser a nivel o desnivel, entre carreteras o con vías férreas, en función a las características de las vías que se cruzan y los requerimientos del diseño geométrico del proyecto.

Sección 502

Intersecciones a nivel

Es una solución de diseño geométrico a nivel, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas, que contienen áreas comunes o compartidas que incluyen las calzadas, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos necesarios de cambios de trayectoria.

Las intersecciones a nivel son elementos de discontinuidad, por representar situaciones críticas que requieren tratamiento específico, teniendo en consideración que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos.

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones de seguridad, visibilidad y capacidad, posibles.

502.01 Denominación y tipos de intersección a nivel

Las Intersecciones a nivel tienen una gran variedad de soluciones, no existiendo soluciones de aplicación general, por lo que en la presente norma se incluyen algunas soluciones más frecuentes.

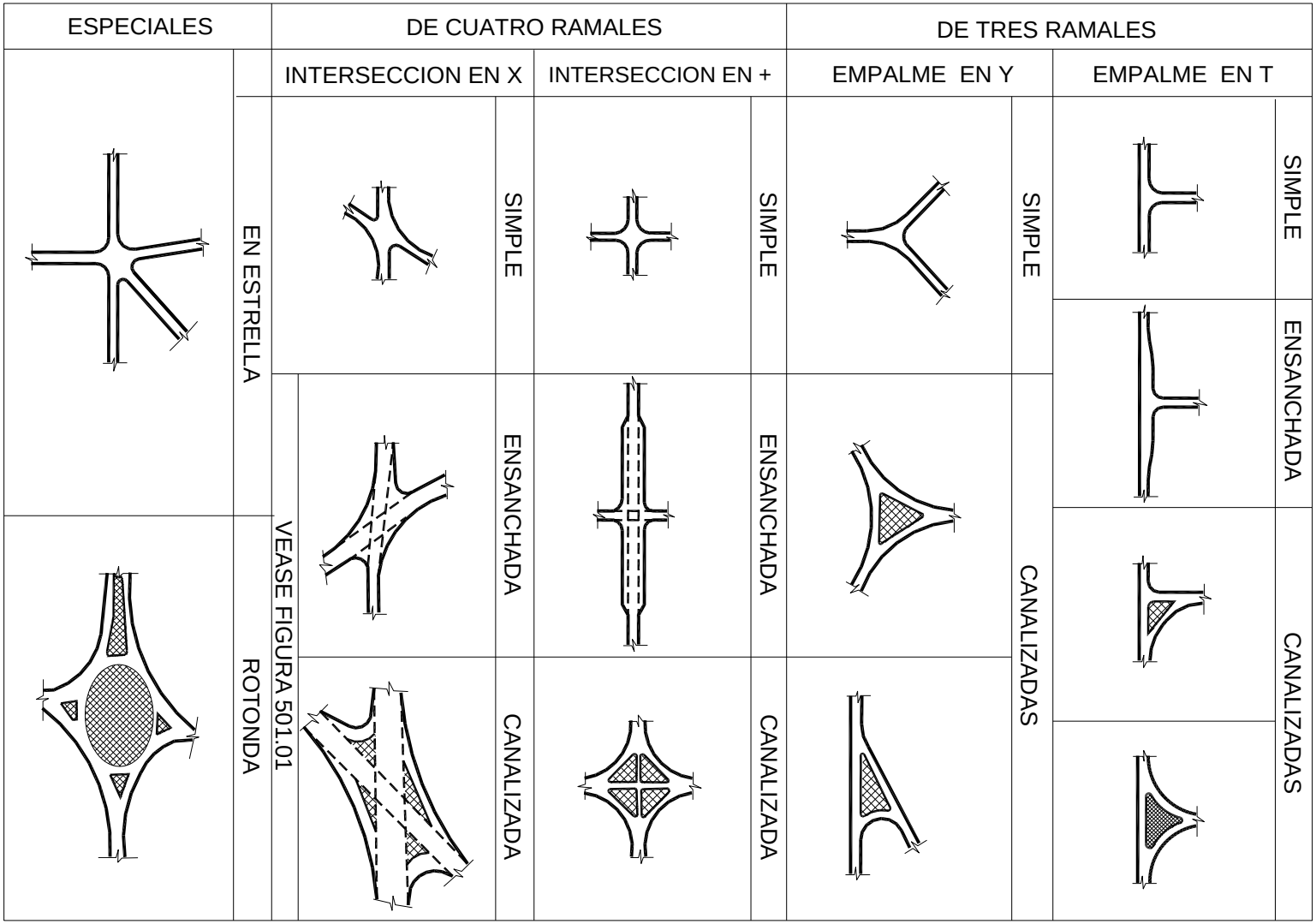
Una Intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto. En la **Tabla 502.01**, se presentan los tipos básicos de Intersección a nivel.

Tabla 502.01
Tipos de intersección a nivel

Intersección	Ramales	Ángulos de cruzamiento
En T	tres	entre 60º y 120º
En Y	tres	< 60º y >120º
En X	cuatro	< 60º
En +	cuatro	>60º
En estrella	más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o rotondas	más de cuatro	-

Cada uno de estos tipos básicos puede variar considerablemente en forma, desarrollo o grado de canalización, como se muestra en la **Figura 502.01**.

Figura 502.01
Variedad de tipos de intersección a nivel



502.02 Criterios de diseño

La mejor solución para una intersección a nivel, es la más simple y segura posible. Esto significa que cada caso debe ser tratado cuidadosamente, recurriendo a todos los elementos de que se dispone (ensanches, islas o isletas, carriles auxiliares, etc.), con el criterio de evitar maniobras difíciles o peligrosas y recorridos innecesarios. En tal proceso, es necesario tener presente los siguientes criterios generales:

502.02.01 Criterios generales

- **Preferencia de los movimientos más importantes.**

  En el diseño, debe especificarse la(s) vía(s) principales y secundarias con el fin de determinar la preferencia y las limitaciones del tránsito vehicular.

- **Reducción de las áreas de conflicto.**

  En las intersecciones a nivel no debe proyectarse grandes áreas pavimentadas, ya que ellas inducen a los vehículos y peatones a movimientos erráticos y confusión, con el consiguiente peligro de ocurrencia de accidentes.

- **Perpendicularidad de las intersecciones.**

  Las Intersecciones en ángulo recto, por lo general son las que proporcionan mayor seguridad, ya que permiten mejor visibilidad a los conductores y contribuyen a la disminución de los accidentes de tránsito.

- **Separación de los movimientos.**

  Cuando el diseño del proyecto lo requiera, la intersección a nivel estará dotada de vías de sentido único (carriles de aceleración o deceleración), para la separación del movimiento vehicular.

- **Canalización y puntos de giro.**

  Además de una adecuada señalización horizontal y vertical acorde a la normativa vigente, la canalización y el diseño de curvas de radio adecuado, contribuyen a la regulación de la velocidad del tránsito en una intersección a nivel. Asimismo, la canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando islas marcadas en el pavimento o con sardineles, los cuales ofrecen mayor seguridad.

- **Visibilidad**

  La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección, debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto, debe existir como mínimo, la distancia de visibilidad de parada.

502.02.02 Consideraciones de tránsito

Las principales consideraciones del tránsito que condicionan la elección de la solución a adoptar, son las siguientes:

- Volúmenes de tránsito, que confluyen a una intersección, su distribución y la proyección de los posibles movimientos, para determinar las capacidades de diseño de sus elementos.
- La composición de los flujos por tipo de vehículo, sus velocidades de operación y las peculiaridades de sus interacciones mientras utilizan el dispositivo.
- Su relación con el tránsito peatonal y de vehículos menores, así como con estadísticas de accidentes de tránsito.

Al proyectar una carretera con un determinado número de intersecciones o acondicionar las existentes, deben evaluarse sus capacidades, a fin de evitar el sub dimensionamiento que puede perjudicar el nivel de servicio.

502.02.03 Demanda y modelación

La demanda es la variable de tránsito más gravitante en el diseño de una intersección, puesto que la capacidad resultante de dicho diseño deberá satisfacerla. Esto implica el dimensionamiento en términos geométricos y estructurales de sus unidades constitutivas, la operación de semáforos si tal elemento de control existe en los tramos donde la carretera atraviesa zonas urbanas, y su coordinación, si la intersección forma parte de un eje o una red así regulada.

La satisfacción de la demanda, deberá considerar las condiciones actuales y su proyección al año de diseño del proyecto, de manera que satisfaga el nivel de servicio y el flujo vehicular, en conformidad con la normativa vigente.

502.02.04 Elección del tipo de control

El diseño de las intersecciones a nivel, determinara el tipo y características de los elementos de señalización y dispositivos de control de tránsito que estarán provistos, con la finalidad de facilitar el tránsito vehicular y peatonal, acorde a las disposiciones del "Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras", vigente.

El indicado diseño debe tener en consideración los siguientes factores:

- Tránsito en la vía principal
- Tránsito en la vía secundaria incidente.
- Tiempos de llegada y salida de los vehículos en ambas vías (intervalo crítico).

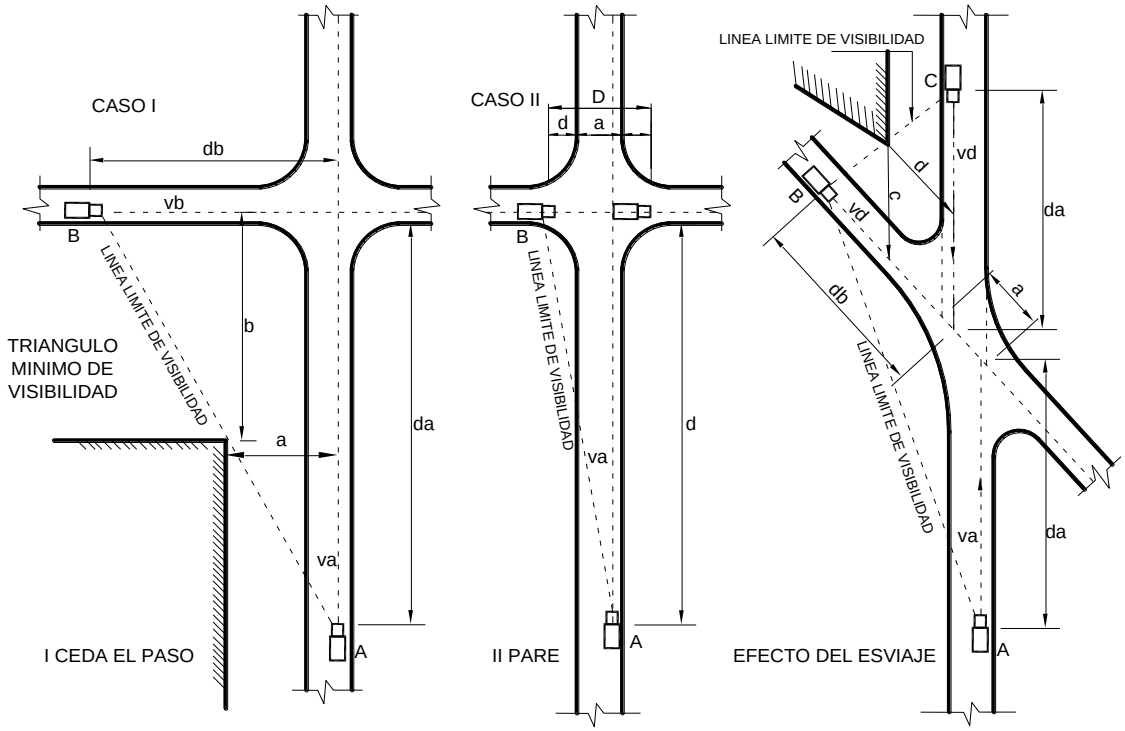
- Porcentaje de "esperas vehiculares" en la vía secundaria por efectos del tránsito.

502.03 Visibilidad de cruce

502.03.01 Triángulo de visibilidad

El triángulo de visibilidad, es la zona libre de obstáculos, que permite a los conductores que acceden simultáneamente a una intersección a nivel, verse mutuamente a una distancia tal, que permita la maniobra de cruce con seguridad. La **Figura 502.02**, muestra ejemplos de triángulos de visibilidad.

Figura 502.02
Triángulos de visibilidad



Cualquier objeto que quede dentro del triángulo de visibilidad requerida, debe removerse o reducirse a una altura límite, la cual debe establecerse durante el diseño para cada caso.

Si el triángulo de visibilidad es imposible de obtener, se debe limitar la velocidad de aproximación a valores compatibles con la visibilidad existente.

502.03.02 Triángulo mínimo de visibilidad

El triángulo mínimo de visibilidad seguro, corresponde a la zona que tiene como lado sobre cada camino, una longitud igual a la distancia de visibilidad de parada.

Cuando no se dispone de una visibilidad adecuada, un conductor puede acelerar, decelerar o detenerse en la intersección, y para cada uno de dichos casos, la relación espacio – tiempo – velocidad, indica

el triángulo de visibilidad que se requiere libre de obstáculos, y permite establecer las modificaciones de las velocidades de aproximación.

Después que un vehículo se ha detenido en una intersección, su conductor debe tener suficiente visibilidad para poder concretar una salida segura, a través del área común del cruce. El diseño de la intersección, deberá proveer visibilidad adecuada para cualquiera de las varias maniobras posibles en ella, tales como cruzar la vía que se intersecta o ingresar a ella.

502.03.03 Efecto del esviaje del cruce en el triángulo de visibilidad

Cuando sea técnica y económicamente factible, se deberá optar, en las intersecciones esviadas, por una rectificación de los ángulos de cruzamiento, teniendo a la intersección en ángulo cercano a 90° Se considerarán inconvenientes los ángulos inferiores a 60º o superiores a su suplemento.

Si dos carreteras se cruzan bajo un ángulo inferior a 60º, algunos de los factores que determinan los rangos de visibilidad, resultan modificados.

En la intersección esviada de la **Figura 502.02**, se muestra cómo varía la condición de los triángulos de visibilidad para las correspondientes distancias da y db.

En el cuadrante que presenta ángulo obtuso, el ángulo que forma la línea límite de visibilidad con la trayectoria del vehículo es pequeño, lo que permite al conductor, la total visibilidad a través del triángulo, con un pequeño movimiento de cabeza. Por el contrario en el cuadrante que presente ángulo agudo, el conductor debe hacer un esfuerzo considerable para dominar la totalidad de la zona.

502.04 Señalización de intersecciones

El diseño debe contemplar que toda intersección a nivel, esté provista de las señales informativas, preventivas, restrictivas y demás dispositivos, de acuerdo a lo establecido en el "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras", vigente.

La señalización en la intersección misma, será considerada restrictiva y responderá a los siguientes criterios:

- La importancia de un camino prevalecerá sobre la del otro, y, por tanto, uno de ellos deberá enfrentar un signo PARE o una señal CEDA EL PASO, cuya elección se hará teniendo presente las siguientes consideraciones:
  - Cuando exista un triángulo de visibilidad adecuada a las velocidades de diseño de ambos caminos y las relaciones entre flujos convergentes no exijan una prioridad absoluta, se usará el signo CEDA EL PASO.
  - Cuando el triángulo de visibilidad obtenido, no cumpla con los mínimos requeridos para la velocidad de aproximación al cruce, o bien la relación

de los flujos de tránsito aconseje otorgar prioridad absoluta al mayor de ellos, se utilizará el signo PARE.

- Cuando las intensidades de tránsito en ambos caminos, sean superiores a las aceptables para regulación por signos fijos (Pare o Ceda el Paso), se deberá recurrir a un estudio técnico-económico que establezca la solución más conveniente. En cruces de carretera por zonas urbanas, se contemplará el uso de semáforos.

502.05 Intersecciones sin canalizar

Cuando el espacio disponible para la intersección sea reducido, se podrán utilizar intersecciones sin islas de canalización. En estos casos, el diseño está gobernado por las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo elegido.

En casos justificados en que sea necesario utilizar trazados mínimos, podrán utilizarse los valores indicados en la **Tabla 502.02** o valores similares, siempre que se consideren carriles de deceleración (y aceleración en el caso de calzadas unidireccionales), para poder pasar de la velocidad de diseño del camino principal a los 15 Km/h que permite el ramal de giro, (y viceversa). Los radios mínimos que se indican en dicha Tabla, están referidos al borde interior del pavimento en la curva y están diseñados para las siguientes condiciones de operación:

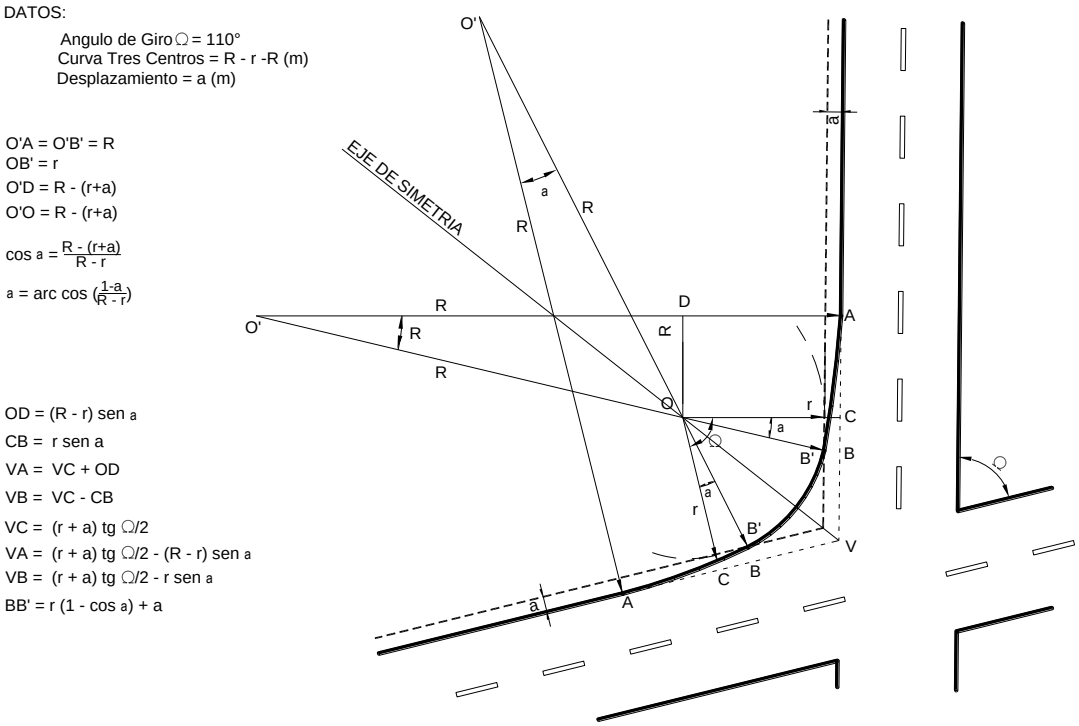
- Velocidad de giro hasta 15 Km/h.
- Inscripción en la curva sin desplazamiento a los carriles vecinos tanto en la entrada como en la salida.
- Distancia mínima de las ruedas interiores al borde del pavimento (0,30 m), a lo largo de la trayectoria.

Tabla 502.02
Radios mínimos en intersecciones sin canalizar

Vehículo tipo	Ángulo de Giro (º)	Curva Circular	Curva compuesta de tres centros simétrica (Figura 502.03)	
		Radios (m)	Radios (*) (m)	Desplazamiento (m)
VL	25	18,00	--------	--------
VP		30,00	--------	--------
VA		60,00	--------	--------
VL	45	15,00		--------
VP		22,50		--------
VA		50,00	60,0 ---- 30 ---- 60,0	0,90
VL	60	12,00	------ ------	------
VP		18,00	------ ------	------
VA		------	60,0 ---- 22,5 ---- 60,0	1,65
VL	75	10,50	30,0 ---- 7,5 ---- 30,0	0,60
VP		16,50	36,0 ---- 13,5 ---- 36,0	0,60
VA		------	45,0 ---- 15,0 ---- 45,0	1,80
VL	90	9,00	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0	0,75
VP		15,00	36,0 ---- 12,0 ---- 36,0	0,60
VA		------	55,0 ---- 18,0 ---- 55,0	1,80
VL	105	------	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0	0,75
VP		------	30,0 ---- 10,5 ---- 30,0	0,90
VA		------	55,0 ---- 13,5 ---- 55,0	2,40
VL	120	------	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0	0,60
VP		------	30,0 ---- 9,0 ---- 30,0	0,90
VA		------	55,0 ---- 12,0 ---- 55,0	2,55
VL	135	------	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0	0,45
VP		------	30,0 ---- 9,0 ---- 30,0	1,20
VA		------	48,0 ---- 10,5 ---- 48,0	2,70
VL	150	------	22,5 ---- 5,4 ---- 22,5	0,60
VP		------	30,0 ---- 9,0 ---- 30,0	1,20
VA		------	48,0 ---- 10,5 ---- 48,0	2,10
VL	180	------	15,0 ---- 4,5 ---- 15,0	0,15
VP		------	30,0 ---- 9,0 ---- 30,0	0,45
VA		------	40,0 ---- 7,5 ---- 40,0	2,85

(*) Radios mínimos al borde interior del pavimento en la curva.

Figura 502.03
Curva compuestas de tres centros

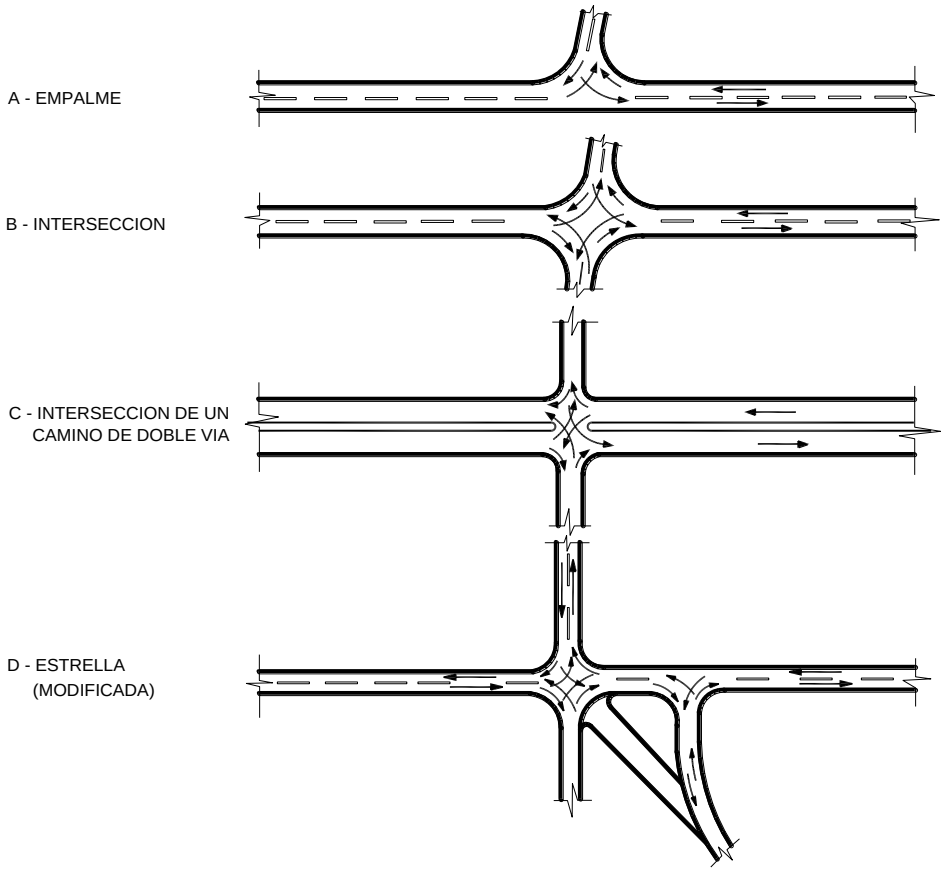


502.05.01 Intersección sin canalizar simple

En este tipo de intersección sin canalizar simple, se mantiene los anchos normales del pavimento y se agrega sólo lo necesario para las zonas de giro, y puede aceptarse para caminos de dos carriles con limitado tránsito.

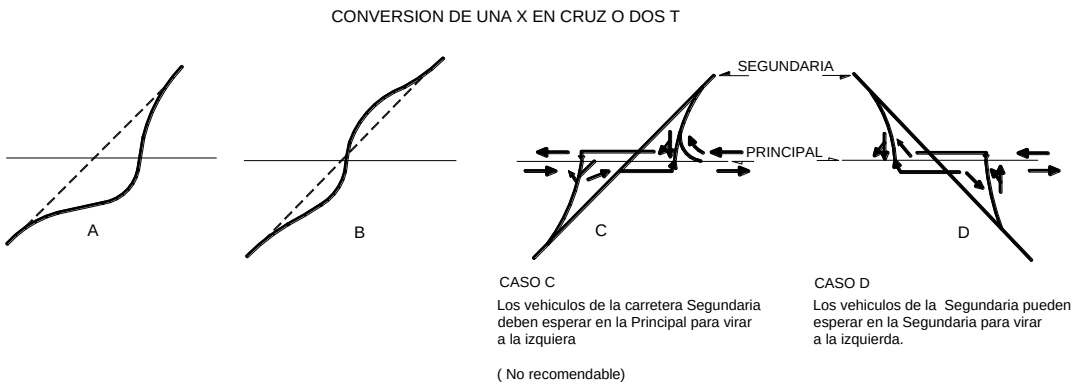
Esta solución no permite ángulos de intersección muy agudos y debe, por tanto, respetarse el principio de perpendicularidad de las trayectorias que se cortan. Las **Figuras 502.04**, ilustra empalmes y cruzamientos simples. El ángulo de cruzamiento puede variar dentro de los rangos (60º a 120º) sin variar el concepto.

Figura 502.04
Intersecciones sin canalizar simples



La **Figura 502.05** ilustra criterios para obtener cruces perpendiculares en Intersecciones, muy esviadas.

Figura 502.05
Criterios para obtener cruces perpendiculares



502.05.02 Ensanches de la sección de los accesos al cruce

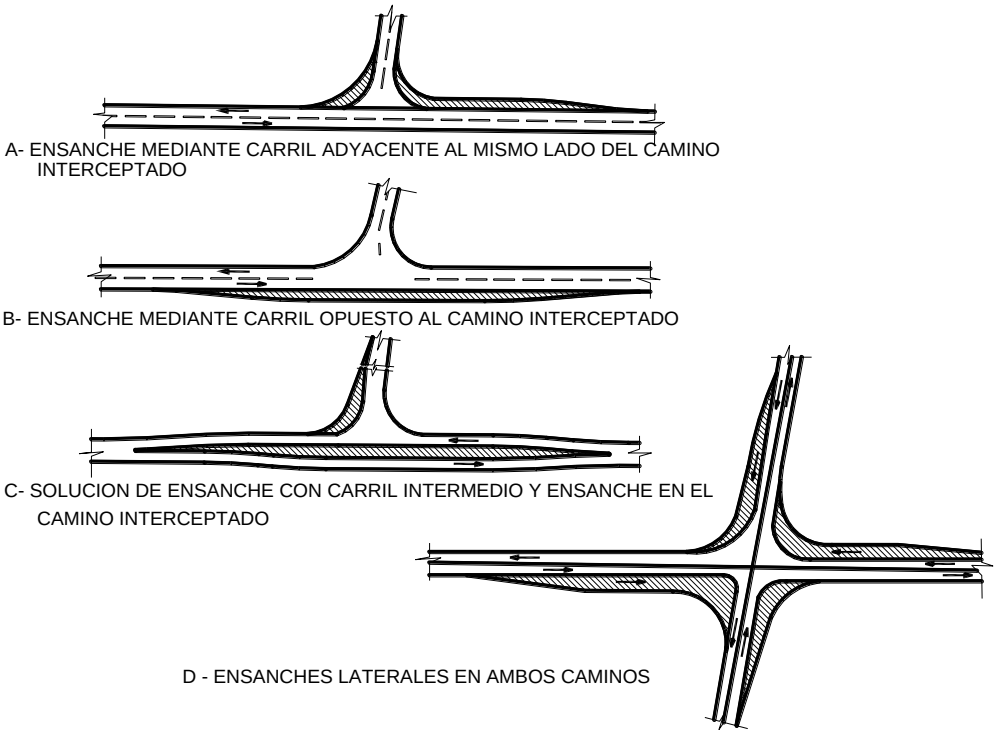
Cuando por factores de diseño o espacio, no sea posible recurrir a una Intersección Canalizada, puede utilizarse ensanches en la zona de acceso a los cruces.

Esta forma de diseño, produce el efecto de aumentar la capacidad de cruce, a la vez que separa los puntos de conflicto. También permite crear zonas de protección para los vehículos de maniobras más lentas, con lo que facilita los flujos de tránsito directo.

La **Figura 502.06**, ilustra los distintos tipos de ensanches, según la necesidad de las necesidades del cruzamiento, en la cual se presentan los siguientes ejemplos.

- Se adopta carriles de deceleración en los sectores de llegada o salida al empalme, cuando exista volúmenes importantes de giro a la derecha, desde la carretera principal a la que empalma o viceversa. **Figura 502.06 A.**
- Se adopta de un carril auxiliar en el camino principal, opuesto al camino interceptado cuando los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal representan volúmenes importantes. **Figura 502.06 B**.
- Con criterio de solución similar al anterior, en este caso se adopta un carril auxiliar de ensanche al centro, mediante una separación de los carriles directos, cuando los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal, representan volúmenes importantes, al igual que los del camino interceptado hacia la izquierda. **Figura 502.06 C**.
- Cuando el volumen de movimientos de giro lo justifica, se adopta por ensanchar los accesos a la intersección como se indica en la **Figura 502.06 D**. Esto da a la Intersección una capacidad adicional tanto para los movimientos de giro como para el tránsito directo.

Figura 502.06
Ejemplos se ensanches de la sección de los accesos al cruce



502.06 Intersecciones canalizadas

502.06.01 Generalidades

Las intersecciones con islas de canalización, se utilizan para los casos en que el área pavimentada en la zona de intersección resulta muy grande, y por tanto se genera confusión en el tránsito vehicular, por indefinición de las trayectorias destinadas de los diferentes giros y movimientos a realizar.

Las islas de canalización permiten resolver la situación planteada, al separar los movimientos más importantes en ramales de giro independientes. Se disminuye a la vez el área pavimentada que requeriría la intersección sin canalizar.

Los elementos básicos para el trazado de ramales de giro canalizados son:

- La alineación al borde inferior del pavimento.
- El ancho del carril de giro.
- El tamaño mínimo aceptable para la isla de canalización.

La compatibilización de estos tres elementos de diseño, posibilita el uso de curvas con radios mayores que los mínimos requeridos acordes al vehículo tipo, lo que permite soluciones más holgadas que las correspondientes a las intersecciones sin canalizar.

Las islas de canalización, deben tener formas específicas y dimensiones mínimas, que deben respetarse para que cumplan su función con seguridad vial.

Cuando sea necesario diseñar islas de canalización con velocidades de giro mayores a 15 Km/h, se deberá tener en consideración, en las curvas de las intersecciones, coeficientes de fricción lateral mayores que los usuales en el diseño normal de carreteras, lo cual es válido para velocidades de diseño de hasta 65 km/h. Para velocidades mayores, se utilizarán coeficientes de fricción lateral iguales, tanto en curvas de intersecciones como de la carretera.

La **Tabla 502.03**, presenta los valores a usar en giros mínimos canalizados. Las islas resultantes consideran dichos valores, dejando 0,60 m como mínimo entre sus bordes y los bordes del pavimento. Los anchos de los ramales que aparecen, permiten que las ruedas del vehículo tipo, se inscriban con una holgura de 0,60 m, respecto de los bordes del pavimento.

Por tratarse de giros mínimos, estas soluciones no incluyen el ensanche de las carreteras que acceden a la intersección. Por tanto, el tipo de islas que incluyen los valores de la **Tabla 502.03**, se refieren a islas triangulares, ubicadas en los ángulos que forma la prolongación de los bordes del pavimento, de las vías que se cruzan. Cuando sea posible ensanchar las vías que acceden al cruce, este tipo de islas pueden reemplazarse o combinarse con islas centrales en el camino subordinado.

Diseños mayores a los indicados, deben ser estudiados para cada caso, de acuerdo con la disponibilidad de espacio y la importancia de los giros en la intersección.

Tabla 502.03
Valores en giros mínimos en intersecciones canalizadas

Vehículo tipo	Ángulo de giro (º)	Curva compuesta de tres centros simétrica (Ver Figura 502.03)		Ancho del ramal (m)	Tamaño aproximado de la isla (m^2)
		Radios (m)	Desplazamiento (m)		
VL	75	45---22,5---45	1,05	4,20	5,50
VP		45---22,5---45	1,50	5,40	4,50
VA		54---27,0---54	1,05	6,00	4,50
VL	90	45---15,0---45	0,90	4,20	4,50
VP		45---15,0---45	1,50	5,40	7,50
VA		54---19,5---54	1,80	6,00	11,50
VL	105	36---12,0---36	0,60	4,50	6,50
VP		30---10,5---30	1,50	6,60	4,50
VA		54---13,5---54	2,40	9,00	5,50
VL	120	30,0 ---9,0---30,0	0,75	4,80	11,00
VP		30,0 ---9,0---30,0	1,50	7,20	8,40
VA		54---12,0---54	2,55	10,40	20,40
VL	135	30,0 ---9,0---30,0	0,75	4,80	43,00
VP		30,0 ---9,0---30,0	1,50	7,90	34,50
VA		48---10,5---48	2,70	10,70	60,00
VL	150	30,0 ---9,0---30,0	0,75	4,80	130,00
VP		30,0 ---9,0---30,0	1,80	9,00	110,00
VA		48---10,5---48	2,15	11,60	160,00

(*) Radio del borde inferior del pavimento en la curva

La **Tabla 502.04** muestra los valores de los radios mínimos en intersecciones canalizadas con velocidades de diseño superiores a 20 Km/h, para peraltes de 0% y 8%.

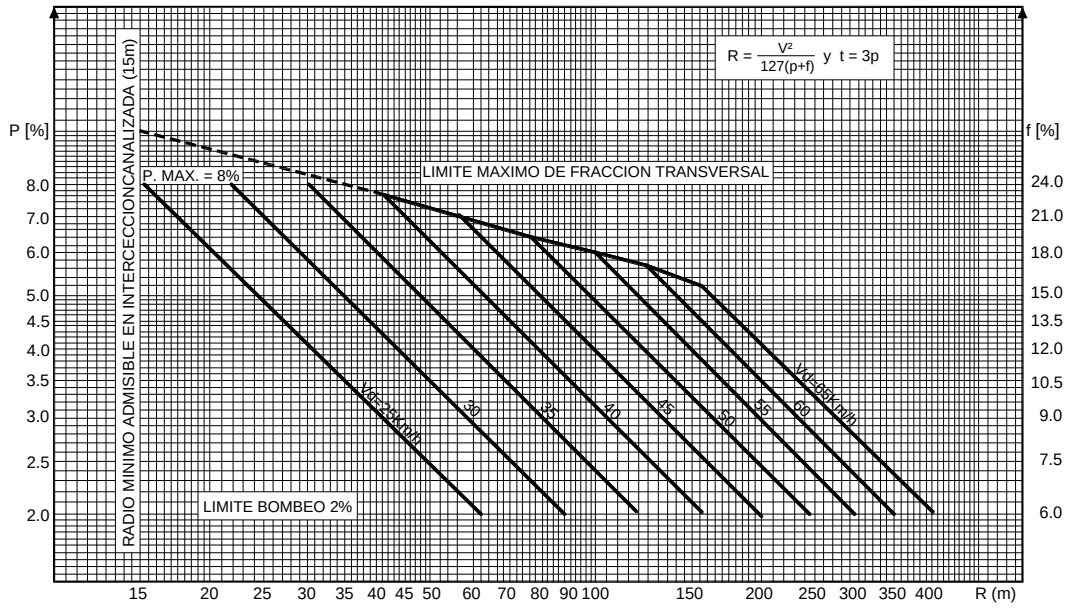
Tabla 502.04
Radios mínimos en intersecciones canalizadas según peraltes mínimos y máximos aceptables

V (Km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65
f máximo	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16
Radio mínimo (m) (p=0%)	15	25	40	55	75	100	130	170	210
Radio mínimo (m) (p=8%)	(*)	20	30	40	55	75	90	120	140

(*) Radio mínimo < 15: no aceptable en Intersecciones Canalizadas, salvo en curvas de tres centros.

La **Figura 502.07** muestra valores de radios y peraltes en intersecciones canalizadas cuando no existen condiciones limitantes.

Figura 502.07
Valores de radios y peraltes en intersecciones canalizadas cuando no existen condicionamientos limitantes



502.06.02 Casos de intersecciones canalizadas

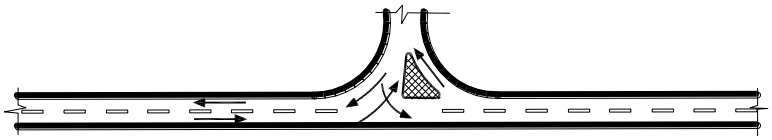
Por lo general en las intersecciones canalizadas, las islas divisorias y los carriles de giro, se diseñan en las vías secundarias de las intersecciones importantes, o bien, en empalmes menores cuando el esviaje es pronunciado. En los casos en que se justifican radios mayores a los mínimos, se debe diseñar vías independientes de giro a la derecha.

A continuación se presentan algunos casos de intersecciones canalizadas:

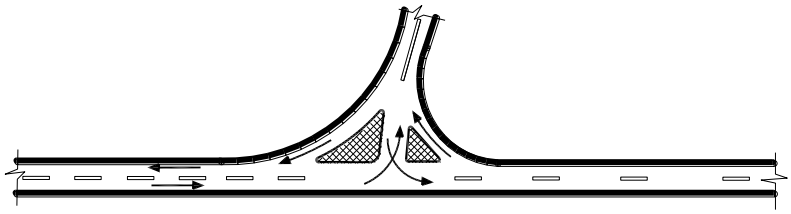
a) En la **Figura 502.08**, se muestran cuatro casos (A, B, C y D). El primero, **Figura 502.08-A** muestra el caso de un carril de giro a la derecha, desde la vía secundaria, obtenido mediante el diseño de una isla triangular. El segundo, **Figura 502.08-B** muestra un

empalme en que las velocidades y el volumen de virajes justifican carriles independientes de giro a la derecha, hacia y desde el camino que intercepta, con radios mayores que los mínimos. El tercero, indica que la canalización en el camino interceptado, es mediante una isla divisoria, **Figura 502.08-C**, en la cual el espacio necesario para la ubicación de la isla, se obtiene ensanchando gradualmente el camino, y usando radios de giro mayores que los mínimos en el viraje a la derecha. Finalmente, para el caso de carreteras de dos carriles con volúmenes de tránsito alto, se aconseja diseñar carriles separados para cada uno de las corrientes importantes, **Figura 502.08-D**, donde se muestra el empleo de dos islas (canalizadoras) y una isla divisoria en el camino directo.

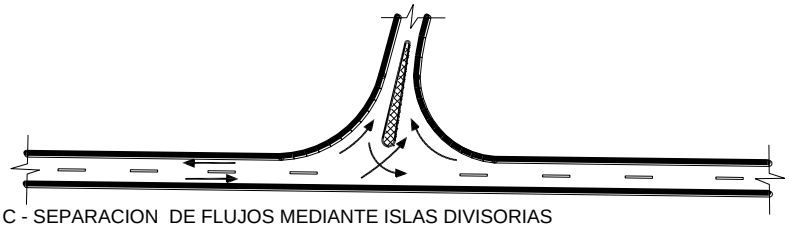
Figura 502.08
Casos de canalización con islas divisorias y carril de giro



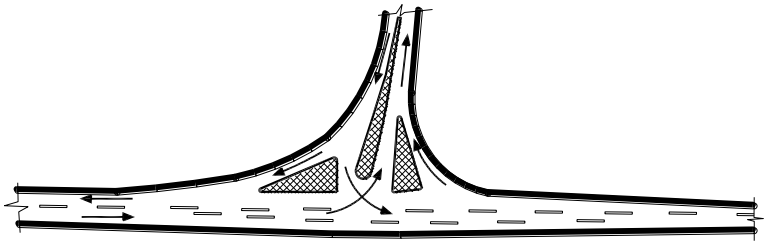
A - CARRIL DE GIRO A LA DERECHA DESDE EL CAMINO DE PASO



B - CARRIL INDEPENDIENTE DE GIRO DESDE EL CAMINO INTERCEPTADO



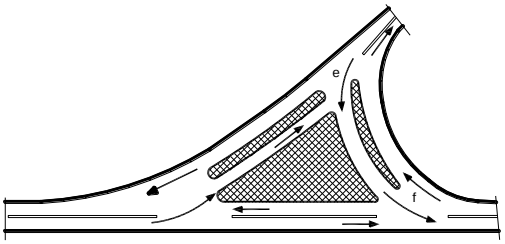
C - SEPARACION DE FLUJOS MEDIANTE ISLAS DIVISORIAS



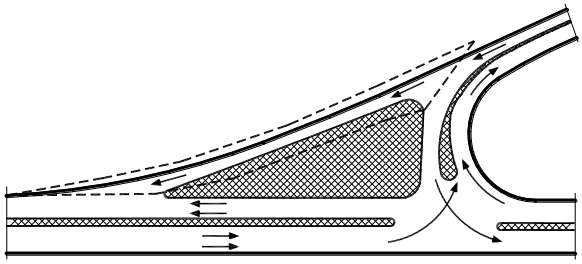
D - SEPARACION COMPLETA DE MOVIMIENTOS DE GIRO Y ENSANCHE EN CAMINO DE PASO

b) En la **Figura 502.09**, se muestran dos casos (A y B), de intersecciones en ángulos agudos formando una Y, con canalizaciones que permiten disminuir el riesgo de encuentro frontal de los vehículos, modificando las trayectorias, para que el cruce se produzca en ángulo aproximadamente recto.

Figura 502.09
Intersecciones canalizadas en ángulos agudos formando una "Y"



A- CARRILES DE GIRO BIDIRECCIONALES , CAMINO DE PASO DE SIMPLE VIA

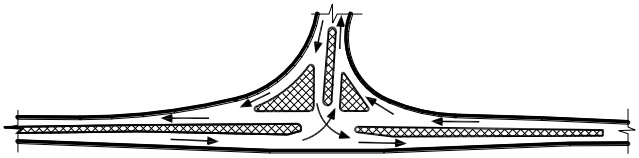


B-SEPARACION DE CARRILES ES DE GIRO VALIDA CUANDO EL CAMINO DE PASO TIENE DOBLE VIA

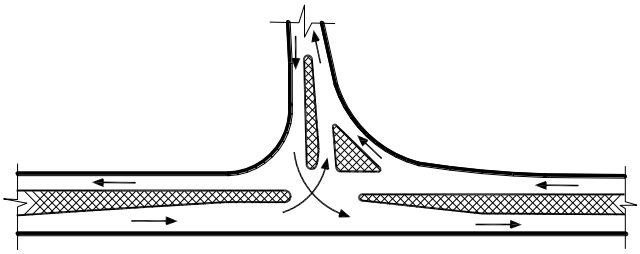
NOTA:
ESTE TIPO DE SOLUCION IMPLICA ISLAS TRIANGULARES DE GRANDES DIMENSIONES LADO MINIMO 30 A 50 METROS.

c) En la **Figura 502.10**, se muestran tres casos (A, B y C) de intersecciones canalizadas de diseño más complejo, que se justifican en carreteras con altos volúmenes de tránsito en todos los sentidos.

Figura 502.10
Intersecciones canalizadas para tránsito en todos los sentidos

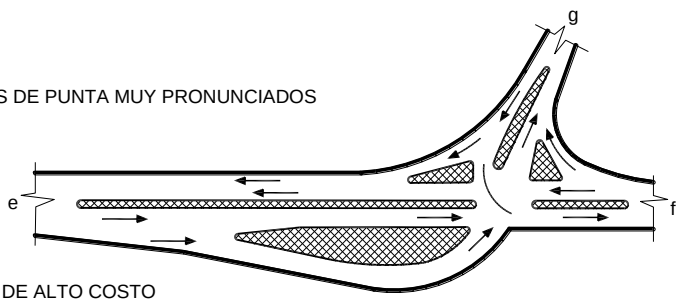


A - EMPALME T DE ALTO COSTO



B - EMPALME T CON ENSANCHE EN SEPARADOR CENTRAL

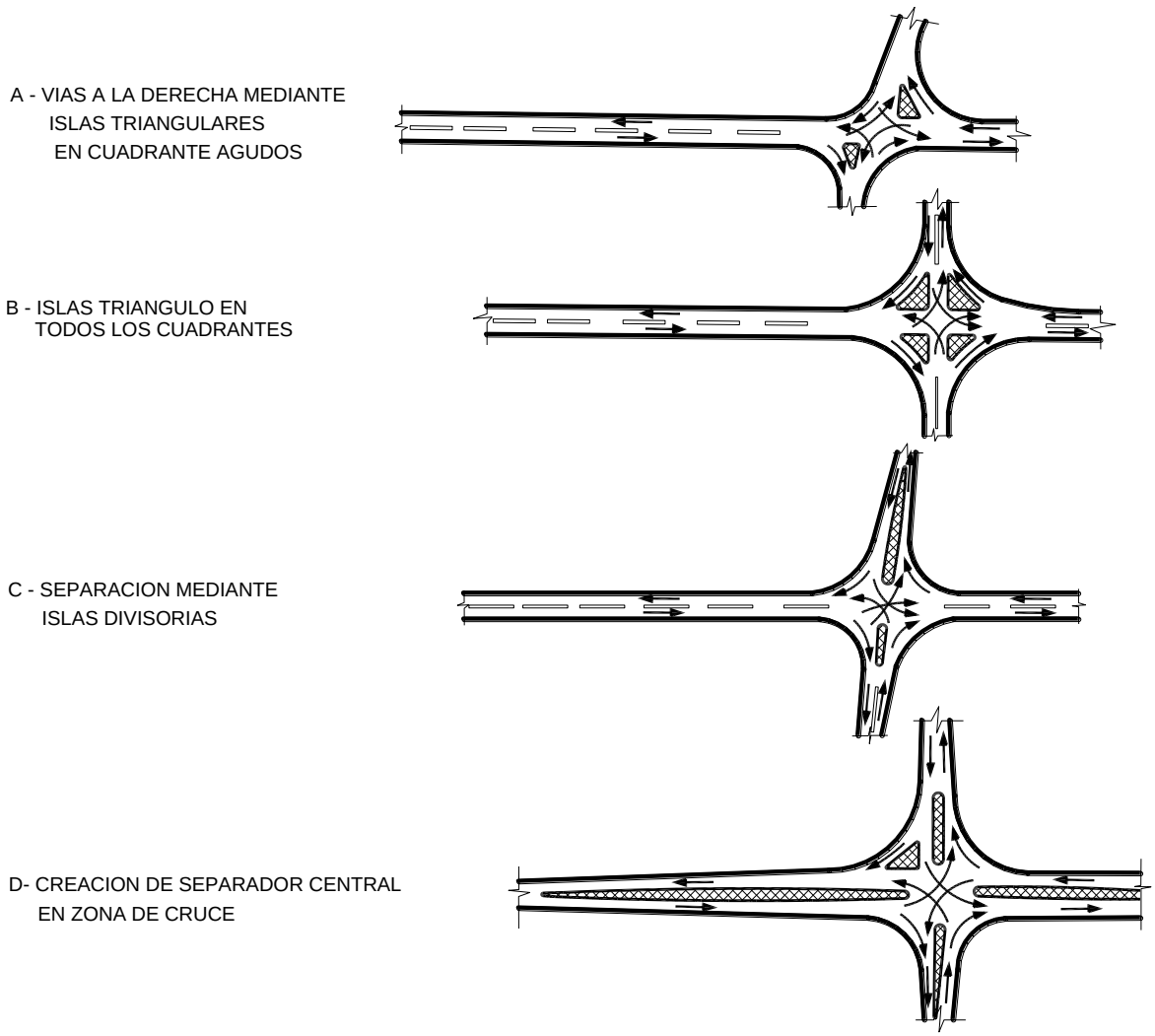
NOTA:
SOLO PARA VOLUMENES DE PUNTA MUY PRONUNCIADOS Y DE CORTA DURACION



C - EMPALME DE ALTO COSTO

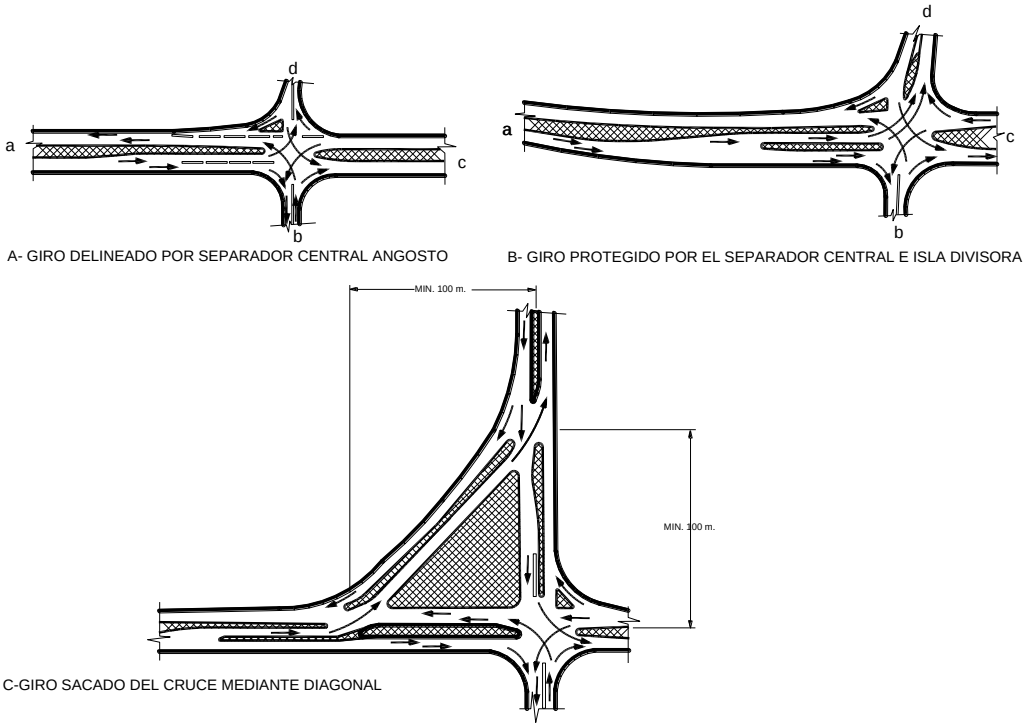
d) En la **Figura 502.11**, se muestran cuatro casos **(A, B, C, y D)**. El primer caso **(A)**, se refiere a intersecciones donde se prevén carriles independientes para los giros a la derecha. El segundo caso **(B)**, está referido a la disposición de islas triangulo en todos los cuadrantes, con la finalidad de separar los flujos de tránsito de paso. El tercero **(C)**, está referido a la separación mediante islas divisorias. El último caso **(D)**, trata de la creación de separadores centrales en las zonas de cruce.

Figura 502.11
Otros casos de intersecciones canalizadas



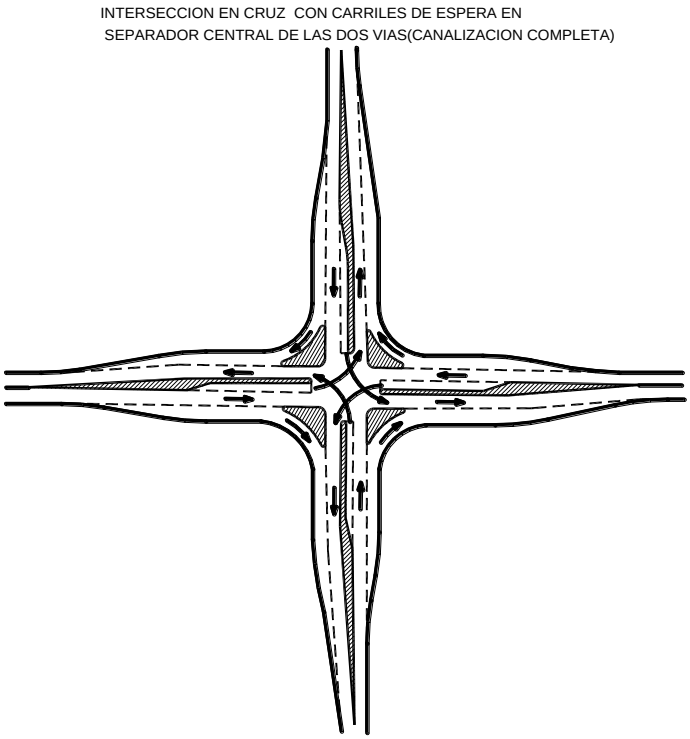
e) La **Figura 502.12**, muestran tres casos de intersecciones canalizadas con importantes giros a la izquierda en un cuadrante.

Figura 502.12
Intersecciones con importantes giros a la izquierda en un cuadrante



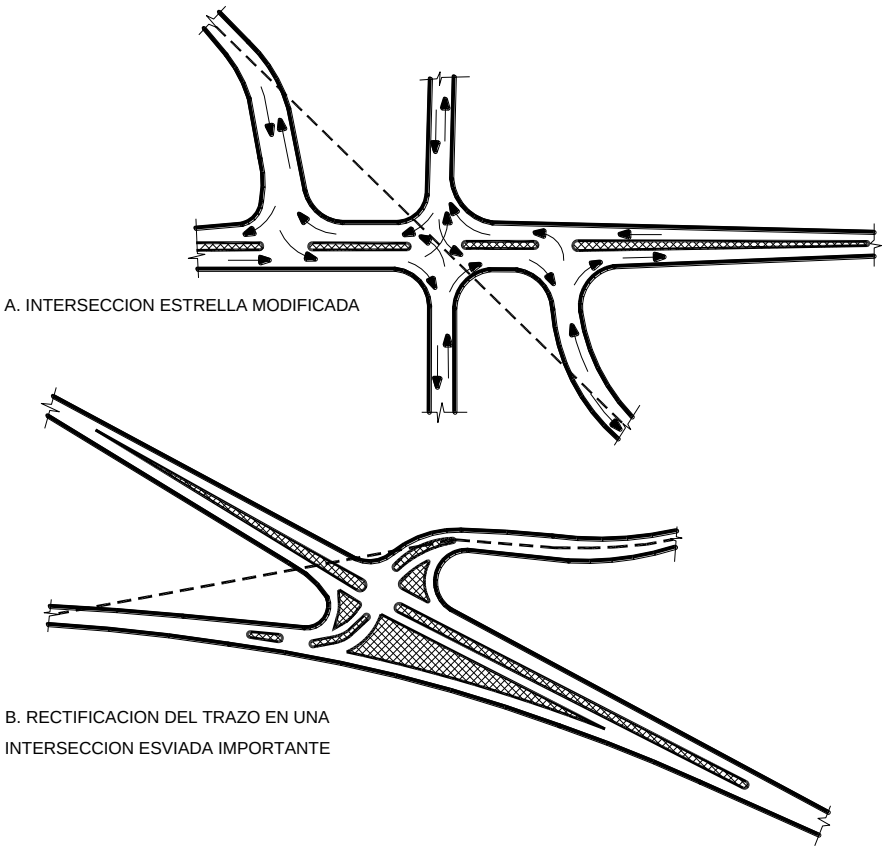
f) En la **Figura 502.13,** se muestra una intersección en cruz, con canalización completa con ensanche para los giros a la derecha e izquierda, usado cuando la intensidad de los giros lo exige.

Figura 502.13
Intersección canalizada en cruz



g) En la **Figuras 502.14**, muestra dos casos de intersecciones canalizadas en estrella, que por lo general deben evitarse por razones de seguridad vial.

Figura 502.14
Intersecciones canalizadas en estrella



A. INTERSECCION ESTRELLA MODIFICADA

B. RECTIFICACION DEL TRAZO EN UNA INTERSECCION ESVIADA IMPORTANTE

502.07 Curvas de transición en intersecciones

Cuando se accede a un ramal de intersección, desde una vía cuya Velocidad de Diseño es superior en 30 km/h o más, se produce un incremento brusco de la fuerza centrífuga, por lo que es conveniente intercalar las curvas de enlace, que pueden ser de preferencia clotoides o circulares de mayor radio.

502.07.01 Uso de clotoides

Pueden usarse intercaladas entre la tangente y la curva, o como tramo intermedio entre la curva de radio mínimo correspondiente a la Velocidad de Diseño y una curva circular de radio mayor. En la **Tabla 502.05** se dan los valores mínimos del parámetro A de la clotoide.

Tabla 502.05
Valores mínimos del parámetro A de la clotoide

V (Km/h)	30	35	40	45	50	55	60
Radio mínimo (m)	25	35	45	60	75	90	120
A adoptado (m)	20	30	35	40	50	60	70

502.07.02 Curvas compuestas

La **Tabla 502.06** indica los desarrollos aceptables que deberá tener la curva de enlace, en el supuesto de que esté seguida por una curva de radio igual a la mitad, o bien precedida por una curva de radio el doble.

Tabla 502.06
Desarrollos aceptables de la curva de enlace

Radio mayor (m)	30	45	60	75	90	120	150 o mas
Desarrollo mínimo (m)	12	15	18	24	30	36	42
Desarrollo Normal (m)	18	21	27	36	42	54	60

502.07.03 Combinación de más de dos curvas

Cuando la velocidad de operación a la entrada de un ramal, y las circunstancias obligan a diseñar curvas iniciales de radios que no permiten tener una relación de 2 o menos, con el arco limitante del ramal, será necesario utilizar una tercera curva circular de radio intermedio, que cumpla la relación establecida o una clotoide que enlace ambas curvas.

El desarrollo que debe darse a esta clotoide intermedia, se calculará haciendo la diferencia de los valores recíprocos de los radios de curvatura a enlazar, despejando de allí el radio de una curva, que al ser interpolada en los datos de la **Tabla 502.05** permite obtener el valor de su parámetro y el desarrollo correspondiente.

502.08 Ramales de giro

502.08.01 Generalidades

El ancho de la calzada y las bermas en los ramales de giro, están reguladas por el volumen y composición de tránsito, y el radio de la curva circular asociada al giro.

El diseño depende fundamentalmente de la importancia de la intersección y la disponibilidad de espacio. En los casos en que el transito no sea significativo y el espacio disponible sea limitado, el diseño contemplara dimensiones mínimas para circular a velocidades de 15 Km/h o menores. Cuando la importancia de la intersección lo exija, el diseño estará gobernado por la velocidad de operación que se desee obtener en los diversos elementos del cruce.

A continuación se describen algunos casos en función al tipo de operación de los ramales de giro:

- Caso I. Un carril con tránsito en un solo sentido, sin posibilidad de adelantar a un vehículo que se detenga, es aplicable a un ramal de

giro de poca importancia. En este caso, al menos uno de los bordes de la calzada debe tener una berma que permita ser utilizada en caso de emergencia.

- Caso II. Un carril con tránsito en un solo sentido, con posibilidad de adelantar a un vehículo que se detenga, es aplicable a un ramal de giro con posibilidad de adelantamiento a bajas velocidades, con espacios libres restringidos entre vehículos, pero manteniéndose ambos dentro de la calzada.
- Caso III. Dos carriles para el tránsito en uno o dos sentidos, es aplicable a ramales de giro en que el volumen de tránsito, supera la capacidad de una sola calzada, o para el tránsito en doble sentido.

A continuación se indican algunos casos que guardan relación con la composición del tránsito, en función de los vehículos tipo y la proporción en que intervienen.

- Caso A, predominan los vehículos ligeros (VL), considerando el paso eventual de camiones o Buses (VP).
- Caso B, la presencia de vehículos tipo VP es superior al 5% y no sobrepasa el 25% del tránsito total; los vehículos articulados (VA) circulan en muy baja proporción.
- Caso C, los vehículo tipo VP con más del 25% del tránsito total y/o los vehículos articulados (VA) circulan normalmente por el ramal bajo consideración.

502.08.02 Anchos de calzada en ramales de giro

La **Tabla 502.07** presenta valores de anchos de calzada en función al tipo de operación y composición del tránsito, antes indicados. Asimismo, en la **Tabla 502.08**, se presenta las modificaciones que debe tener la calzada por efecto de las bermas y sardineles.

Tabla 502.07
Anchos de calzada en ramales de giro

R(m)	Anchos de calzada en ramales (m)								
	Caso I 1 carril 1 sentido Sin adelantar			Caso II 1 carril 1 sentido Con adelantar			Caso III 2 Carriles 1 ó 2 Sin adelantar		
	Características del tránsito								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5.5	5.5	7	7	7.6	8.8	9.4	10.6	12.8
20	5	5.3	6.2	6.6	7.2	8.4	9	10.2	11.7
22.5	4.8	5.1	5.8	6.4	7	8.2	8.8	10	11.2
25	4.7	5	5.7	6.3	6.9	8	8.7	9.8	11
30	4.5	4.9	5.4	6.1	6.7	7.6	8.5	9.4	10.6
40	4.3	4.9	5.2	5.9	6.5	7.4	8.3	9.2	10.2
45	4.2	4.8	5.1	5.8	6.4	7.3	8.2	9.1	10
60	4	4.8	4.9	5.8	6.4	7	8.2	8.8	9.4
80	4	4.7	4.9	5.6	6.2	6.8	8	8.6	9.2
90	3.9	4.6	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	9.1
100	3.9	4.6	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	9
120	3.9	4.5	4.8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
150	3.7	4.5	4.6	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
250	3.7	4.5	4.4	5.4	6	6.6	7.6	8.3	8.5
Tangente	3.7	4	4	5.2	5.8	6.4	7.4	8	8

Tabla 502.08
Modificación de anchos de calzada por efecto de bermas y sardinel

Características		Caso I	Caso II	Caso III
Bermas sin pavimento		Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
Sardinel a nivel		Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
Sardinel Elevado	Un lado	Añadir 0,30	Sin modificación	Sin modificación
	Dos lados	Añadir 0,30	Añadir 0,30	Añadir 0,30
Berma pavimentada en uno o ambos lados		Sin modificación	Deducir ancho de las bermas Ancho mínimo similar al caso I.	Deducir 0,60 donde la berma sea de1,20 m como mínimo

502.08.03 Bermas o espacios adyacentes al pavimento del ramal de giro

Por las características de diseño, en una Intersección canalizada no siempre es necesario considerar bermas, dado que al quedar la calzada delimitada por islas, se producen espacios adicionales adyacentes, que pueden utilizarse para estacionamiento de vehículos en casos de emergencia.

Por lo general, la berma derecha en dimensión y tratamiento, es similar al de la carretera de donde provienen los vehículos, pudiendo utilizarse el ramal para hacer las transiciones de ancho, si la berma de llegada es de dimensiones distintas.

En grandes intersecciones canalizadas los ramales de giro pueden ser de tal longitud que se consideren como independientes de las carreteras que se cortan. Bajo este concepto, deberán proyectarse bermas a ambos lados de la calzada.

502.09 Carriles de cambio de velocidad

502.09.01 Generalidades

Los carriles de cambio de velocidad tienen por finalidad permitir la salida o ingreso de los vehículos de una vía a otra, con un mínimo de perturbaciones; estos carriles, también posibilitan las maniobras de giros en U en la misma vía.

Dichos carriles de cambio de velocidad son de aceleración y deceleración. El primero posibilita la maniobra de entrada a una vía principal, y siempre es paralelo al carril de destino, formando un ángulo en la parte final de la vía a la que ingresa. El segundo, permite la salida de una vía principal, y generalmente es paralelo o casi paralelo al carril de origen.

En las **Figuras 502.15** y **Figura 502.16** se muestran ejemplos de carriles de cambio de velocidad y terminales de salida, respectivamente.

Figura 502.15
Carriles de cambio de velocidad

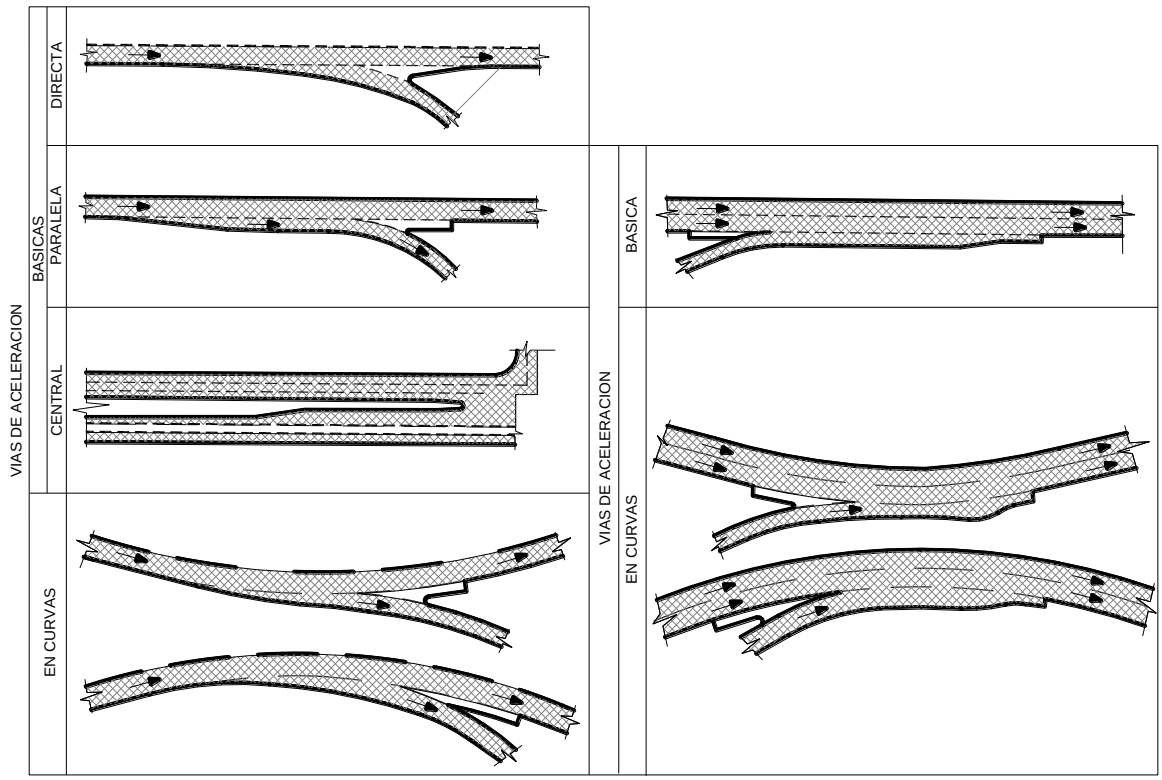
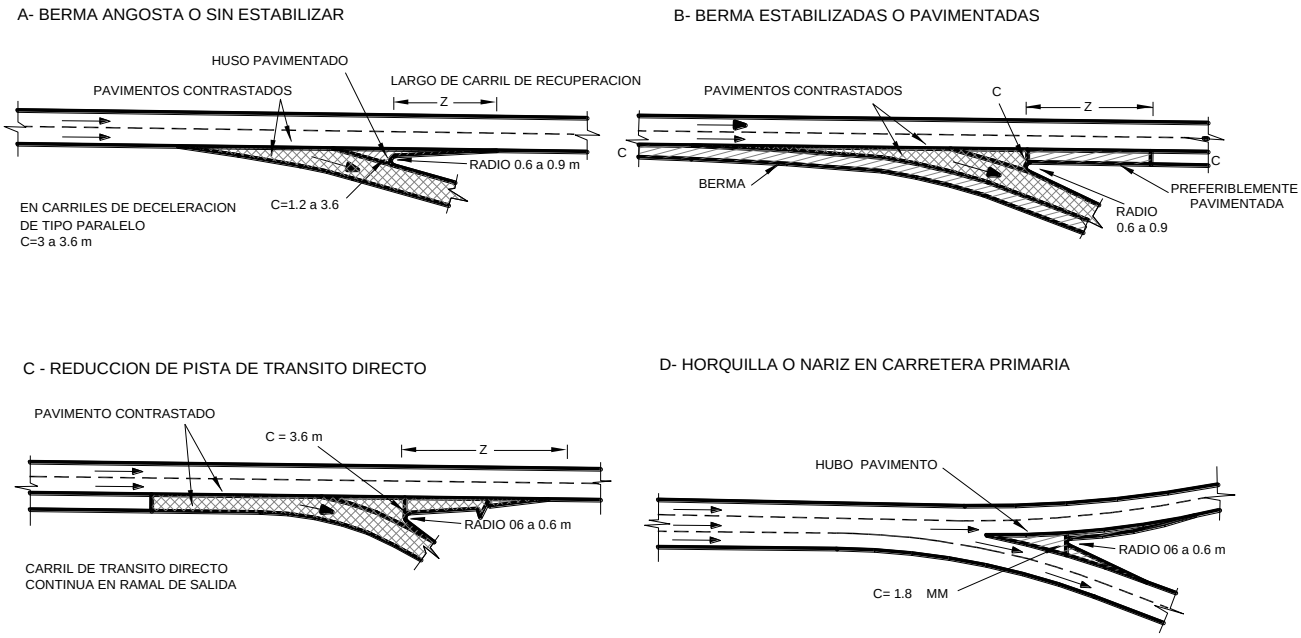


Figura 502.16
Terminales de salida



502.09.02 Carriles de aceleración

Su longitud total (LT) es la suma de los largos de las zonas de aceleración propiamente dicha y de transición o cuña, en la que LT no superará en ningún caso los 300 metros.

La **Tabla 502.09** presenta valores de LT en función a velocidades de diseño, y valores de LC fijos, en aplicación de la siguiente fórmula.

$$LT = LA + LC$$

Donde:

LT = Largo total

LA = Largo en zona de aceleración

LC = Largo de la cuña

Tabla 502.09
Longitudes totales de carriles de aceleración (LT)

Vc (Km/h)	Lc (m)	Vr = 0 (Km/h)	Vr = 30 (Km/h)	Vr = 40 (Km/h)	Vr = 50 (Km/h)	Vr = 60 (Km/h)	Vr = 70 (Km/h)	Vr = 80 (Km/h)	Vr = 90 (Km/h)
60	50	100	75	50					
70	50	150	120	100					
80	50	240	200	180	140	100			
90	75	300	275	250	220	170	140		
100	75	300	300	300	275	250	225	200	
110	75	300	300	300	300	300	250	250	250
≥120	75	300	300	300	300	300	300	300	300

Los valores LT y LA, son válidos para pendientes comprendidas entre +3 % y -3 %, debiendo corregirse si éstas exceden dichos límites. En la **Tabla 502.10** se indican los factores de corrección, que relacionan la longitud en pendiente (±) con la longitud en horizontal. Las correcciones por pendiente, se calculan sobre LT, pero la longitud adicional o por deducir que corresponda, afecta sólo a LA, permaneciendo LC fijo, aunque LT eventualmente pueda resultar menor que LC.

Tabla 502.10
Factores de corrección que relaciona la longitud en pendiente con la longitud en horizontal

Factores de Corrección de Lt (*) en Carriles de Aceleración, para Velocidades de diseño de la Carretera (Vc) de:							
60 Km/h		70 Km/h		80 Km/h		100 (**) Km/h	
Caso Pendiente de Subida de: (%)							
3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6
1,30	1,50	1,30	1,60	1,35	1,70	1,40	1,90
Caso pendiente de Bajada, Si Vr = 0 (***), de:							
3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6
0,5	0,5	0,75	0,65	0,90	0,80	1,00	1,00

(*) Factores se aplican a LT, pero afectan a LA; LC = Constante.
(**) LT Máximo = 300 m.VC = 100 sirve para interpolar
(***) Si Vr > 0 no hay reducciones

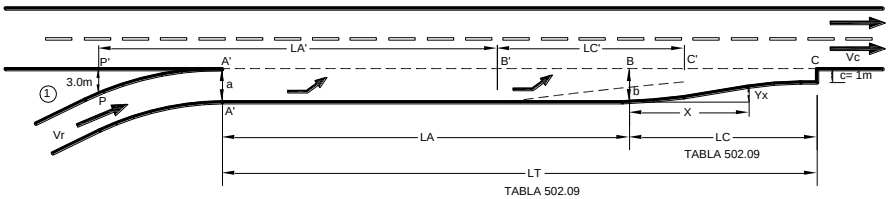
En la **Figura 502.17,** se muestran los puntos singulares de los carriles de aceleración. En C se tiene el ancho final de la cuña (c) que deberá ser de 1 m, con el fin de hacer utilizable la zona de cuña. En B, inicio de la cuña y final de la zona de aceleración, se debe tener el ancho total del carril (b), el cual, si el carril fuera proyectado en una curva que requiera sobreancho, se obtiene con la siguiente fórmula:

$$b = bo + Sa.$$

Donde:

b : nuevo ancho total del carril
bo : ancho inicial del carril
Sa : sobreancho

Figura 502.17
Puntos singulares de carril de aceleración



Vr = Velocidad de ramal
Vc = Velocidad de carretera

NOTAS:
(1) Esta zona se define según tópico 502.11 (islas)
(2) Peraltes y transiciones en figura 502.07
(3) Yx = F(b-c)(F en tabla)

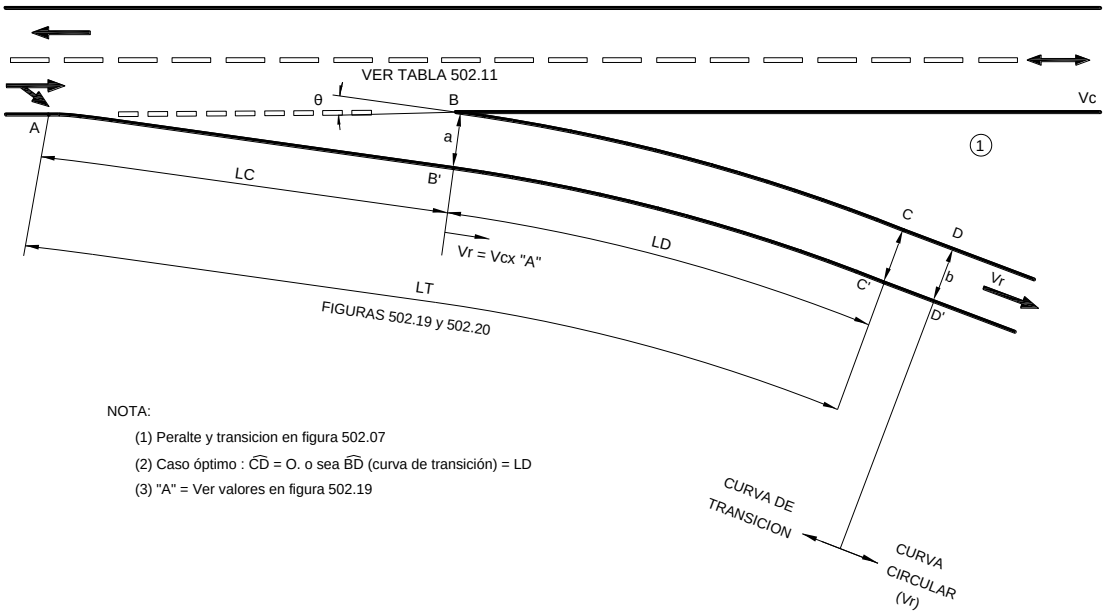
		DISTANCIAS "X" DESDE EL PUNTO B ó B' (m)														
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Velocidad de Diseño (km/h)	Largo de Cuña(Lc) (m)	VALORES "F" PARA EL CALCULO DE Yx														
60 - 80	50	0.0127	0.0829	0.1656	0.3190	0.5000	0.8810	0.8344	0.9371	0.9873	1.0000					
90 - 120	75	0.0053	0.0245	0.0629	0.1252	0.2129	0.3190	0.4382	0.5818	0.6810	0.7881	0.8748	0.9371	0.9755	0.9947	1,0000

502.09.03 Carriles de deceleración

De acuerdo a las características geométricas del carril de deceleración, se presentan los dos siguientes casos:

Caso I: Cuando la longitud de la curva de transición es mayor o igual que longitud de deceleración (LD), que viene a ser el de mejor geometría para estos dispositivos, por cuanto se puede diseñar el ramal sobre la carretera con un ángulo de incidencia (Ø) que haga claramente perceptible su función (**Figura 502.18**).

Figura 502.18
Carril de deceleración
Caso I



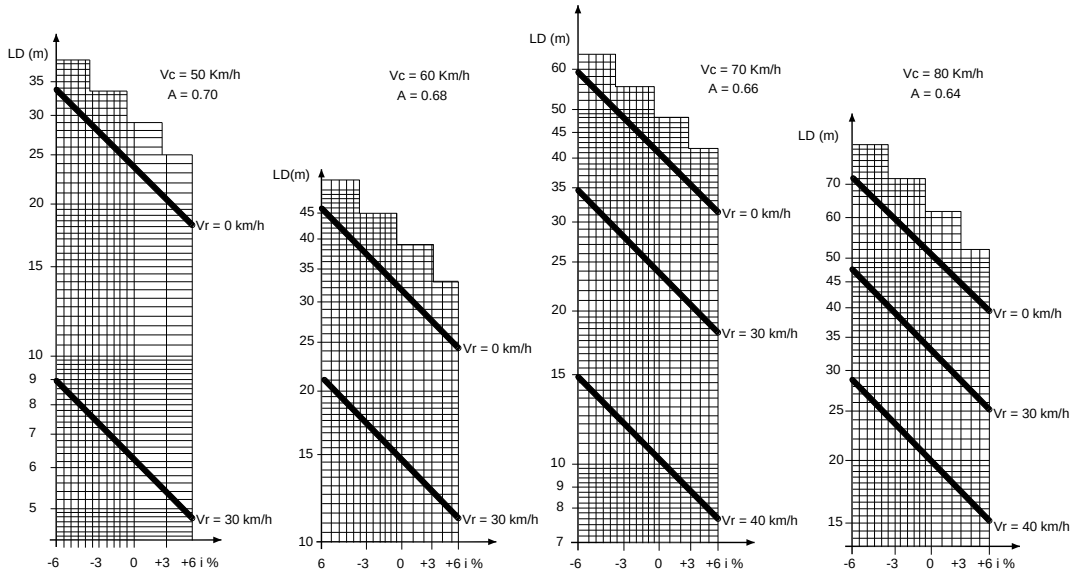
Cuando el trazado de los ramales no corresponda al caso de los mínimos absolutos, se debe cuidar que el ángulo de incidencia (Ø) no exceda los valores indicados en la **Tabla 502.11**.

Tabla 502.11
Ángulo de incidencia (Ø) de carril de deceleración

VC (Km/h)	< 60	60	70	80	90	100	110
Ø (°)	11,0	9,0	7,5	5,5	5,0	4,5	4,0

En las **Figuras 502.19** y **502.20**, se muestran gráficamente valores de longitudes de carriles de deceleración (LD), para velocidades de diseño que van desde 60 Km/h hasta 120 Km/h, distintas velocidades de diseño de ramales, y en función de las pendientes longitudinales de la vía.

Figura 502.19
Longitudes de carriles de deceleración (LD=f(i))
Cuadros resúmenes para LT= LC+LD cuando i=0 y Vc = 50, 60, 70 y 80km/h



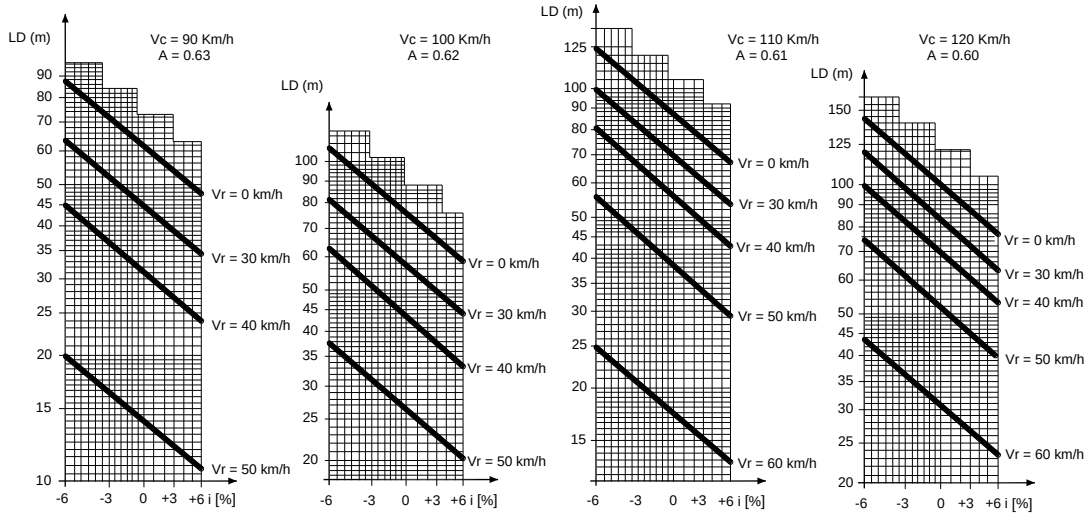
Vc = 50 km/h (Lc = 50m)	
V.Diseño Ramal Vr (km/h)	
0	30
75	55
LT = Lc + LD en Metros	

Vc = 60 km/h (Lc = 55m)	
V.Diseño Ramal Vr (km/h)	
0	30
90	70
LT = Lc + LD en Metros	

Vc = 70 km/h (Lc = 60m)		
V.Diseño Ramal Vr (km/h)		
0	30	40
100	85	70
LT = Lc + LD en Metros		

Vc = 80 km/h (Lc = 70m)			
V.Diseño Ramal Vr (km/h)			
0	30	40	50
120	105	90	75
LT = Lc + LD en Metros			

Figura 502.20
Longitudes de carriles de deceleración (LD=f(i))
Cuadros resúmenes para LT=LC+LD cuando i=0
Vc=90, 100, 110 y 120 Km/h



Vc = 90 km/h (Lc = 80m)			
V.Diseño Ramal Vr (km/h)			
0	30	40	50
140	125	110	95
LT = Lc + LD en Metros			

Vc = 100 km/h (Lc = 85 m)				
V.Diseño Ramal Vr (km/h)				
0	30	40	50	60
160	140	130	110	90
LT = Lc + LD en Metros				

Vc = 110 km/h (Lc = 90 m)				
V.Diseño Ramal Vr (km/h)				
0	30	40	50	60
175	160	145	130	110
LT = Lc + LD en Metros				

Vc = 125 km/h (Lc = 100 m)					
V.Diseño Ramal Vr (km/h)					
0	30	40	50	60	70
200	185	170	150	130	105
LT = Lc + LD en Metros					

Caso II: Cuando la longitud de la curva de transición es menor que la longitud de deceleración (LD) o no existe. Para este caso, la cuña es similar que en el Caso I, iniciándose con un ancho de 1 metro, con el fin de compensar el efecto de la maniobra de curva – contra curva, que por lo general hace desaprovechar la zona de cuña, y hace más visible dicho inicio. El borde derecho, se define en forma similar según los valores de la tabla incluida en la **Figura 502.21**.

Figura 502.21
Carril de deceleración
Caso II

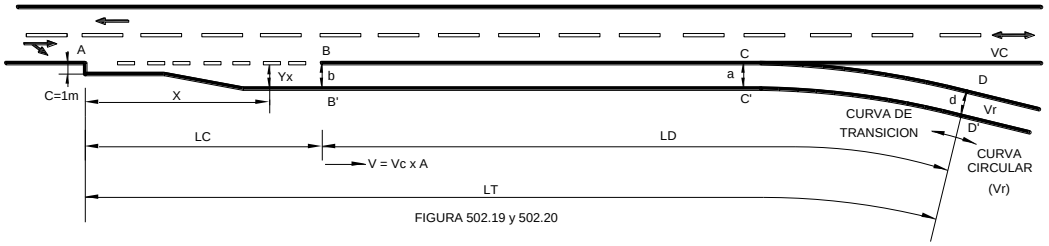


FIGURA 502.19 y 502.20

NOTA:
Yx = c + F (bc)
(Fin Tabla)

Velocidad de Diseño (km/h)	Largo de Curva (Lc) (m)	DISTANCIAS "X" DESDE EL PUNTO A (m)																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
		VALORES DE "FF" PARA EL CALCULO DE Yx																			
60	55	0.0104	0.0503	0.1320	0.2688	0.4160	0,5840	0,7414	0,6853	0,0497	0,9898	1,0000									
70	60	0.0058	0.0411	0.1073	0.2119	0.3481	0,5000	0,8519	0,7881	0,8927	0,9589	0,9814	1,0000								
80	70	0.0061	0.0267	0.0742	0.1474	0.2481	0,3081	0,5000	0,6309	0,7518	0,8529	0,9258	0,9713	0,9838	1,0000						
90	80	0.0048	0.0211	0.0540	0.1073	0.1822	0,2771	0,3851	0,5000	0,8149	0,7228	0,8178	0,8927	0,9480	0.9789	0.9754	1,0000				
100	85	0.0040	0.0183	0.0489	0.0828	0.1580	0,2414	0,3395	0,4555	0,5545	0,6806	0,7584	0,8420	0,8072	0.9531	0.9817	0,9960	1,0000			
110	90	0.0038	0.0160	0.0411	0.0888	0.1386	0,2118	0,3000	0,3873	0,5000	0,6024	0,7000	0,7681	0,8611	0.5181	0.8589	0,9540	0,8964	1,0000		
110	100	0.0029	0.0127	0.0821	0.0828	0.1073	0,1858	0,2370	0,3190	0,4077	0,5000	0,6823	0,6810	0,7830	0.8344	0.8827	0,9371	0,8078	0,8873	0,9971	1,0000

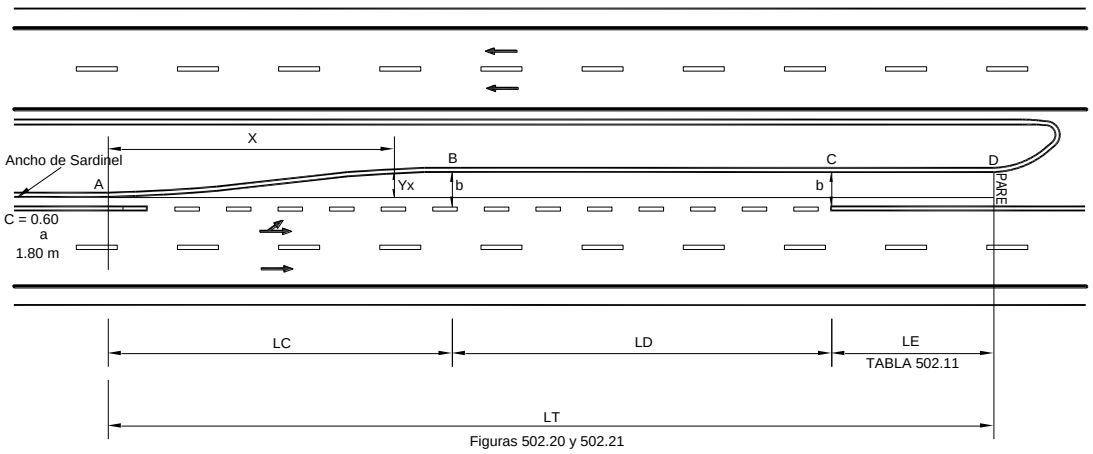
502.09.04 Carriles centrales de deceleración

Se puede diseñar carriles de deceleración para girar a la izquierda desde una carretera principal, los cuales por lo general se sitúan en el centro de la carretera, con esta finalidad y si los volúmenes de transito lo requieren, se diseñaran los ensanchamientos necesarios en la zona de cruzamiento.

En la **Figura 502.22** se muestra un carril de este tipo. Las longitudes LC y LD son las que corresponden a las **Figuras 502.19** y **502.20** respectivamente, a las cuales hay que sumarle una longitud LE, a lo largo de la zona de espera, que depende del flujo vehicular.

Si existe un semáforo en el punto D de la **Figura 502.22**, la longitud de espera (LE) se determinará del cálculo del largo de las filas de vehículos en espera en un ciclo, estimándose en 7,5 m el espacio promedio requerido por cada vehículo.

Figura 502.22
Carril central de deceleración



NOTA: Para valores de Yx = f(x). Vease Tabla en figura 502.22 (C = 0.60 m.a = 1.20 m.)

Si en lugar de un semáforo, existe una señal "PARE", el valor de la longitud de espera (LE), se obtendrá de la **Tabla 502.12.**

Tabla 502.12
Valores de longitud de espera de vehículos

Nº Veh/h que giran	30	60	100	200	300
Longitud de espera LE (m)	8	15	30	60	75

502.10 Tránsito por el separador central

En las autopistas, las intersecciones tienen por finalidad posibilitar el tránsito vehicular que cruza la vía o realiza giros a la izquierda, por la zona del separador central.

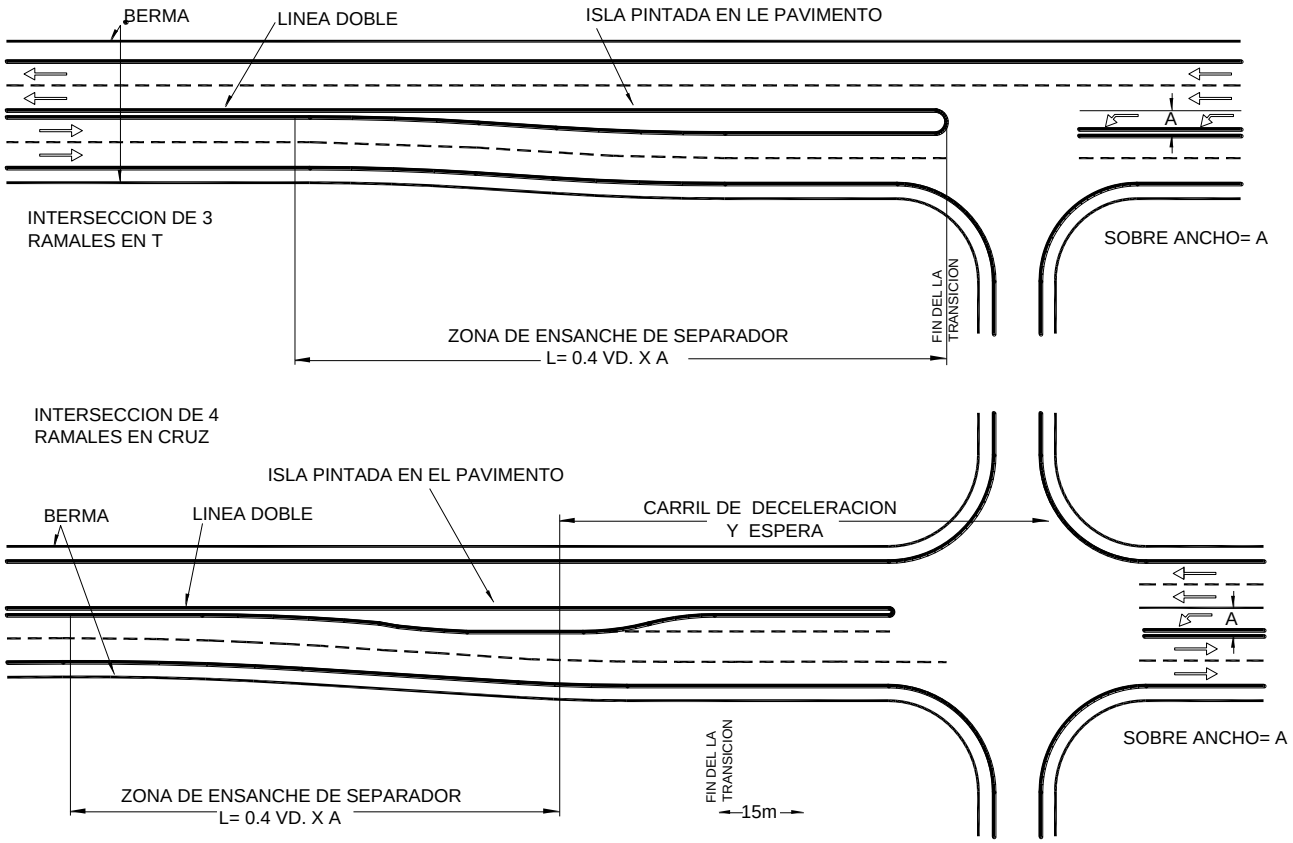
La pendiente transversal en la zona del separador no debe superar el 5%, y el ancho de la abertura del separador central, no debe ser menor a 12 m. En todo caso, dichas dimensiones deben especificarse en el diseño, de acuerdo a los requerimientos de las vías que se cruzan.

502.10.01 Cruces y giros a la izquierda

A continuación se muestran algunos ejemplos de giros a la izquierda en intersecciones con separadores centrales y dimensiones de aberturas.

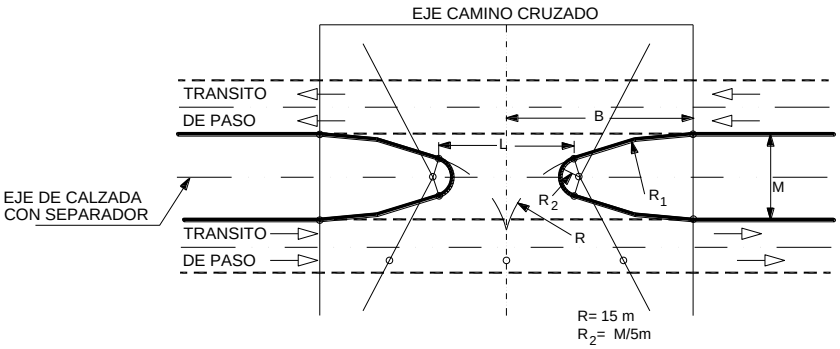
En la **Figura 502.23**, se aprecia dos casos de intersecciones a nivel en "T" y en "+" para giros a la izquierda y de cruce.

Figura 502.23
Intersecciones a nivel en "T" y en "+", para giros a la izquierda y de cruce



En la **Figura 502.24**, se muestra el diseño de la abertura de un separador, en el que se aprecia el detalle de un remate en punta de proyectil.

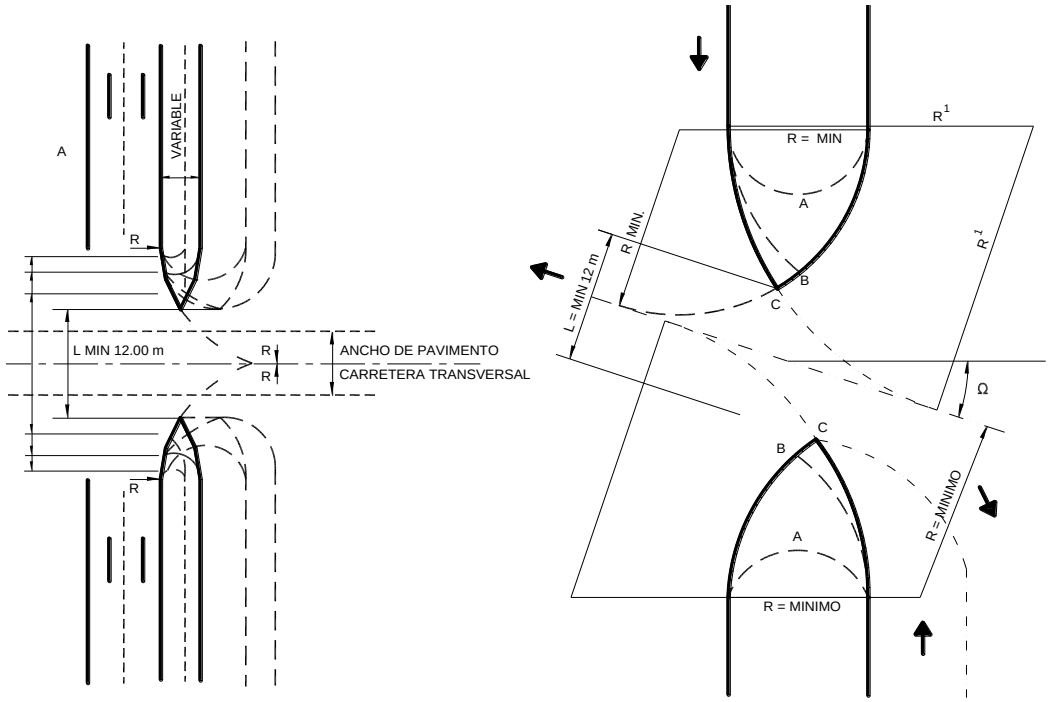
Figura 502.24
Aberturas de separador con remate en punta de proyectil



M ANCHO SEPARADOR mts	DIMENSIONES					
	R= 30 m		R= 45 m		R= 70 m	
	L	B	L	B	L	B
6	18	20	20	24	21.5	27.5
9	15	21	17	26	19.5	31
12	12.5	22	15	27.5	17.5	33
15	–	–	13.5	29	15.5	35
18	–	–	–	–	14	37
21	–	–	–	–	12.5	39

En la **Figura 502.25**, se muestra el detalle de la abertura de un separador, para radio de giro mínimo con y sin esviajes en el cruce.

Figura 502.25
Abertura de separador para radio de giro mínimo con o sin esviaje



La **Tabla 502.13**, contiene dimensiones de aberturas de separadores centrales para permitir giros a la izquierda en condiciones mínimas.

Tabla 502.13
Dimensiones de aberturas de separadores centrales para giros a la izquierda Vehículo tipo Vp radio de giro mínimo 15 m

Esviaje	Ancho Separador (m)	Ancho de aberturas normales al camino que cruza (m)			R1 Caso C asimétrico (m)
		Semi-círculo A	Punta de Proyectil		
			Simétrico B	Asimétrico C	
0º	1,00	29,0	29,0	------	------
	2,00	28,0	23,0	------	------
	2,50	28,0	21,0	------	------
	3,00	27,0	19,0	------	------
	6,00	24,0	13,0	------	------
	9,00	21,0	12,0 min.	------	------
	12,00	18,0	12,0 min.	------	------
	15,00	15,0	12,0 min.	------	------
	18,00	12,0	12,0 min.	------	------
10º	3,00	32,0	24,5	23,0	21,5
	6,00	28,0	17,5	16,0	20,5
	9,00	24,5	13,5	12,0 min.	19,5
	12,00	21,5	12,0 min.	12,0 min.	19,0
	15,00	18,0	12,0 min.	12,0 min.	18,5
	18,00	14,0	12,0 min.	12,0 min.	18,0
20º	3,00	37,0	29,5	27,5	29,5
	6,00	32,5	22,0	19,5	27,5
	9,00	28,5	18,0	14,5	26,0
	12,00	24,5	14,5	12,0 min.	24,5
	15,00	20,5	12,0 min.	12,0 min.	23,0
	18,00	16,0	12,0 min.	12,0 min.	21,5
30º	3,00	41,0	35,0	32,0	42,5
	6,00	36,5	27,5	23,0	39,5
	9,00	31,5	22,5	17,5	36,5
	12,00	27,5	18,5	12,5	33,5
	15,00	23,0	15,5	12,0 min.	30,5
	18,00	18,0	12,0	12,0 min.	27,5
40º	3,00	44,5	38,5	36,0	64,0
	6,00	40,0	32,0	27,5	58,5
	9,00	35,0	27,5	20,5	53,0
	12,00	30,0	23,5	15,5	47,5
	15,00	25,0	19,5	12,0 min.	42,0
	18,00	19,5	15,5	12,0 min.	36,5

* Esviaje medido como el número de grados sexagesimales que separa el camino secundario de la normal al camino principal.

502.10.02 Giros en U en torno al separador central

El diseño geométrico de carreteras, no debe considerar giros de esta naturaleza, por tratarse de maniobras que ponen en riesgo la seguridad vial; en todo caso, en las intersecciones a nivel de las autopistas, debe diseñarse rotondas u otra solución adecuada, para el retorno de los vehículos.

502.11 Islas

502.11.01 Generalidades

Las islas son áreas resultantes del diseño de una intersección a nivel y se constituyen en elementos básicos para el manejo y separación de conflictos. Se sitúan entre los carriles de circulación, teniendo como objetivo guiar el movimiento de los vehículos, servir de refugio a los peatones y proporcionar una zona para la ubicación de la señalización e iluminación; pueden estar delineadas por marcas o barras de resalto y también pueden ser elevadas sobre el pavimento, limitadas por sardineles.

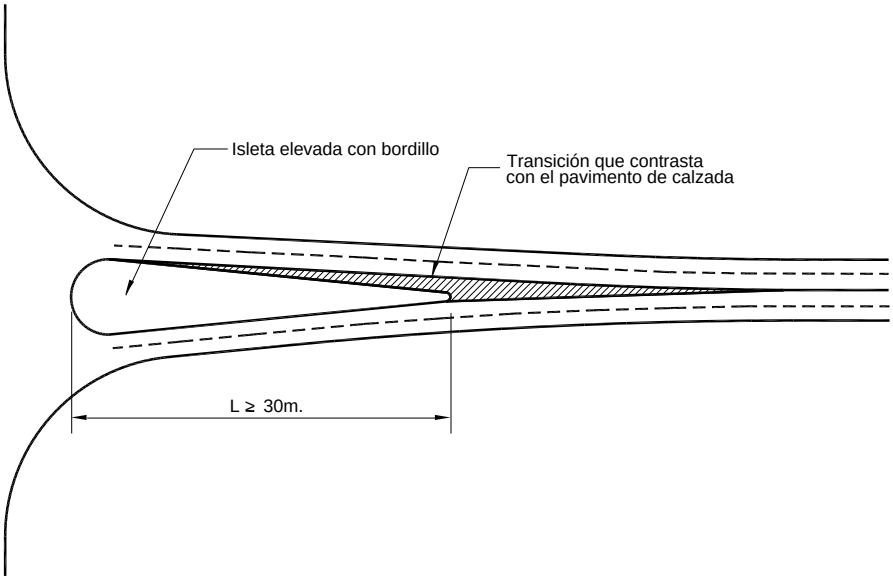
502.11.02 Tipos de islas

Las islas pueden agruparse en tres clases principales, según su función: divisorias o separadora; canalización, encauzamiento o direccionales y de refugio.

Islas divisorias o separadoras. Tienen forma de lágrima y se usan principalmente en las cercanías de las intersecciones, en carreteras no divididas, sirven asimismo para separar sentidos de circulación igual u opuesta. Deben tener una longitud mínima de 30 m y de preferencia 100 m o más.

Este tipo de isla, se emplea con frecuencia en carreteras sin división central, para avisar a los conductores de la presencia ante ellos de un cruce, a la vez que regulan el tránsito a través de la Intersección, en la **Figura 502.26** se muestra un ejemplo de isla divisoria o separadora con sardinel.

Figura 502.26
Isla divisoria o separadora con sardinel

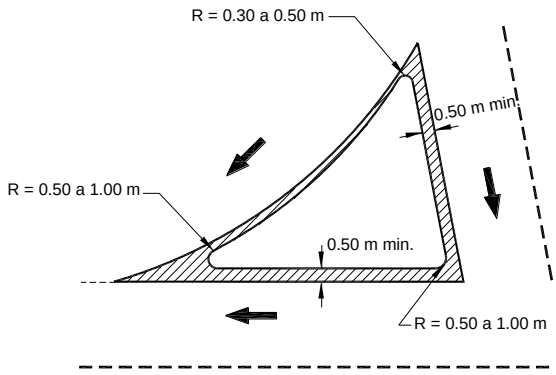


Islas de canalización, encauzamiento o direccional. Son diseñadas para controlar y dirigir los movimientos de tránsito, especialmente los de giro, determinan el recorrido correcto que debe seguir un conductor para efectuar un movimiento específico dentro de la intersección.

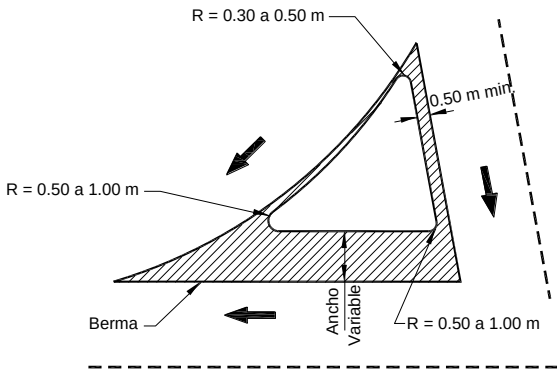
Pueden ser de diversas formas y tamaños, según las características y dimensiones de la intersección: triangulares, para separar giros a la derecha, y centrales, alrededor de las cuales los vehículos efectúan sus giros. Las islas centrales deben tener como mínimo entre 4,50 m^2 y 7,00 m^2, y las triangulares deben tener un lado, como mínimo de 2,40 m a 3,60 m.

En la **Figura 502.27** se muestra un ejemplo de Islas de canalización, encauzamiento o direccional.

Figura 502.27
Islas de canalización, encauzamiento o direccional



Isleta sin berma



Isleta con berma

Islas refugio. Son las que sirven para proporcionar una zona de protección a los peatones, pueden emplearse para evitar cruces demasiado largos y facilitar los cruces por los ramales en intersección**.**

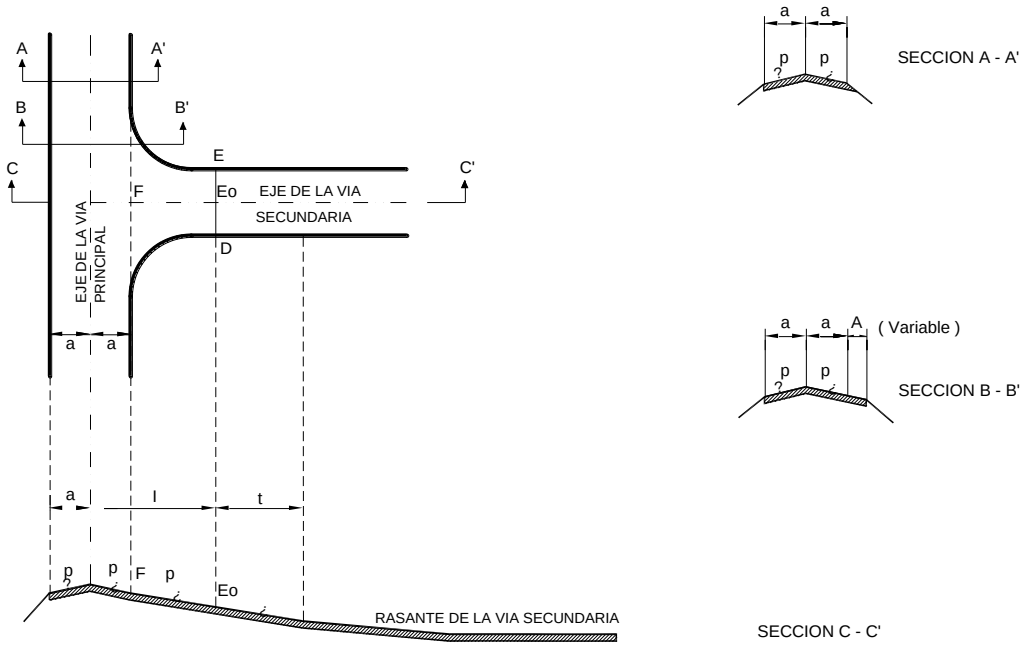
502.12 Perfil longitudinal de intersecciones

La **Figura 502.28**, muestra la solución del perfil longitudinal de una intersección en "T".

De dicha figura se puede anotar, que el perfil longitudinal de la vía secundaria, puede iniciarse en un punto cualquiera entre Eo y F, con lo cual, el plano en el que se inscribirá la intersección, seguirá siendo una prolongación del carril correspondiente, pero con una pendiente variable en el sentido del eje de la vía secundaria.

La pendiente inicial del perfil longitudinal de la vía secundaria, deberá ser de preferencia, la del carril prolongado. Sin embargo, en casos justificados, podrá permitirse diferencias de inclinación de hasta 4% en el caso de condición de parada, y de 0,5% en el caso de un "CEDA EL PASO"

Figura 502.28
Perfil longitudinal de una intersección en "T"



502.13 Intersecciones rotatorias o rotondas

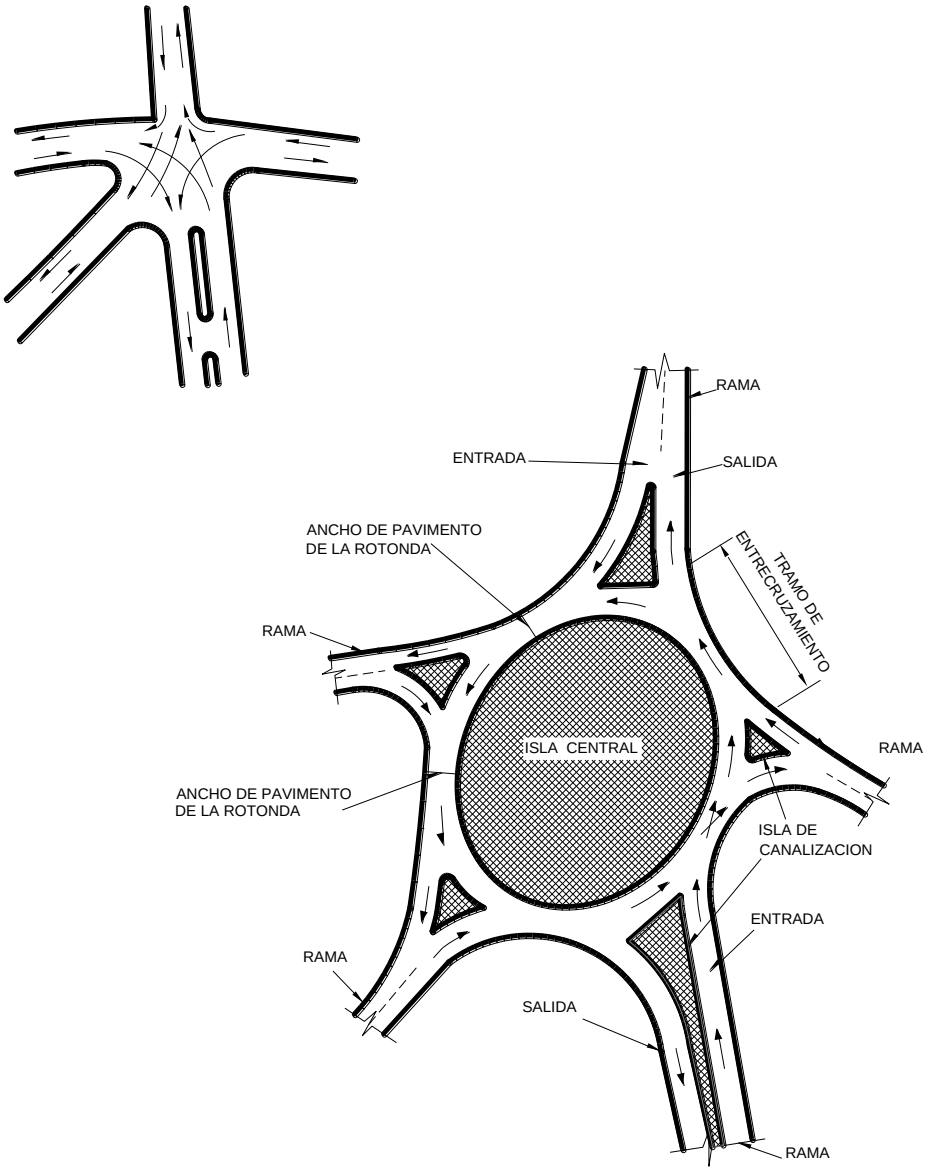
502.13.01 Generalidades

La intersección rotatoria a nivel, también conocida como rotonda o glorieta, se distingue porque los flujos vehiculares que acceden a ella por sus ramas, circulan mediante un anillo vial, en el cual la circulación se efectúa alrededor de una isla central. Las trayectorias de los vehículos en el anillo, son similares a los entrecruzamientos, razón por la cual el número de puntos de conflicto, es menor que en otros tipos de intersecciones a nivel.

Las rotondas son ventajosas, si los volúmenes de tránsito de las ramas de acceso son similares, o si los movimientos de giro predominan sobre los de paso. En los tramos que las carreteras atraviesan zonas urbanas, las rotondas con semáforo, alivian congestiones por exceso de flujos o reparto desequilibrado de la demanda por rama.

En la **Figura 502.29**, presenta el esquema básico de una intersección tipo rotonda o glorieta.

Figura 502.29
Esquema básico de una intersección tipo rotonda o glorieta



502.13.02 Elementos de diseño en rotondas

- **Criterios generales:** El diseño de este tipo de solución, debe basarse en los estudios de tráfico correspondientes, en lo pertinente a la capacidad de la rotonda y el dimensionamiento de las secciones de entrecruzamiento, para lo cual puede seguirse el siguiente procedimiento:

- Se propone una longitud de la sección de entrecruzamiento compatible con la geometría de la solución.
- Se determina la capacidad de cada sección de entrecruzamiento propuesta.
- Se compara dicha capacidad con el volumen de demanda de entrecruzamiento.

Para el cálculo de la capacidad de la sección de entrecruzamiento, Qp, se utiliza la fórmula de Wardrop:

$$Qp = \frac{\left[160W\left(\frac{1+e}{W}\right)\right]}{\left(1+\frac{W}{L}\right)}$$

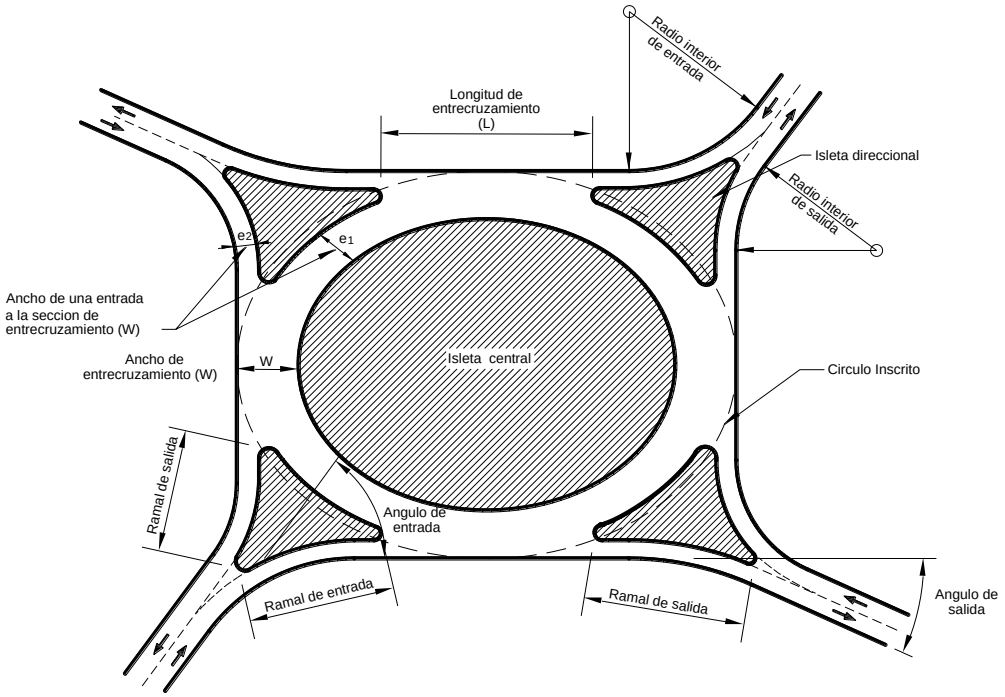
$$e = \frac{(e1+e2)}{2}$$

Donde:

Qp	:	Capacidad de la sección de entrecruzamiento, como tránsito mixto, en vehículos / hora.
W	:	Ancho de la sección de entrecruzamiento, en metros.
e	:	Ancho promedio de las entradas a la sección de entrecruzamiento, en metros.
e1, e2	:	Ancho de cada entrada a la sección de entrecruzamiento, en metros.
L	:	Longitud de la sección de entrecruzamiento, en metros.

En la **Figura 502.30**, se muestran los elementos contenidos en la fórmula de Wardrop.

Figura 502.30
Elementos contenidos en la formula de Wardrop



- **Criterios geométricos.** En la **Tabla 502.14** se presentan los criterios de diseño geométrico aplicables a las glorietas.

Tabla 502.14
Criterios de diseño geométrico de rotondas

Descripción		Unidad	Magnitud
Diámetro mínimo de la isla central		m	25
Diámetro mínimo del circulo inscrito		m	50
Relación W/L (Sección entrecruzamiento)			Entre 0,25 y 0,40
Ancho sección entrecruzamiento (W)		m	Máximo 15
Radio interior mínimo de los accesos	De entrada	m	30
	De salida	m	40
Ángulo ideal de entrada			60°
Ángulo ideal de salida			30°

- **Islas direccionales**. El dimensionamiento de las islas direccionales será consecuencia de la geometría general de la solución; sin embargo, estas deben tener como mínimo entre 4,50 m^2 y 7,00 m^2.
- Ramales de entrada y salida. Para el diseño de los ramales de entrada y salida, se aplicarán los criterios y dimensiones mínimas establecidas en el presente Manual, en lo relativo a anchos de calzada, bermas, peraltes, visibilidad y radios mínimos en función de la Velocidad de Diseño adoptada.

SECCIÓN 503

Intersecciones a desnivel

Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles de cambios de trayectoria de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.

Un paso a desnivel se construye, con el objeto de aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad vial insuficientes, o para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel.

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones posibles de seguridad, visibilidad, funcionalidad y capacidad.

En las autopistas de Primera Clase, es condición indispensable que toda intersección sea a desnivel, en cambio en las autopistas de Segunda Clase y carreteras de Primera Clase, es posible la combinación de intersecciones a nivel y desnivel.

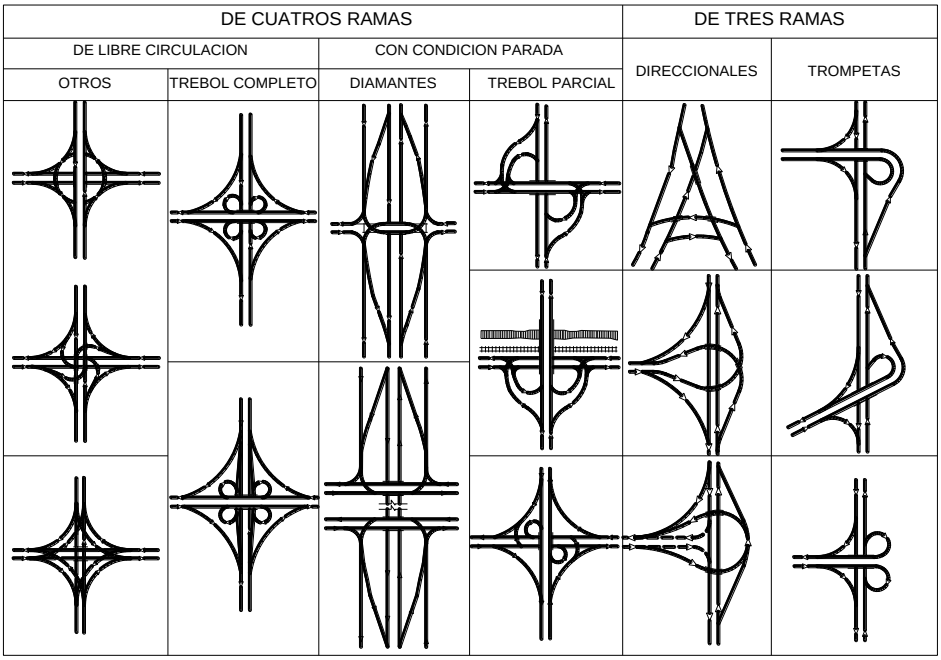
503.01 Clasificación y tipo de intersecciones a desnivel

La clasificación y tipo de intersecciones a desnivel son las siguientes:

- Intercambios de Tres Ramas: Tipo Trompeta "T", Direccionales en "T" y Direccionales en "Y".
- Intercambios de Cuatro Ramas con Condición de Parada: Tipo Diamante – Clásico, Tipo Diamante – Partido y Tipo Trébol Parcial (2 cuadrantes).
- Intercambios de Cuatro Ramas de Libre Circulación: Tipo Trébol Completo (4 cuadrantes), Rotatorios, Omnidireccionales, de Tipo Turbina y de más de Cuatro Ramas

La **Figura 503.01**, presenta diferentes tipos de intersecciones viales a desnivel.

Figura 503.01
Tipos de intersecciones a desnivel

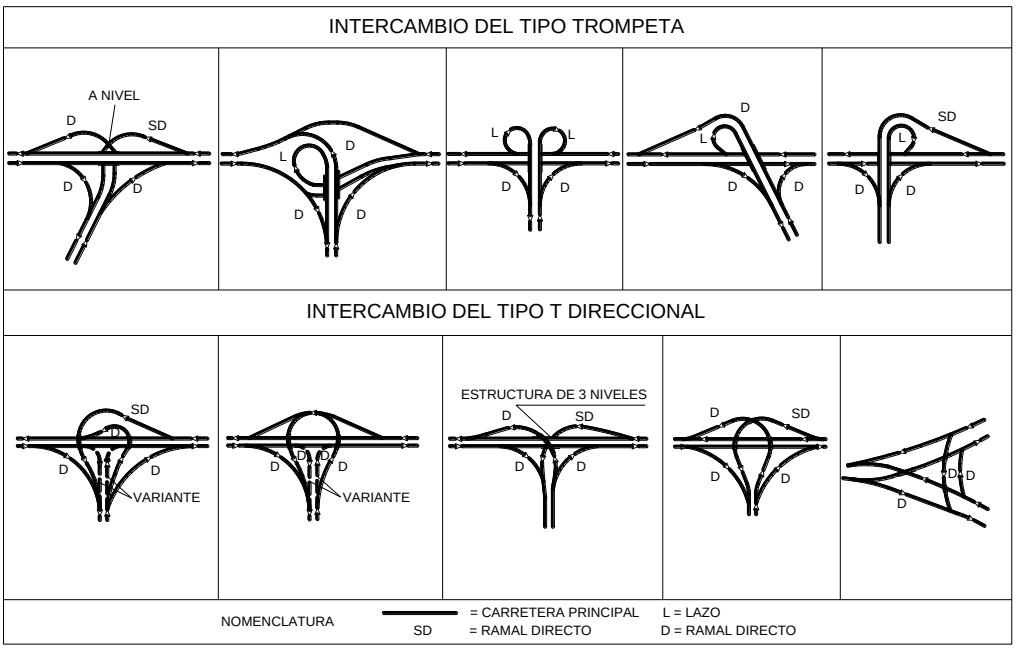


503.02 Intercambios de tres, cuatro y más ramas

503.02.01 Intercambios de tres ramas

Un intercambio de tres ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, perdiendo desde ese punto su continuidad. En la **Figura 502.02**, se muestran ejemplos de este tipo de intercambio.

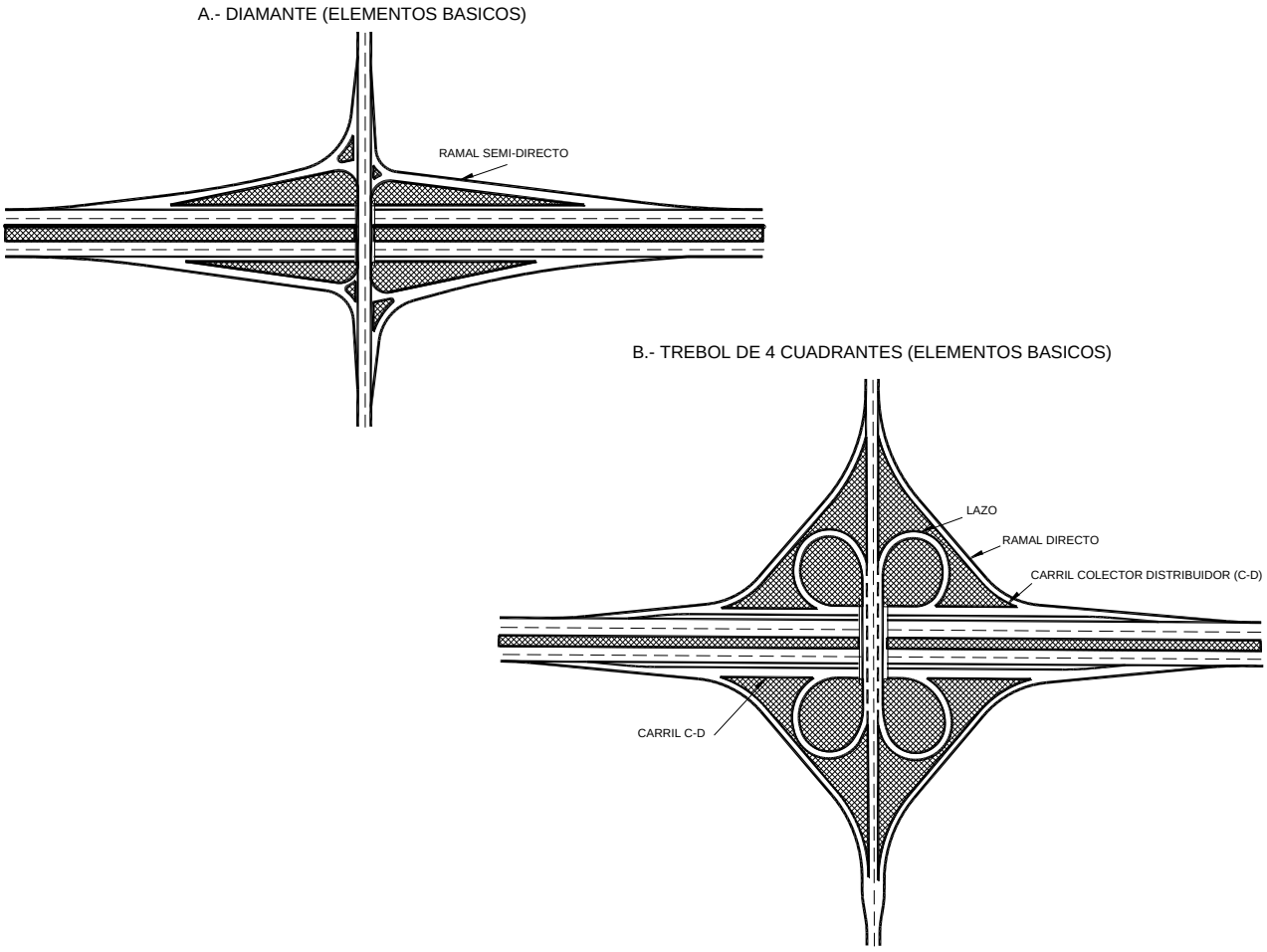
Figura 503.02
Intercambio de tres ramas



503.02.02 Intercambio de cuatro y más ramas

Un intercambio de cuatro ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, sin perder su continuidad, con detención de algunos flujos de tránsito o libre circulación de todos los flujos. En la **Figura 503.03**, se presentan los dos tipos más característicos de intercambio con y sin condición de parada, los cuales son: tipo diamante y trébol.

Figura 503.03
Tipos característicos de intercambios de cuatro ramas (diamante y trébol)



En las **Figuras 503.04** y **503.05**, se presenta ejemplos de intercambio tipo diamante.

Figura 503.04
Intercambio de cuatro ramas tipo diamante clásico

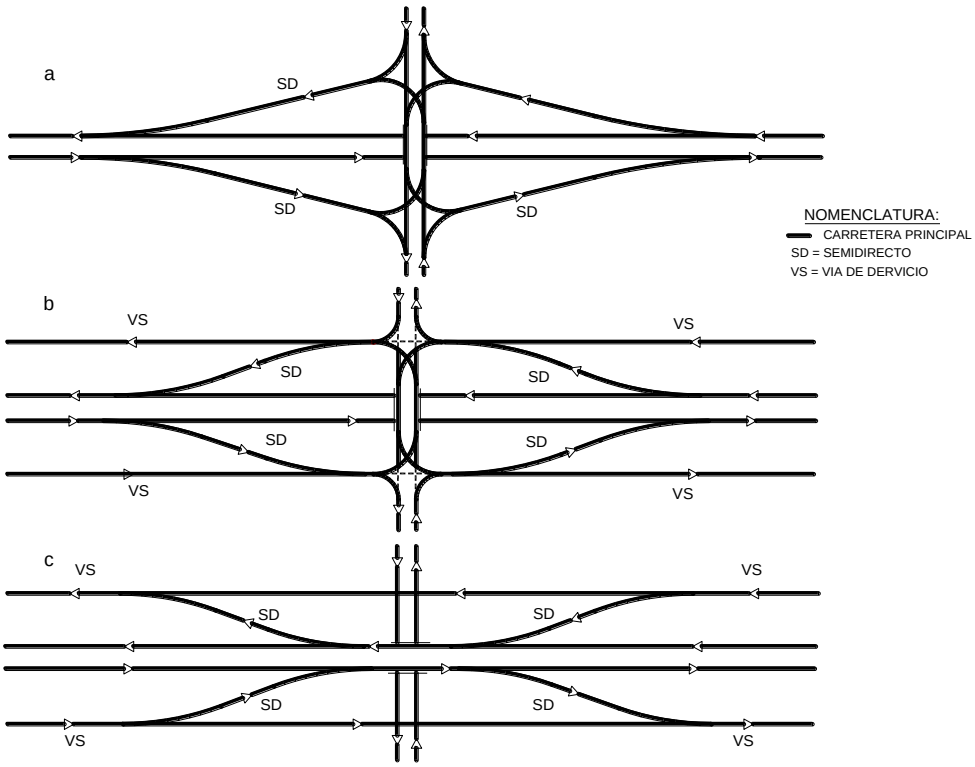
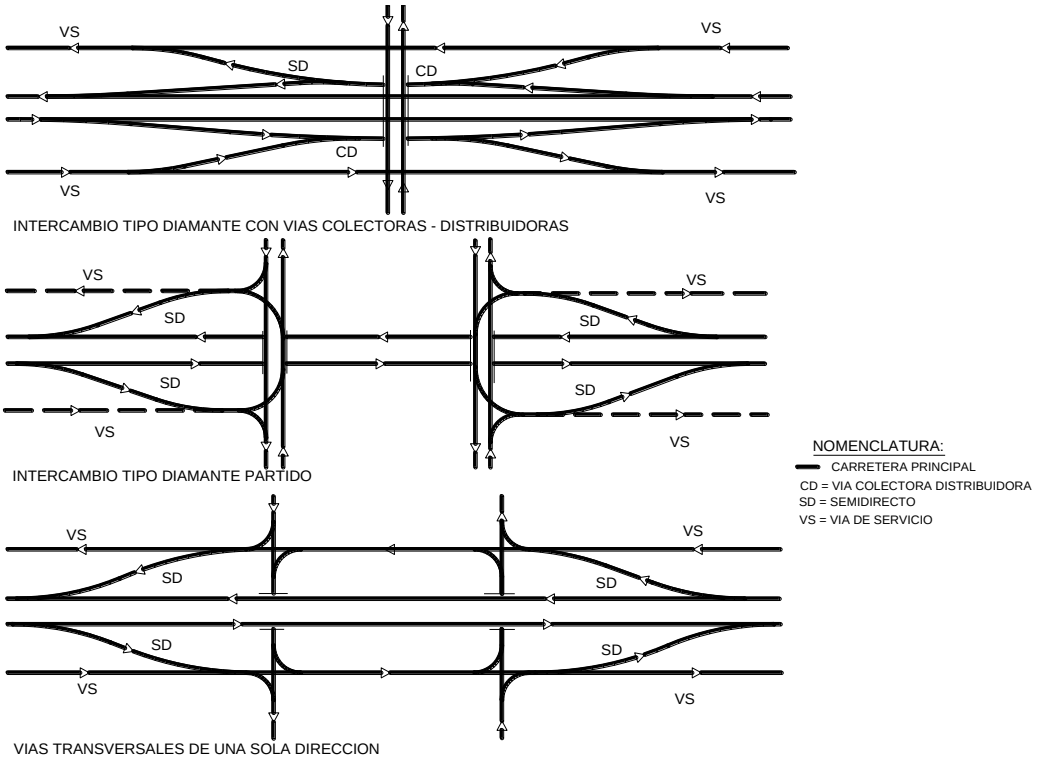


Figura 503.05
Modificaciones de intercambio de cuatro ramas tipo diamante



En las **Figuras 503.06**, **503.07** y **503.08**, se presenta ejemplos de intercambios de cuatro ramas tipo trébol.

Figura 503.06
Intercambios tipo trébol parcial

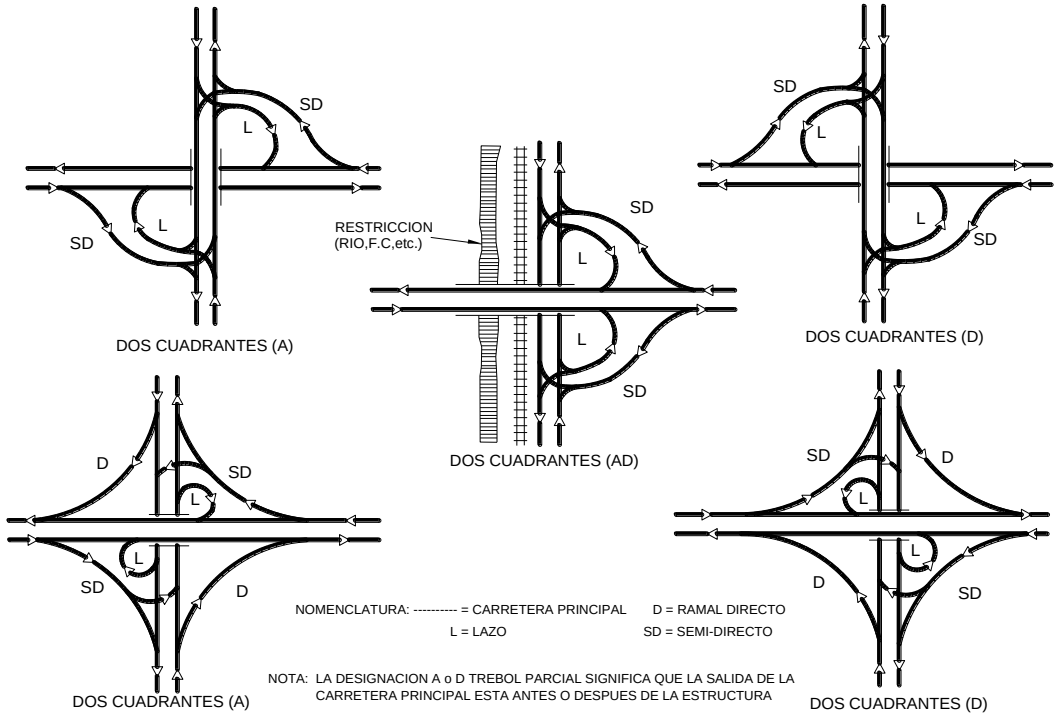


Figura 503.07
Intercambios tipo trébol simétricos de libre circulación

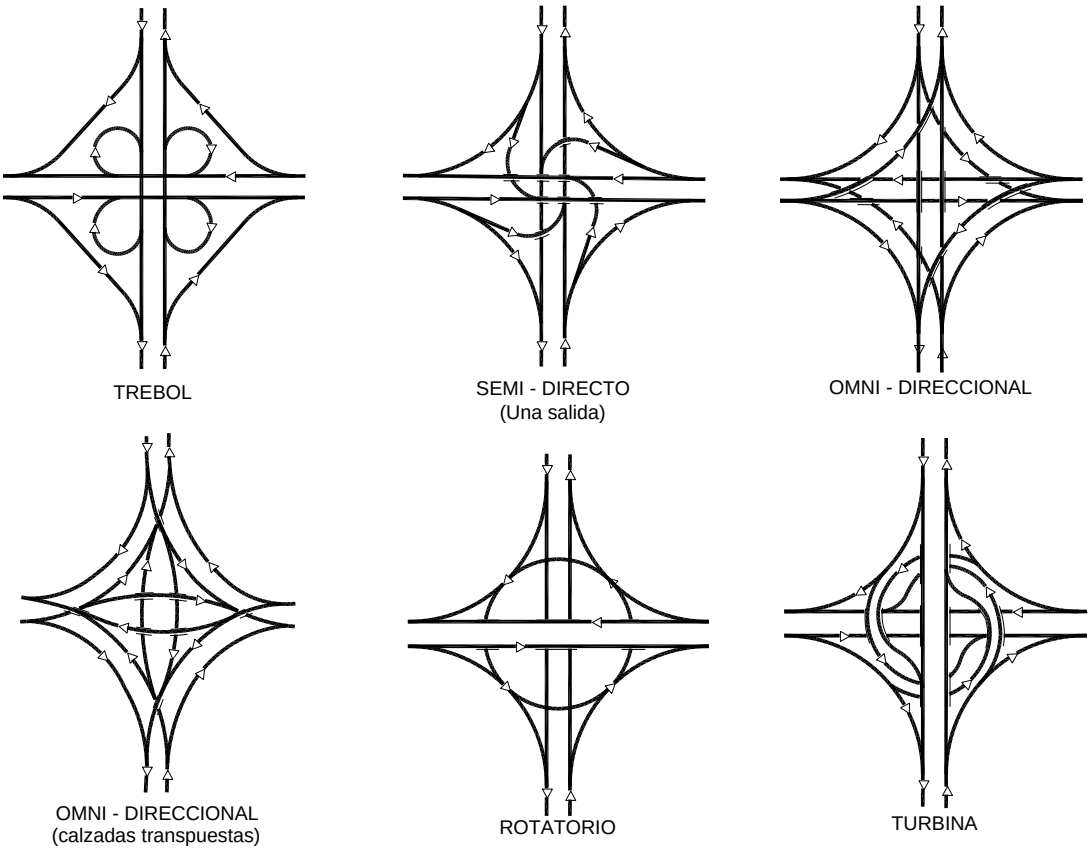
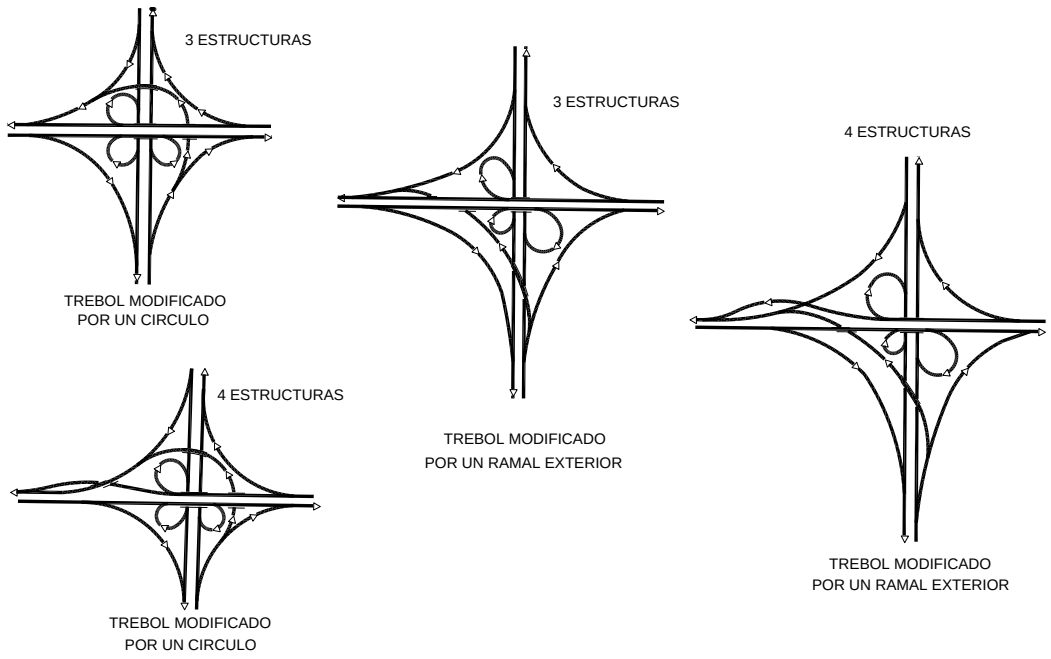


Figura 503.08
Intercambios tipo trébol no simétricos de libre circulación



En las **Figuras 503.09** y **503.10**, se presenta ejemplos de intercambios de más de cuatro ramas tipo trébol.

Figura 503.09
Intercambios de más de cuatro ramas con giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos

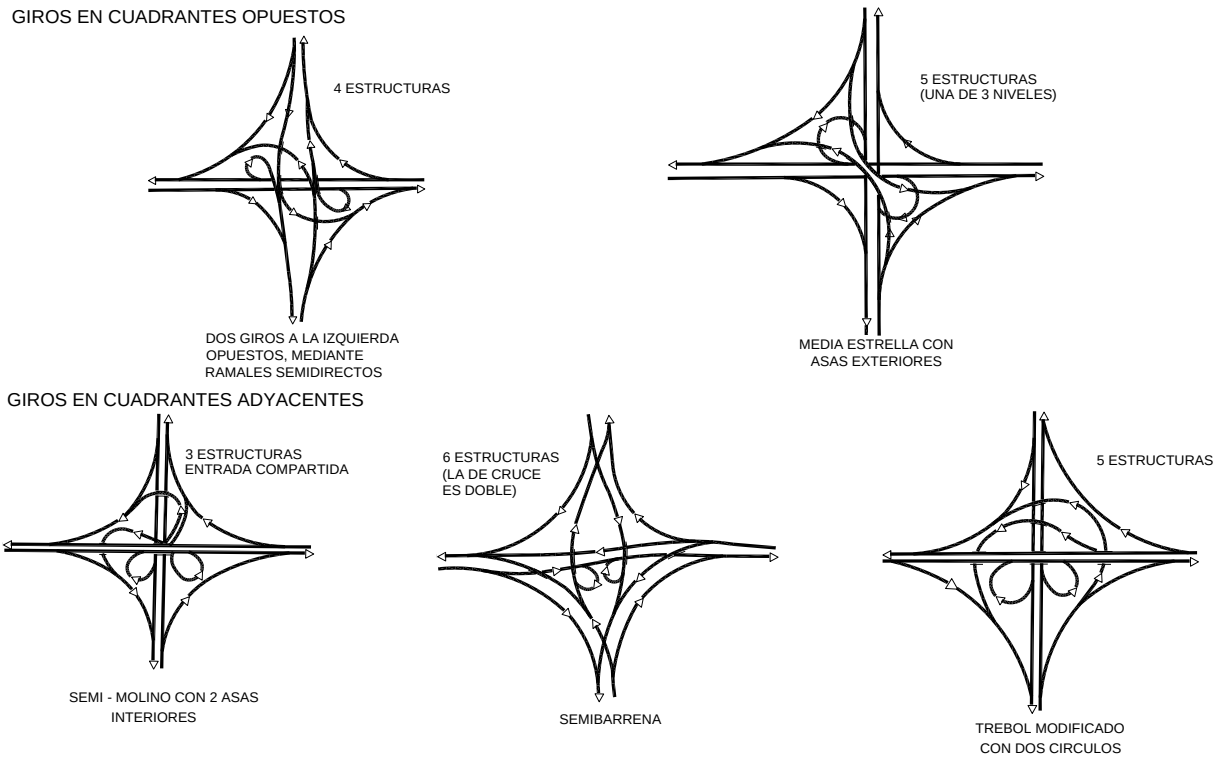
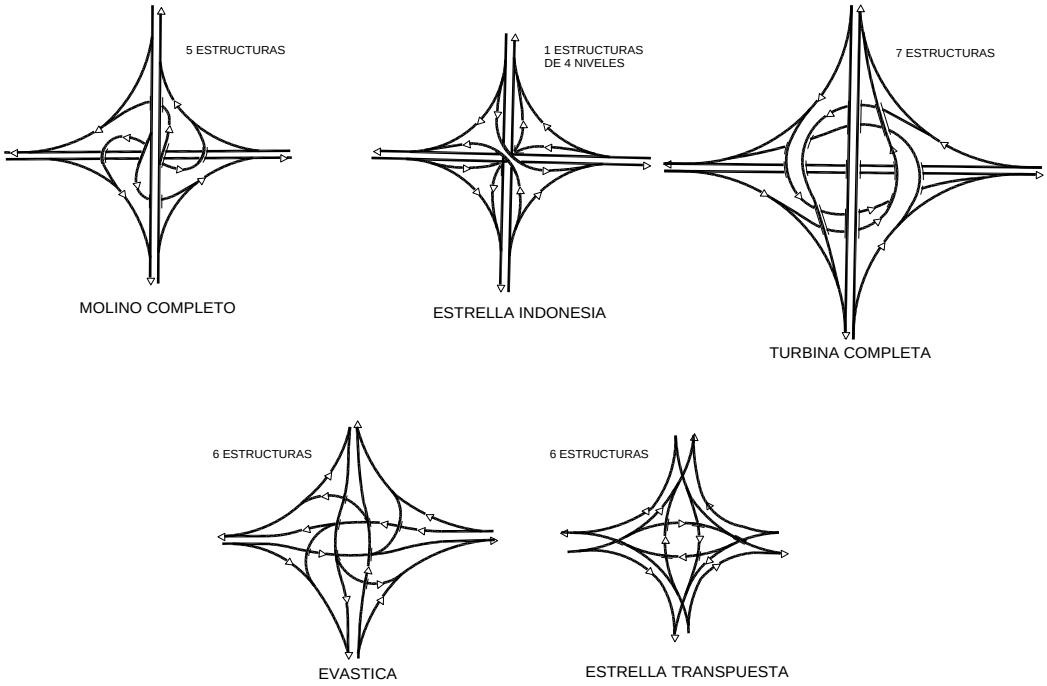


Figura 503.10
Intercambios de más de cuatro ramas con todos los giros a la izquierda

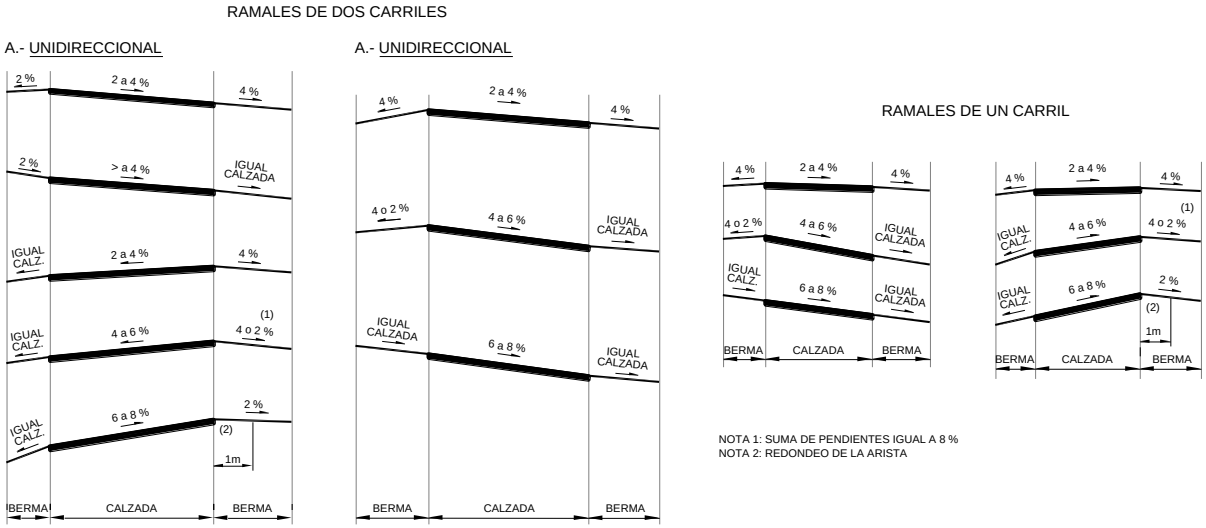


503.03 Ramales

Los ramales interconectan las vías involucradas en la intersección vial, pudiendo adoptar una variedad de formas, agrupándose básicamente en tres categorías en función a sus formas: ramales directos, semidirectos y de enlace.

La **Figura 503.11**, presenta ejemplos de secciones transversales de ramales.

Figura 503.11
Secciones transversales tipo de ramales



En la **Figura 503.12 y 503.13**, se presentan ejemplos de ramales directos, semidirectos y de enlace.

Figura 503.12
Ramales de enlace

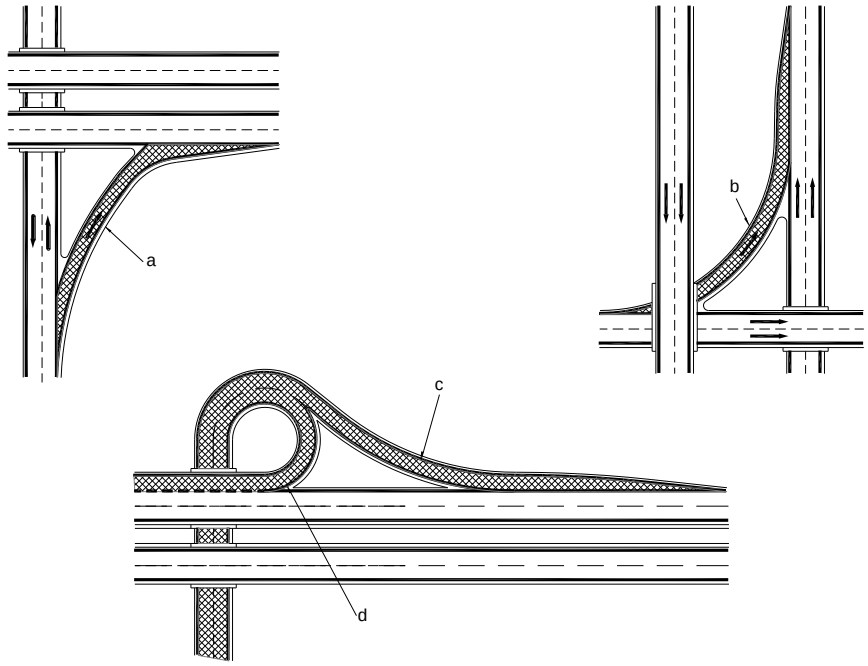
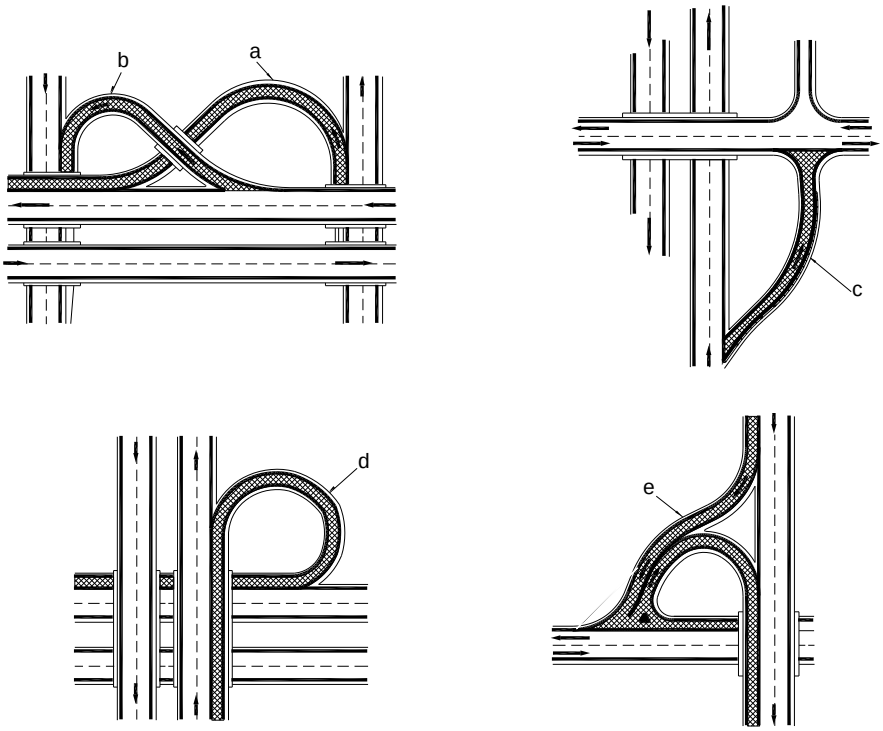


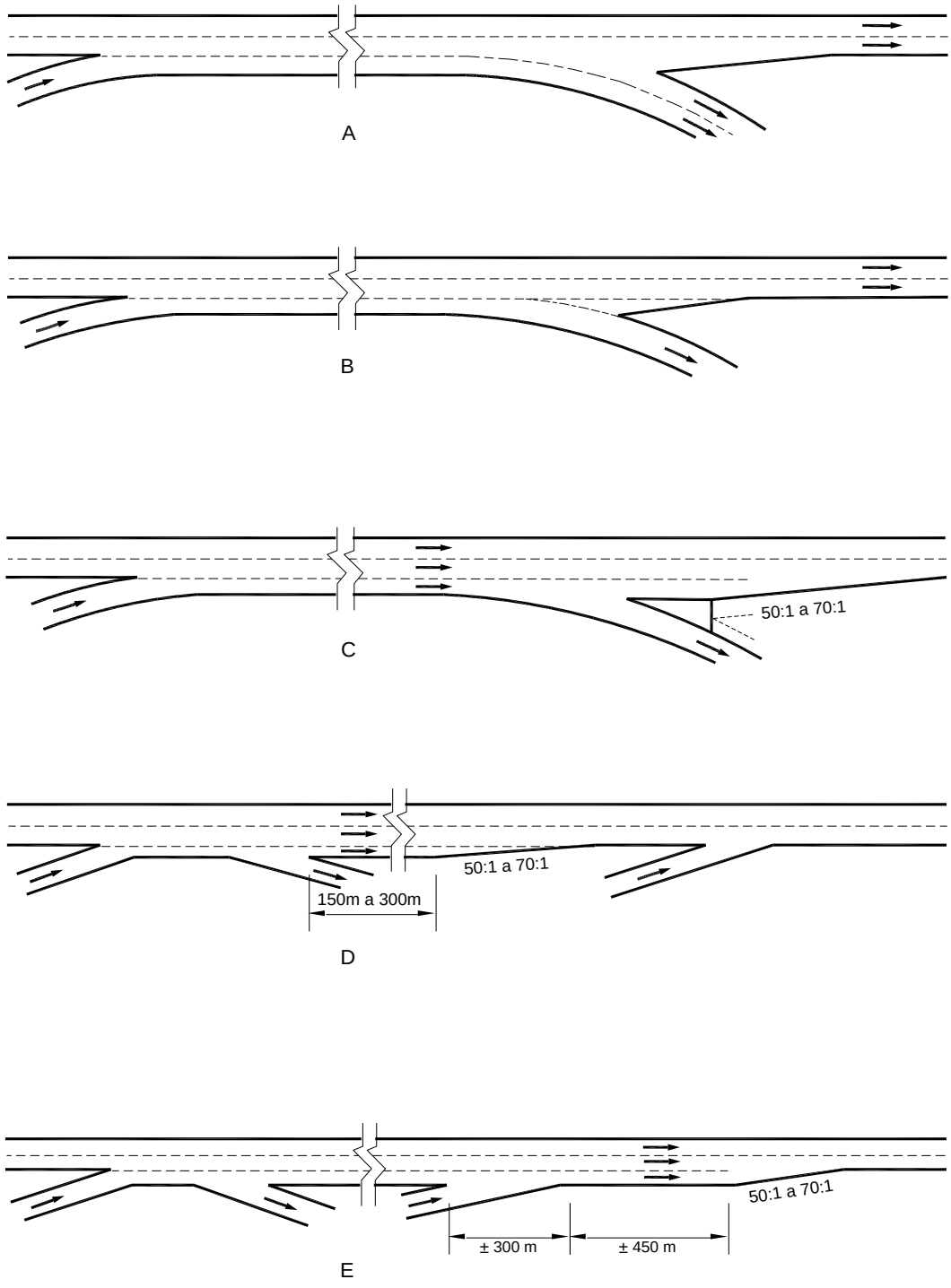
Figura 503.13
Ramales de enlace



Ramales de enlace

En la **Figura 503.14**, se presentan otros tipos de ramales de enlace.

Figura 503.14
Otros tipos de ramales de enlace

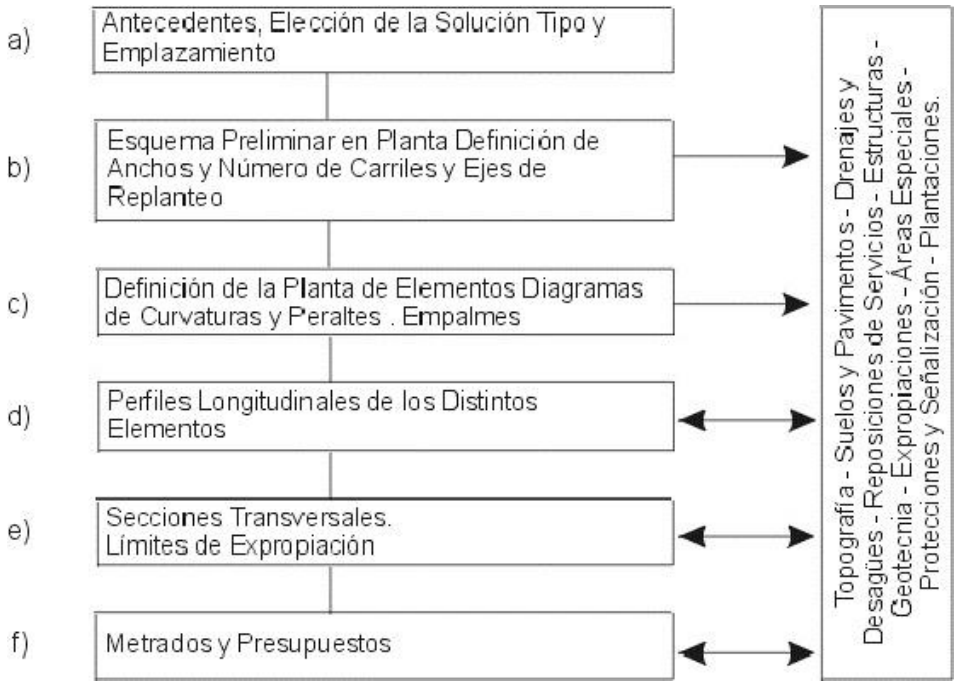


503.04 Criterios de diseño geométrico

503.04.01 Esquema general de diseño

En el **Esquema 503.01**, se presenta una secuencia general de las actividades que comprenden el diseño geométrico de un intercambio vial a desnivel.

Esquema 503.01
Secuencia general de actividades de diseño geométrico de un intercambio vial a desnivel



Las seis etapas del indicado esquema, contiene al lado izquierdo, el conjunto de actividades que abarcan el diseño propiamente dicho del intercambio vial a desnivel; en tanto que al lado derecho, considera las actividades que indirectamente interactúan con él y entre sí durante el diseño del proyecto.

503.04.02 Criterios generales de diseño

Para el diseño geométrico de una intersección a desnivel, se debe partir de los resultados del estudio de tráfico correspondiente.

a. Capacidad de las vías y flujos emergentes

En la **Tabla 503.01**, se indica la capacidad de las vías principales y de las vías de enlace en intersecciones a desnivel.

Tabla 503.01
Capacidad de las vías en intersecciones a desnivel

Tipo de Vía	Ancho del Carril (metros)	Capacidad por carril (vehículo/hora)
Vía Principal	3,60	1.500
Vía Secundaria	3,30	1.350
Vía de Enlace		1.200
Carril de Deceleración		1.200, Colocar señal informativa antes de llegar a la intersección (200 m).

Flujo emergente, es el máximo proveniente del carril más cercano anterior al punto de entrada, más el flujo de la vía secundaria que conecta a la principal. Por lo general dicho flujo está comprendido entre 1.300 y 2.000 vehículos/hora. Si el flujo que emerge es superior a 2.000 vehículos/hora, se debe proveer un carril adicional en la vía principal, más allá del punto de intersección.

b. Diseño en planta

Sección de entrecruzamiento

La sección de entrecruzamiento corresponde a aquella donde se entrecruzan los distintos flujos vehiculares que siguen un mismo sentido de circulación, la cual consta del número mínimo de carriles que se requiere en la sección de entrecruzamiento, y la longitud mínima de la indicada sección de entrecruzamiento.

El número mínimo de carriles de entrecruzamiento, se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$N = \frac{(W1 + K\,W2 + F1 + F2)}{C}$$

Donde:

N : Número de carriles de entrecruzamiento.

W1 : Volumen vehicular mayor que se entrecruza.

K : Factor de entrecruzamiento (1 a 3)

W2 : Volumen vehicular menor que se entrecruza.

F1, F2 : Flujos exteriores que no se entrecruzan.

C : Capacidad normal del carril de la vía principal.

Por último, es conveniente que para verificar la conveniencia técnica de la solución, se lleve a cabo el análisis con un modelo de simulación de tránsito, que permita examinar el funcionamiento de la intersección en conjunto con la malla vial aledaña.

En la **Tabla 503.02**, se presentan volúmenes vehiculares por hora de servicio, correspondientes a la calidad del flujo deseado.

Tabla 503.02
Volúmenes vehiculares de servicio según calidad de flujo

Calidad de Flujo	C: (Volumen por carril)
I	2.000
II	1.900
III	1.800
IV	1.700
V	1.600

La calidad de flujo deseado, equivale a lo que se denomina niveles de servicio en la capacidad de las carreteras con tránsito ininterrumpido. La **Tabla 503.03**, presenta la relación existente entre el nivel de servicio y la calidad de flujo en los tramos de entrecruzamiento.

Tabla 503.03
Relación entre el nivel de servicio y la calidad de flujo en tramos de entrecruzamiento

Nivel de servicio	Calidad de flujo en tramos de entrecruzamiento			
	Autopistas		Carreteras de dos carriles	Vías urbanas
	En la propia carretera	Carreteras conexión, colectoras, distribuidoras y de enlace		
A	I-III	II-III	II	III-IV
B	II	III	II-III	III-IV
C	II-III	III-IV	III	IV
D	III-IV	IV	IV	
E	IV-V	V	V	IV
F		Insatisfactorio		V

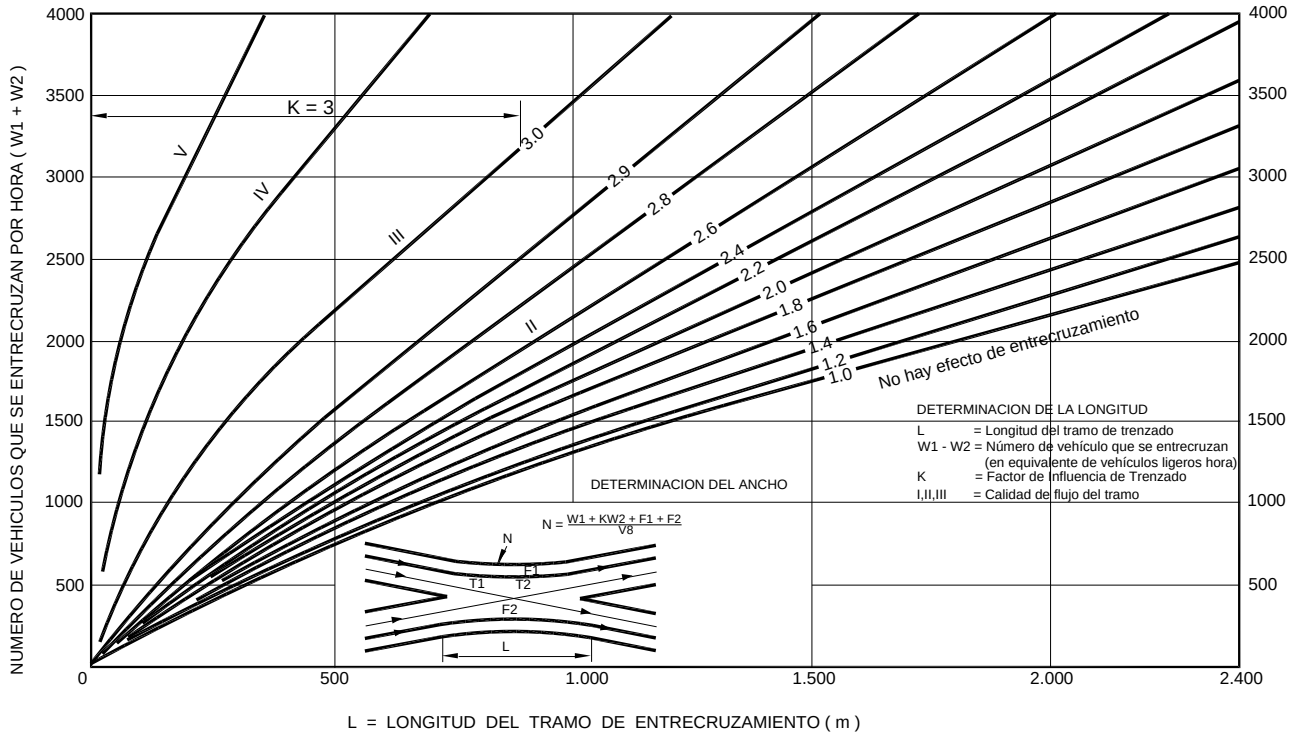
La longitudes mínimas de la sección de entrecruzamiento, se presentan en la **Tabla 503.04**, y que corresponden a los siguientes valores mínimos absolutos: V = 50 km/h, C=1700 y K=3.

Tabla 503.04
Longitudes mínimas de entrecruzamiento

Volumen de Entrecruzamiento = W1 + W2 (vehículo/hora)	Longitud Mínima de la sección de entrecruzamiento (m)
1.000	75
1.500	120
2.000	200
2.500	290
3.000	410
3.500	565

Es factible proporcionar longitudes mayores que las mínimas indicadas en la tabla que antecede, en tales casos puede hacerse una corrección en el número de carriles, cambiando el valor de K por el que corresponda en la **Figura 503.15**, al usar una mayor longitud de entrecruzamiento.

Figura 503.15
Longitudes mayores de entrecruzamiento



En el análisis de las secciones de entrecruzamiento, debe tenerse en consideración lo siguiente:

- Cuando N es menor que 3, para un volumen total con un volumen exterior superior a 600 vehículos/hora, se debe suministrar un carril adicional para el flujo exterior.
- Cuando N es menor que 4, para un volumen total con dos volúmenes exteriores superiores a 600 vehículos/hora (cada uno), se debe suministrar un carril adicional a cada uno.
- No se tendrá en cuenta el entrecruzamiento, si la distancia en metros entre las vías de entrada y salida es igual o superior a 0,8 veces el volumen horario que se entrecruza.
- Donde emergen dos vías, el número de carriles más allá del punto de entrada, no debe ser menor que la suma de los carriles de las calzadas que emergen menos uno (1).
- Más allá del punto de salida, el ancho de la calzada principal no se debe reducir en más de un carril.

Balance de carriles

En el diseño de intersecciones a desnivel, debe efectuarse un balance de carriles, que contemple lo siguiente:

- La distancia entre puntos de salida sucesivos, debe ser al menos, la longitud del carril que interviene en el cambio de velocidad y debe incrementarse hasta donde sea necesario, para facilitar las maniobras y la señalización.
- La distancia mínima entre puntos consecutivos de entrada y salida, debe ser 180 m.
- El ángulo deseable entre la vía de enlace o secundaria y la calzada de la vía principal, debe estar entre 4° y 5º.
- La longitud mínima de las narices de entrada y salida, debe ser de 45 m.
- Si después de una punta de salida, el ancho de la vía principal se reduce en un carril, la reducción debe hacerse mediante una línea diagonal cuya longitud sea superior a 90 m, medidos a partir de la nariz de salida.

Carriles de cambio de velocidad

Los carriles de cambio de velocidad, deben ubicarse en los tramos en tangente y donde los estándares del trazo longitudinal y del nivel de visibilidad son altos, no se deben ubicar en los alineamientos curvos de la vía principal.

Vías de enlace

En la **Tabla 503.05** se presentan los criterios correspondientes a velocidad de diseño, ancho de la calzada y pendiente en vías de enlace de intersecciones a desnivel.

Tabla 503.05
Velocidad de diseño, ancho de calzada y pendiente en vías de enlace

Descripción	Criterio	
Velocidad de diseño	Adecuarla a la demanda de tránsito para lograr una capacidad suficiente y, por homogeneidad, se procurará que no sea inferior a la mitad de la velocidad correspondiente a la vía de la que procede. Si es un enlace, mínimo 25 km/h.	
Ancho de calzada	Mínimo 4,0 m de calzada. Si el volumen de tránsito amerita el suministro de una vía de enlace con dos carriles, el ancho de la calzada se debe incrementar a 7,20 m.	
Sobreancho	No serán de aplicación los correspondientes a las vías principales y únicamente para radios menores de 30,0 m el ancho de calzada será de 4,50 m.	
Pendiente	Normal < 5%	
	Máxima.	8% tránsito liviano. 5% mayor porcentaje de tránsito pesado

La **Tabla 503.06**, contiene valores mínimos de velocidades de diseño en ramales de enlace.

Tabla 503.06
Valores mínimos de velocidades de diseño en ramales de enlace

		Enlaces directos entre autopistas			Enlaces directos				Enlaces semidirectos					Lazos	
		V.D Carretera de destino (km/h)													
		80	100	120	40	60	80	100	120	40	60	80	100	120	40-80	100-120
V.D Carretera de origen (km/h)	40					30	30	35	40		30	30	35	40	25	30
	60				30	35	40	45	50	30	35	40	45	30	35	
	80	60	65	70	45	50	55	60	40	45	50	35				
	100	70	80	70	60	40										
	120	80	90	100	80	70	50									

Notas:

a) Las velocidades de diseño de enlace indicadas en la tabla son las mínimas deseables, las que pueden disminuir en 5 km/h cada vez, hasta un mínimo de 25 km/h; es aplicable desde 40 km/h, a cualquier velocidad de diseño de la carretera de destino.

b) Para Velocidades de diseño de una o ambas vías, que sean intermedias entre los valores dados, se deberá interpolar.

c) Si el ramal es de doble sentido, se aplica el valor que corresponda al sentido más exigente.

La **Tabla 503.07** contiene valores de radios mínimos con peraltes máximos en ramales de enlace.

Tabla 503.07
Radios mínimos con peraltes máximos en ramales de enlace

V Ramal (km/h	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
ƒ máx %	31	28	25	23	21	19	18	17	16	15	14	13	13
p máx %	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7,5	7	6,5	6,5
R mín adoptado	15	20	30	40	55	75	90	120	140	170	240	330	400

En la **Tabla 503.08**, se presentan valores de parámetros mínimos ($A_{mín}$) de clotoides de transición, para determinadas velocidades de diseño y radios mínimos.

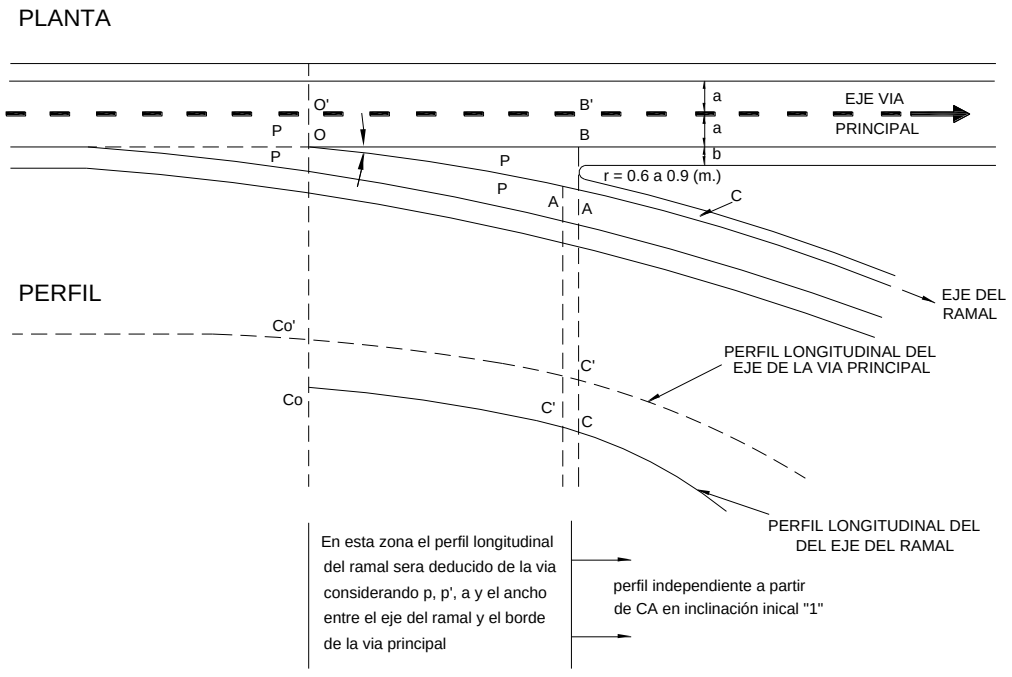
Tabla 503.08
Parámetros mínimos de clotoides

Vp Ramal (km/h)	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
R mín (m)	25	35	45	60	75	90	120	170	240	330	400
A mín (m)	20	30	35	40	50	60	70	100	135	160	190

c. Diseño en perfil

El diseño en perfil de un intercambio a desnivel, debe cumplir con los criterios, parámetros y demás disposiciones establecidas en el presente Manual, para el Diseño Geométrico en Perfil (**Sección 303**). En la **Figura 503.16**, se muestra el detalle en planta y perfil de un ramal.

Figura 503.16
Planta y perfil de un ramal



Donde:

a : Ancho carril vía principal

O : Origen del eje ramal (en este caso, sobre el borde de la calzada)

O' : Proyección de O sobre el eje de la vía principal

p : Peralte del carril contiguo al ramal

p_1 : Inclinación transversal de la punta (de preferencia igual a p)

p_2 : Peralte del ramal (es variable en la zona de transición)

AB : Ancho de la punta en la nariz: distancia entre bordes de calzada a partir del cual el eje longitudinal del ramal se independiza. En este caso: c + b + 0.6 < AB < c + b + 0.9.

A' : Punto próximo a A dentro de la cuña y sobre el eje del ramal (AA´@ 1 m).

$C_{O'}$: Cota de $_{O'}$

C_O : Cota de origen del ramal ($C_o = C_{O'} \pm a\ p$)

$C_{B'}$: Cota del eje de la vía principal en la nariz (en B´)

C_B : Cota del borde del carril en la nariz ($C_B = C_{B'} \pm a\ p$)

C_A : Cota de partida del perfil longitudinal del ramal en su zona independiente ($C_B \pm AB \cdot p_1$)

$C_{A'}$: Cota del puente A´ (Se deduce igual que C_A)'

I : Pendiente inicial del P.L. del ramal en su zona independiente i = (C_A - $C_{A'}$)/AA'

En la **Tabla 503.09** se presenta los parámetros mínimos para el perfil longitudinal de ramales, en función a la velocidad de diseño.

Tabla 503.09
Parámetros mínimos para el perfil longitudinal de ramales

V Ramal (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
Distancia de visibilidad de parada (m)	20	26	32	39	47	55	65	75	85	95	120	145	175
K Convexo(m)	300	300	300	400	525	700	1.000	1.400	1.700	2.200	3.500	5.000	7.200
K Cóncavo (m)	250	350	450	600	800	1.000	1.200	1.500	1.750	2.000	2.700	3.400	4.200
L mínimo (m)	15	20	20	22	25	28	32	35	40	50	60	80	100
Inclinaciones máximas de rasante (%)	± 8,0	± 8,0	± 8,0	± 8,0	± 7,5	± 7,0	± 6,5	± 6,0	± 6,0	± 5,5	± 5,0	± 4,5	± 4,0

Notas:

a) Los parámetros mínimos recomendables para una V dada, son aquéllos correspondientes a la V 10 km/h superior.

b) En lugares donde se prevean formaciones de hielo, las pendientes no deben exceder el 6%.

c) K = L/A, L= Longitud de curva vertical, A= Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

d. Diseño de la sección transversal

El diseño de la sección transversal de un intercambio a desnivel, debe cumplir con los criterios, parámetros y demás disposiciones establecidas en el presente Manual, para el Diseño Geométrico de la Sección Transversal (**Sección 304**).

La **Tabla 503.10**, presenta valores de la máxima diferencia algebraica que debe existir entre la inclinación transversal del carril de la carretera de paso y el peralte del ramal de giro, en su arista común.

Tabla 503.10
Máxima diferencia algebraica entre inclinación transversal del carril de la carretera de paso y el peralte del ramal de giro en su arista común

Velocidad de diseño en ramal (km/h)	Diferencia Algebraica (Pcarretera – Pramal) %
25 – 30	5 – 8
40 – 50	5 – 6
>60	4 – 5

SECCIÓN 504

Diseño geométrico de atravesamiento de zonas urbanas

El diseño geométrico de una carretera en su paso por zonas urbanas, debe cumplir con los criterios, parámetros y demás disposiciones establecidas en el presente Manual, tanto para vehículos como para peatones.

En la **Tabla 504.01**, se presentan valores de diseño geométrico, para atravesamiento de zonas urbanas, para las velocidades de diseño indicadas en la misma.

Tabla 504.01
Valores de diseño geométrico para cruce de carreteras por zonas urbanas

Descripción		Unidad	Velocidad de diseño (km/h)		
			80	60	50
Distancia mínima de visibilidad	De parada	m	130	90	70
	De paso	m			
Pendiente longitudinal	Máxima	%	7,0	7,0	7,0
	Mínima	%	0,5	0,5	0,5
Curvas verticales	k mín. paso=L/A	m/%			50
	K mín. parada=L/A	m/%	15	10	5
	Longitud mínima	m	45	35	25
Peralte máximo		%	7	7	7
Eliminar bombeo no favorable si el radio es menor que		m	1.830	1.220	810
Emplear curva de transición si el radio es menor que		m	600	325	225
Distancia mínima a un obstáculo lateral desde el borde de la calzada		m	0,8	0,8	0,8
Altura mínima de pasos peatonales subterráneos.		m	2,50	2,50	2,50
Entretangencia entre curvas de distinto sentido		m	110	80	80
Entretangencia entre curvas del mismo sentido.		m	220	170	140
Intersecciones no semaforizadas: radio mínimo en las esquinas		m	15	15	5
Intersecciones semaforizadas	Ancho en zona Peatonal	m	3,0 a 5,0 depende del flujo peatonal		
	Ancho en tramos en tangente	m	3,0 mínimo 4,0 máximo		
	Ancho de carril en tramos en curva	m	4,5 mínimo 6,0 máximo		

CAPITULO VI

COORDINACIÓN DEL TRAZO EN PLANTA Y PERFIL, Y CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

SECCIÓN 601

Coordinación del trazo en planta y perfil

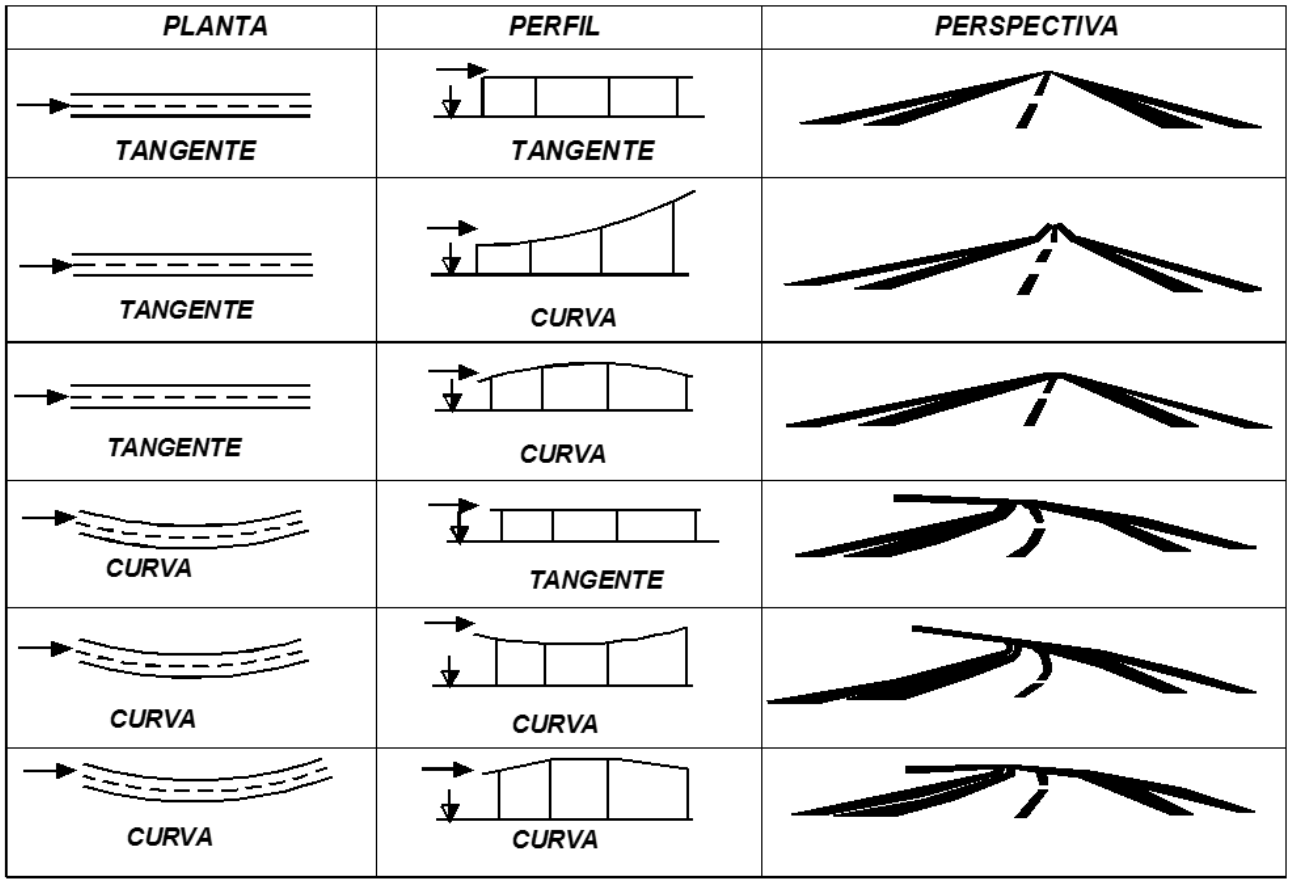
601.01 Generalidades

Las normas precedentes tiene por objeto lograr un diseño geométrico de buena calidad, es decir con niveles adecuados de visibilidad, comodidad y seguridad, lo cual conlleva a una correcta elección de los elementos en planta y perfil, que configuran el trazado. No obstante, la norma aplicada por separado al diseño en planta y perfil, no asegura un buen diseño, puesto que por ejemplo, cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la curvatura horizontal pueden conllevar a una serie de depresiones no visibles al conductor del vehículo. Por ello, es necesario estudiar sus efectos combinados, aplicando criterios de compatibilización y funcionamiento.

La ejecución de las combinaciones posibles de los elementos verticales y horizontales del trazado, con su correspondiente apariencia en perspectiva, para la totalidad de un trazado no es siempre factible ni indispensable; en la mayoría de los casos, basta con respetar las normas aquí consignadas para evitar efectos contraproducentes para la seguridad y la estética de la vía.

La superposición de los elementos del trazado en planta y perfil, unidos a las características transversales de la carretera, constituye una visión tridimensional o espacial, denominada también perspectiva. En la **Figura 601.01**, se muestra combinaciones de los elementos verticales y horizontales del trazado, con su correspondiente apariencia en perspectiva.

Figura 601.01
Combinaciones en planta y perfil, y su perspectiva



601.02 Criterios generales de diseño

Para conseguir una adecuada coordinación de los elementos del trazado en planta y perfil, se tendrá en consideración los siguientes criterios generales:

1. Los puntos de tangencia de toda curva vertical, en coincidencia con una curva horizontal, estarán situados dentro de la clotoide en planta y lo más próximos al punto de radio infinito. En general los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo.

2. Debe cumplirse la siguiente relación:

$$5A \leq \frac{L}{R} \leq 10A$$

Donde:

L: Longitud de curva vertical (m)

A: Valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes (tanto x 1)

R: Radio de curva circular en planta (m)

3. En carreteras con velocidad de diseño igual o menor a 60 km/h, debe cumplirse las siguiente condición:

$$L = \frac{100\ A\ R}{p}$$

Donde:

p :Peralte correspondiente a la curva circular (%)

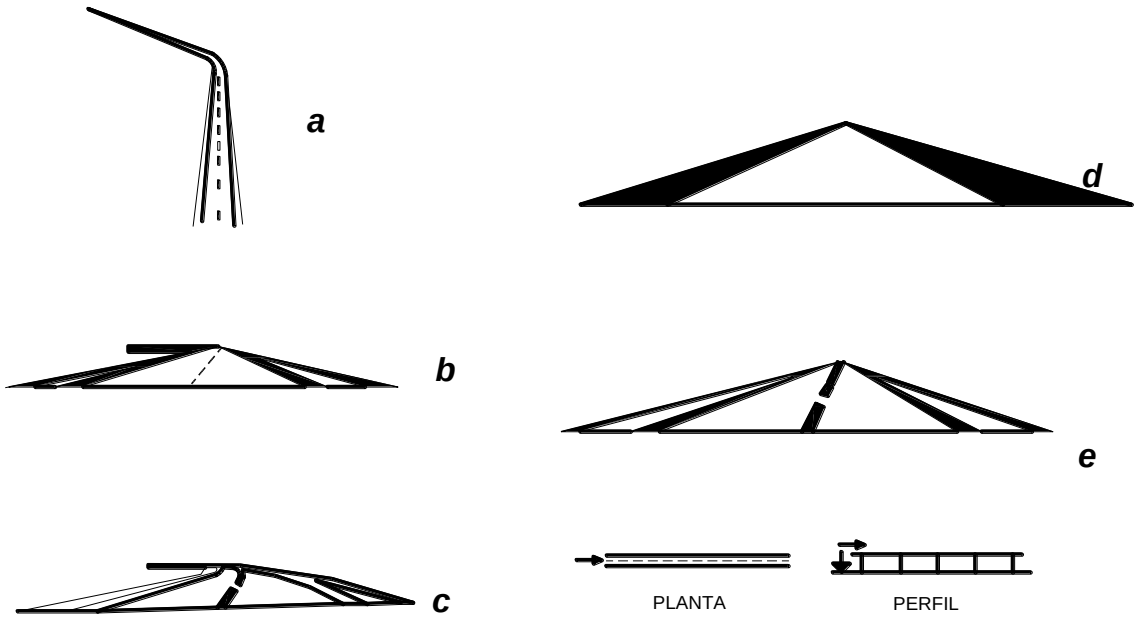
L, A y R :Ídem, numeral anterior (2)

601.03 Casos de coordinación del trazo en planta y perfil

A continuación se presentan casos recomendables y no deseables de coordinación de los elementos del trazado en planta y perfil:

1) En la **Figura 601.02**, se muestran imágenes en perspectiva o guía óptica de combinación de elementos de trazado en planta y perfil. En **(a)**, se aprecia el empleo de una curva en planta de pequeño desarrollo entre dos alineamientos rectos largos; en **(b)**, se aprecia dicho fenómeno; y en **(c)**, queda resuelto el mismo, mediante la utilización de curvas de acuerdo a radios de curvatura más amplios. Asimismo en **(d)** y **(e)**, se muestran dos plataformas en perspectiva, la primera, sin demarcación horizontal, contrasta negativamente con la otra cuyas bandas pintadas ofrecen una mejor guía óptica.

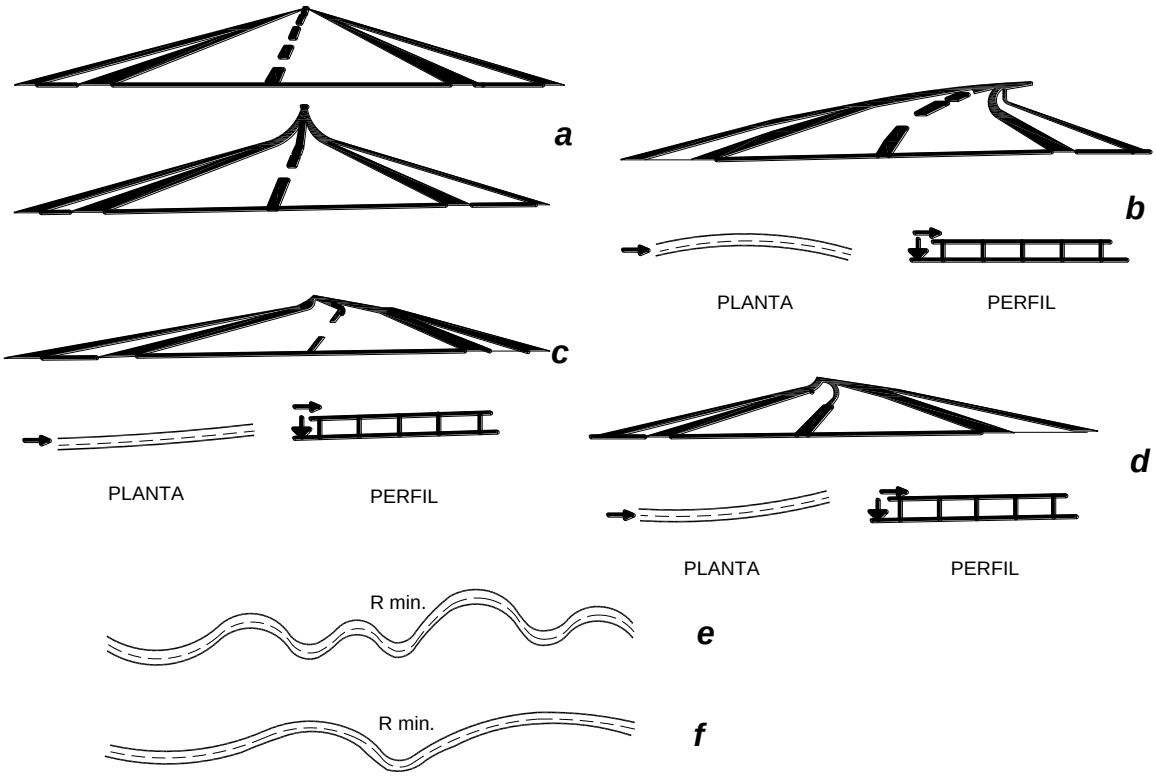
Figura 601.02
Casos de imágenes en perspectiva y guía óptica



2) En las **Figura 601.03**, se aprecian elementos de trazado en planta y su perspectiva. En **(a)**, se aprecia en perspectiva tramos con tangentes largas que producen la sensación de rigidez, las mismas que deben evitarse mediante curvas verticales cóncavas de gran parámetro, que disminuyen el encandilamiento y permiten apreciar la velocidad de los vehículos enfrentados; en **(b)**, se aprecia tramos en tangente de desarrollo breve entre dos curvas del mismo sentido, que producen un efecto estético indeseable y ofrecen una perspectiva equivoca al conductor; en **(c)**, se aprecia una curva de pequeño desarrollo entre dos alineamientos en tangentes largos que produce mala imagen visual; y en **(d)**, se muestra la solución al problema antes indicado, mediante una curva amplia.

Asimismo en **(e)**, se aprecia un trazado donde la topografía obliga a la utilización de curvas de radios mínimos. En cambio, donde los alineamientos en tangente amplios induzcan a velocidades de operación que pueden exceder a las de diseño, el intercala miento de un radio mínimo es peligroso, tal como se aprecia en **(f)**, por lo que deben utilizarse curvas más amplias.

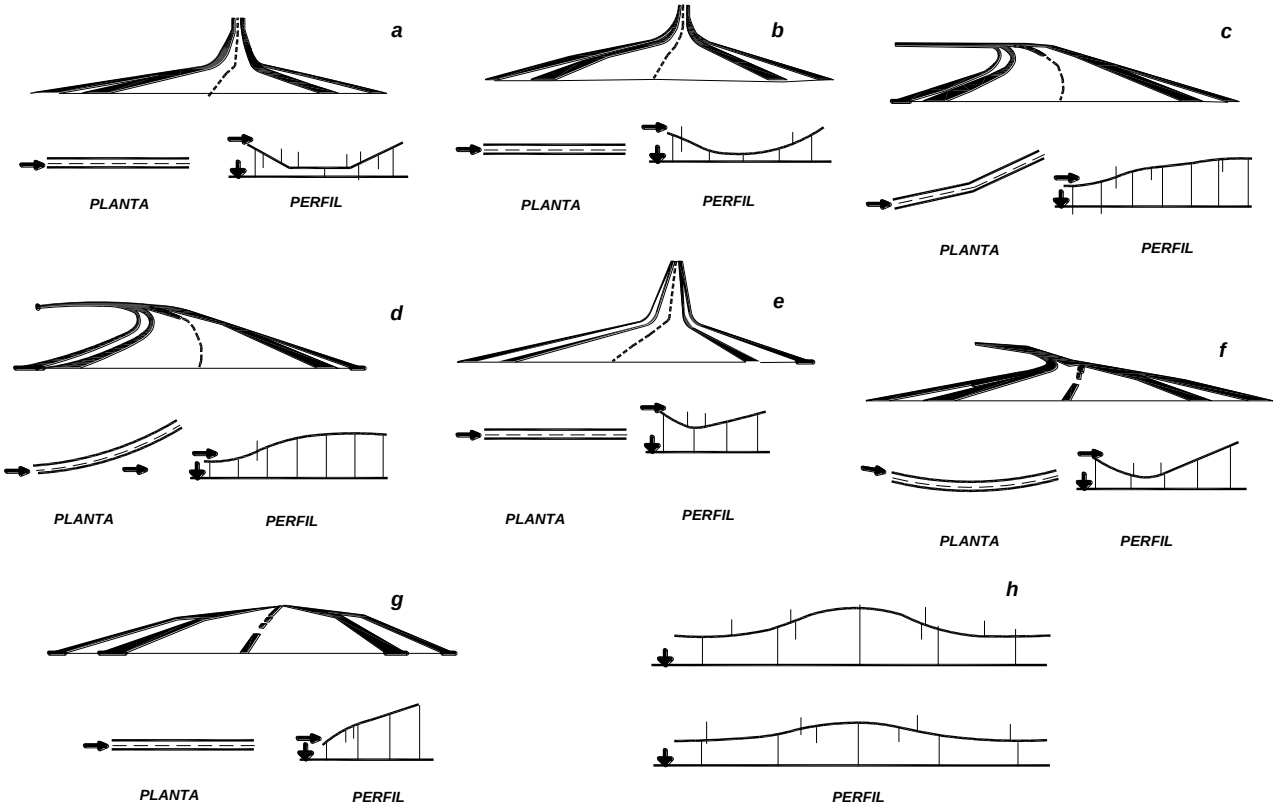
Figura 601.03
Elementos del trazado en planta y su perspectiva



3) En la **Figura 601.04**, se aprecian elementos de trazado en perfil y su perspectiva. En **(a)**, se aprecia tangentes cortas, entre dos curvas cóncavas y en **(c)**, entre dos curvas convexas, que dan sensación de ambigüedad y no deben ser utilizadas. En **(b)** y **(d)**, se muestra la

solución a lo anterior, reemplazándolas por curvas verticales únicas y amplias; en **(e)** y **(f)**, se muestran las curvas verticales cóncavas que favorece el guiado óptico, evitando valores reducidos entre tramos largos de pendiente constante, ya sea con trazados en planta rectos o curvos, puesto que estas configuraciones, vistas desde lejos, presentan una discontinuidad evidente; en **(g)**, se muestran las curvas convexas que enlazan pendientes del mismo sentido, se deben evitar los parámetros reducidos, puesto que ellas dan la sensación de quiebre, debiendo usarse parámetros verticales lo más grandes posibles; en **(h)**, se muestra el perfil longitudinal en parajes con ondulaciones acentuadas, deben preferirse parámetros convexos mayores que los cóncavos, para mejorar la visibilidad en las zonas de relieve abrupto; finalmente en **(i)**, en parajes planos, o con poca diferencia de cotas (10 m a lo sumo), son los parámetros cóncavos, los que deben ser mayores que los convexos, para aprovechar al máximo la buena visibilidad que aquellos confieren.

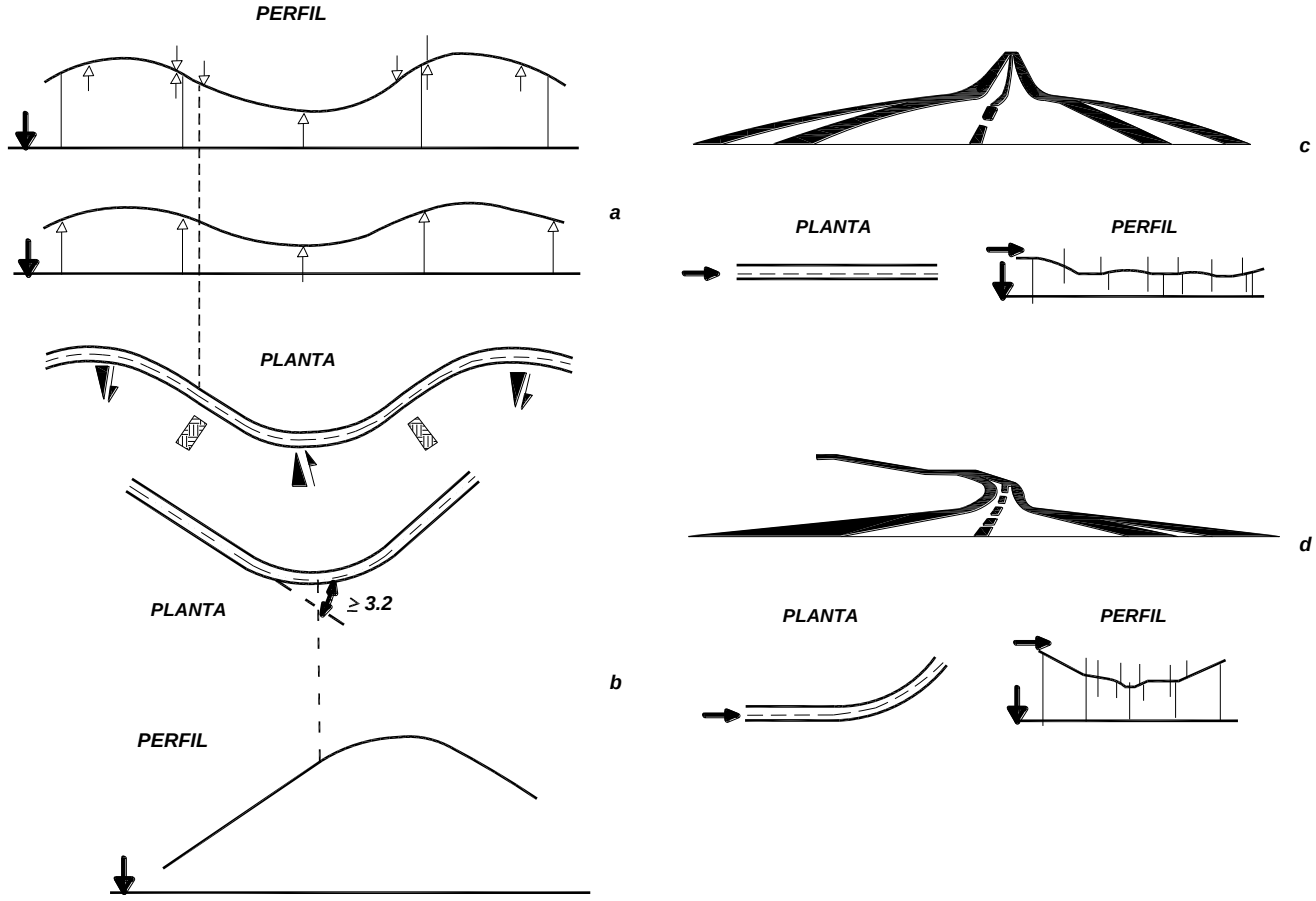
Figura 601.04
Elementos del trazado en perfil y su perspectiva



4) En la **Figura 601.05**, se aprecian la relación entre los elementos de diseño y los puntos de inflexión, del diseño en planta y perfil. En **(a)**, los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo; en **(b)**, en las curvas verticales convexas deberá verse con antelación un tramo de curva en planta correspondiente a unos 3,2º de giro, o sea, la clotoide entera si A = R/3;

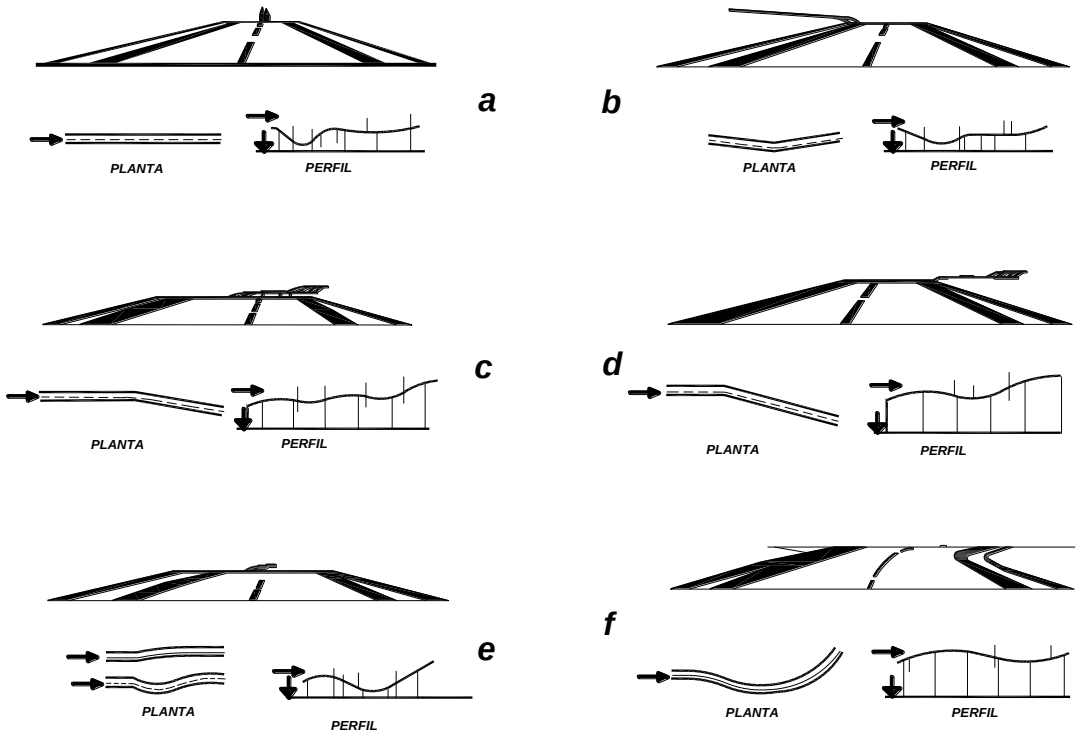
en **(c)** y **(d)**, la sucesión de curvas verticales en tramos en tangente o en curva, permite una visión del trazado como un tobogán, lo cual por ser antiestético debe evitarse.

Figura 601.05
Relación entre los elementos de diseño y puntos de inflexión en planta y perfil



5) En la **Figura 601.06**, se aprecian situaciones de pérdida de trazado, que consiste en la aparente desaparición de la plataforma a la vista del conductor y que genera un efecto psicológico adverso. En **(a)**, se tiene una pérdida de trazado en tangente; en **(b)**, se observa el fenómeno en una curva amplia; en **(c)**, el efecto es especialmente peligroso pues no se tiene distancia de visibilidad de adelantamiento; en **(d)**, hay visibilidad de adelantamiento, pero la perspectiva de la vía hace difícil la apreciación de las distancias; en **(e)** y **(f)**, se observan casos extremos de pérdidas de trazado, en los que el conductor, puede equivocar su apreciación en cuanto al desarrollo del trazado y del tránsito en sentido contrario.

Figura 601.06
Situaciones de pérdida de trazado



El indicado efecto psicológico por la pérdida de trazado, no se produce cuando el conductor puede ver sin interrupciones en la carretera, las longitudes indicadas en la **Tabla 601.01**, que corresponden a determinadas velocidades de diseño.

Tabla 601.01
Longitudes que evitan el efecto de pérdida de trazado

V (km/h)	L (m)
40	200
50	250
60	300
70	350
80	400
90	500
100	600
110	700
120	800

6) En lo relacionado a combinaciones no deseables, deben evitarse las siguientes situaciones en carreteras de una calzada :

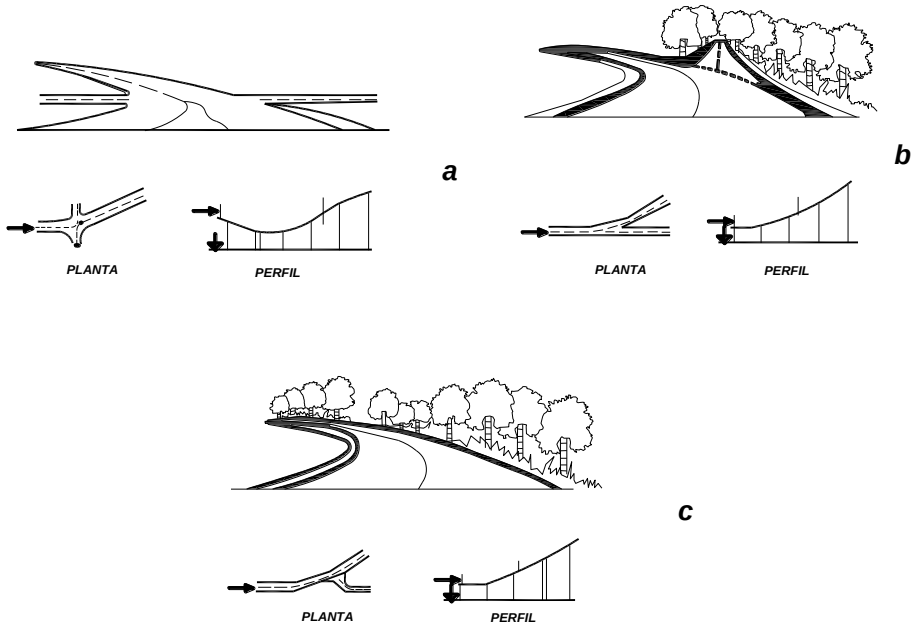
- Alineación única en planta (tangente o curva) que contenga una curva vertical cóncava o convexa corta.
- Curva vertical convexa en coincidencia con un punto de inflexión en planta
- Tangente en planta con curvas convexa y cóncava consecutivas.
- Tangente seguida de curva en planta en correspondencia con curvas convexa y cóncava.
- Alineamiento en curva, de desarrollo corto, que contenga una curva cóncava corta.
- Conjunto de alineamientos en planta, en donde puede percibirse dos curvas verticales cóncavas o dos curvas verticales convexas simultáneamente.
- Curva horizontal de radio mínimo, próxima al punto más bajo de una curva vertical cóncava que conecte rasantes de pronunciadas pendientes.

7) Del mismo modo, en autopistas se evitará:

- Curva cóncava en coincidencia con un punto de inflexión en planta.
- Curva vertical corta entre pendientes largas dentro de un mismo alineamiento en planta
- Rasantes uniformes entre curvas verticales (cóncavas o convexas) consecutivas dentro de un mismo alineamiento en planta.
- Curvas en planta cortas dentro de una curva vertical larga.
- Cuando las rasantes de una y otra calzada son distintas, no se debe variar sus posiciones relativas, si no es en tramos donde existan combinaciones de curvas horizontales y verticales.

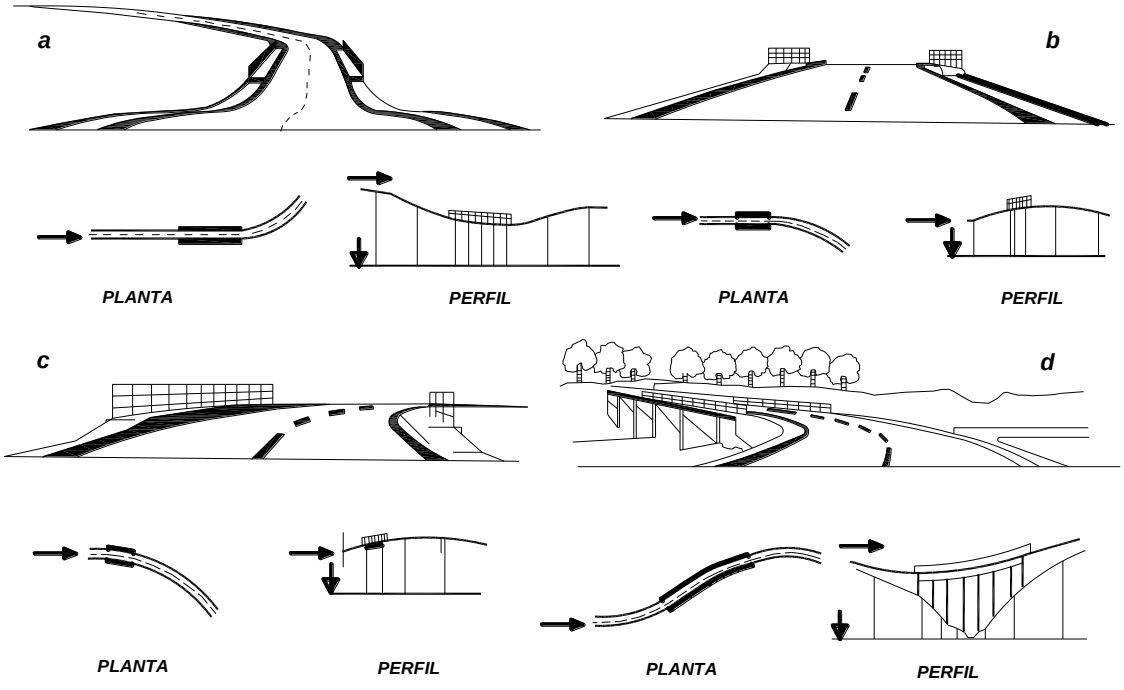
8) La **Figura 601.07**, muestra casos de coordinación del trazo en planta y perfil en intersecciones. En **(a)**, se indica que las intersecciones deben estar situadas en zonas de amplia visibilidad, lo cual debe cumplirse por lo menos para la vía de mayor importancia; en **(b)**, se muestra que la bifurcación entre dos carreteras de distinta importancia, no debe hacerse de modo que puedan confundir al conductor y en **(c)**, es preferible una salida en un ángulo pronunciado, en lugar a una salida tangencial.

Figura 601.07
Casos de coordinación del trazo en planta y perfil en intersecciones



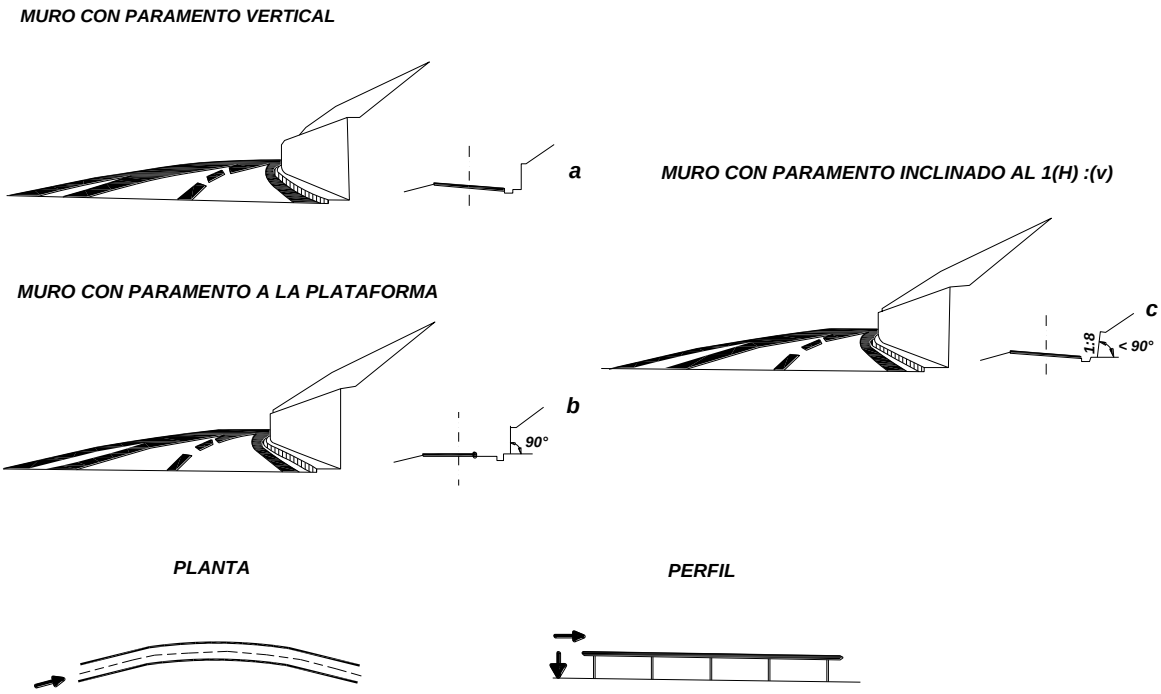
9) En la **Figuras 601.08**, muestra casos de coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras. En **(a)**, se muestra un efecto no deseable y que sin embargo se presenta de forma frecuente; en **(b)**, se muestra que las estructuras no deben ser situadas al comienzo de una curva vertical u horizontal, porque dificultan la visibilidad del camino; en **(c)**, se aprecia que es preferible ubicarlas en zonas de curvatura franca y en **(d)**, se aprecia que en lo posible debe contar con una buena visibilidad previa.

Figura 601.08
Coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras



10) En la **Figuras 601.09**, muestra los casos de coordinación del trazo en planta y perfil con el entorno de la carretera, donde se observa el efecto de la inclinación de los muros sobre la perspectiva del camino.

Figura 601.09
Coordinación del trazo en planta y perfil con el entorno de la carretera: muros



SECCIÓN 602

Consistencia del diseño geométrico

602.01 Generalidades

El diseño de una carretera, pese a ser abordado de forma separada en planta, perfil y en sección transversal, tiene como producto final una franja tridimensional, en la cual la totalidad de sus elementos generarán un conjunto único de interacción con los usuarios, y determinarán las condiciones reales de operación.

Durante el proceso de diseño, es necesario anticipar la interacción de los elementos de la carretera, con las condiciones probables de operación vehicular, así como con el entorno que ésta afectará, con el fin de evitar sobrecostos derivados de correcciones, durante el proceso de construcción o antes de cumplirse su período de servicio.

La seguridad vial que debe garantizarse en el diseño de una carretera, es un requisito de creciente importancia para la sociedad en su conjunto y para los entes viales en particular. En tal sentido, los caminos deben satisfacer las condiciones de circulación con seguridad y con el mínimo impacto ambiental posible.

La consistencia del diseño geométrico de una carretera, se entiende como la relación de homogeneidad de sus características geométricas y las condiciones de seguridad que espera encontrar el conductor de un vehículo que circula por ella.

Los avances tecnológicos actuales expresados en programas de cómputo, que facilitan la simulación tridimensional del proyecto, son herramientas que, pese a su gran aporte, no permiten la determinación de ciertos detalles del diseño vial, por lo que siempre será necesario estudiar las representaciones en planta, perfil y sección transversal del diseño.

La aplicación de las normas contenidas en el presente Manual, debe dar como resultado un diseño que cumpla con las siguientes condiciones:

- Que el conductor pueda distinguir la superficie de rodadura, así como eventuales obstáculos, a una distancia suficiente que le permita reaccionar adecuadamente.
- Que el conductor pueda apreciar de manera oportuna, puntos particulares tales como intersecciones, confluencias, bifurcaciones, puentes, túneles, etc.
- Tener una percepción continua de la evolución del trazado, evitando confusiones generadas por interrupciones en la geometría, que podrían llevar a respuestas erróneas a los conductores.

- Que el conjunto resultante del proceso de diseño, tenga las mejores condiciones de seguridad vial y el menor impacto ambiental, posibles.

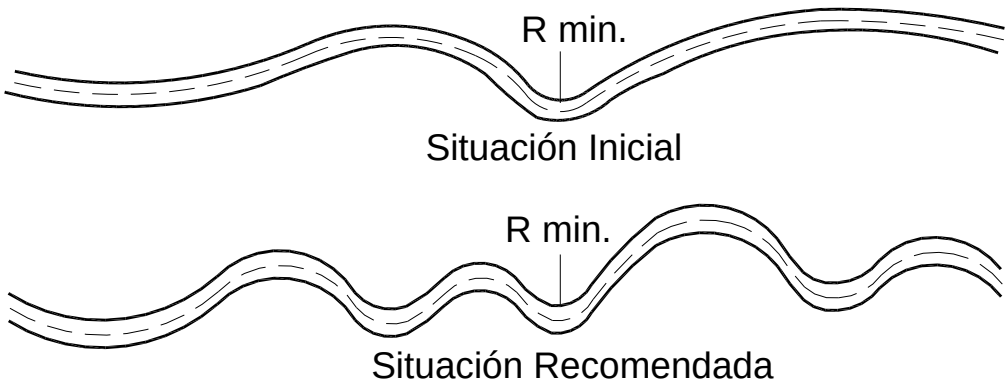
602.02 Interacción del diseño en planta, perfil y sección transversal

A continuación se presentan algunos criterios generales, para lograr un diseño geométrico que contenga una adecuada interacción entre el diseño en planta, perfil y sección transversal:

602.02.01 Combinaciones recomendables

- Cuando se presenten variaciones en el tipo de terreno que obliguen a la ubicación de curvas horizontales y verticales con parámetros cercanos al mínimo, se debe generar una transición de la geometría en las zonas adyacentes, de tal forma que se facilite a los conductores realizar los ajustes necesarios a la velocidad. Ver **Figura 602.01**.

Figura 602.01
Transición de geometría en zonas adyacentes a curvas horizontales y verticales

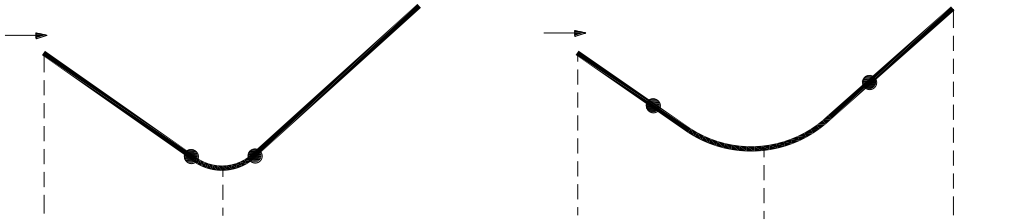


- Se debe buscar la coincidencia de curvas horizontales y verticales, siempre que los valores de diseño para cada una, no se encuentren muy cercanos o exactamente en los mínimos permitidos. Lo anterior tiende a aumentar la ocurrencia de tramos con visibilidad de adelantamiento y mejorar las condiciones de drenaje, entre otras. Cuando se realice esta superposición empleando curvas convexas, se debe permitir que los conductores identifiquen la presencia y magnitud de la curva horizontal antes de generarse el cambio de pendiente longitudinal, es decir, se debe limitar la longitud de la curva vertical convexa según el tipo de curva horizontal, de la siguiente manera:
  - Si la curva es espiral-circular-espiral, el desarrollo de la curva vertical deberá realizarse dentro del tramo circular central.

- Si se emplea una curva espiral – espiral, el desarrollo de la curva vertical deberá permitir al conductor apreciar más de la mitad de la longitud de la curva horizontal.
- Si la curva es circular simple, el desarrollo de la curva vertical se deberá realizar en una longitud inferior a la de la horizontal.
- Si se emplean curvas circulares compuestas, la longitud de la curva vertical deberá permitir al conductor apreciar por lo menos dos curvas simples consecutivas.

- En terrenos planos, deben sustituirse los tramos en tangente de gran longitud, por curvas horizontales de gran dimensión, buscando disminuir el efecto de monotonía, causada por alineamientos muy largos, así como el deslumbramiento durante la noche.
- El uso de curvas verticales cóncavas es recomendable, siempre que se encuentren acorde con la longitud del tramo de pendiente constante, requiriéndose mayores longitudes de curva entre mayor sea la longitud de las pendientes adyacentes. Ver **Figura 602.02**.

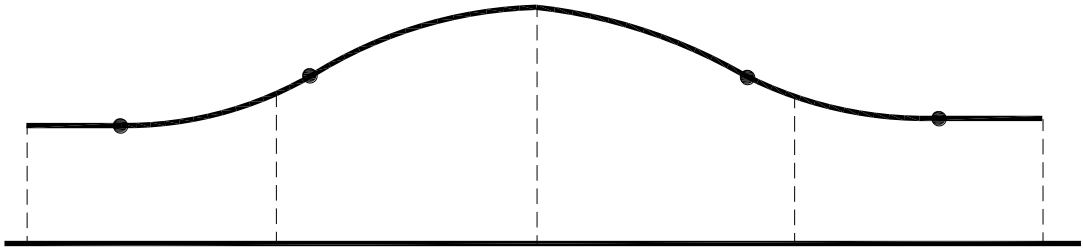
Figura 602.02
Uso recomendable de curvas verticales cóncavas



SITUACION NO RECOMENDADA ***SITUACION RECOMENDADA***

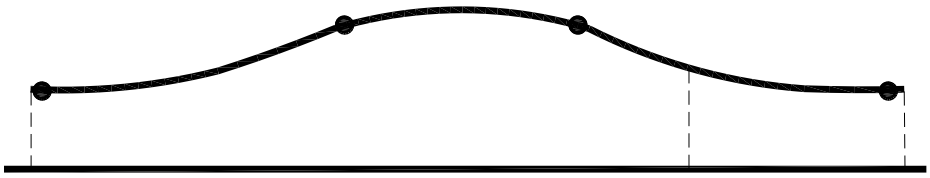
- En sectores de la carretera donde el terreno presente ondulaciones acentuadas, se deben emplear curvas verticales convexas de mayor longitud que las cóncavas, buscando con esto mejorar las condiciones de visibilidad en las partes altas. Ver **Figura 602.03**.

Figura 602.03
Curva vertical convexa de mayor longitud que las concavas



- En terrenos planos o con ondulaciones bajas, se deben emplear longitudes mayores para las curvas verticales cóncavas que para las convexas, buscando aprovechar las condiciones de visibilidad de las primeras. Ver **Figura-602.04**.

Figura 602.04
Curvas verticales cóncavas de mayor longitud que la convexa

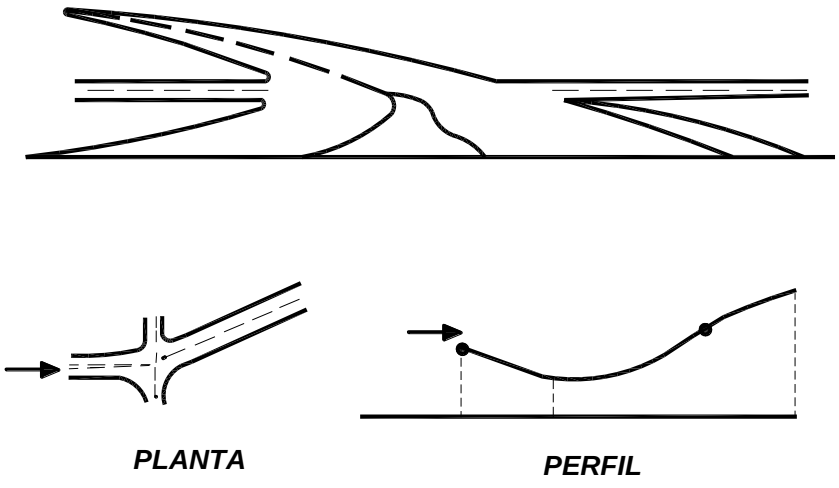


602.02.02 Combinaciones recomendables de la carretera con sus elementos complementarios

Puentes e intersecciones:

- Las intersecciones deben estar ubicadas en zonas de amplia visibilidad, tanto en la vía de circulación, como en la vía o vías con que se intersectan. En la mayoría de los casos, se recomienda el uso de curvas verticales cóncavas. En caso de no poderse cumplir esta condición para las dos vías, se le debe dar prioridad a la vía de mayor importancia. Ver **Figura 602.05**.

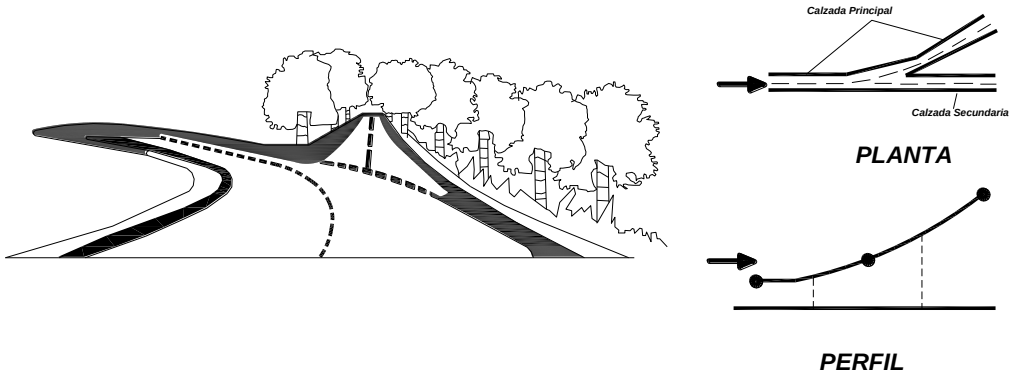
Figura 602.05
Ubicación recomendada de intersección



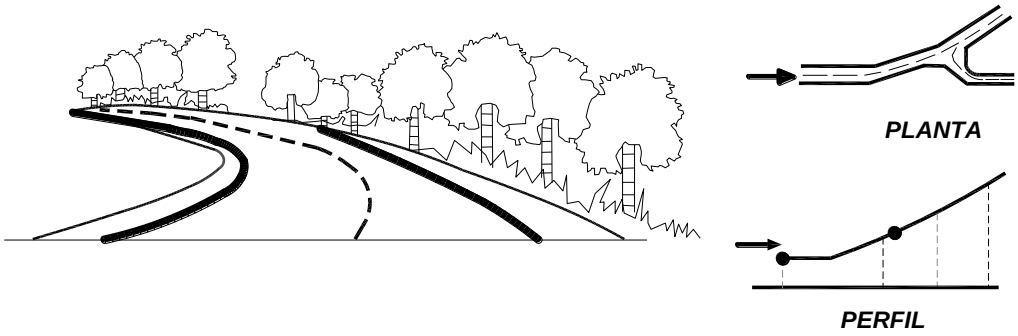
- La presencia de bifurcaciones, debe estar claramente definida para evitar confusión a los conductores. Su diseño debe resaltar la prioridad de la vía principal, y para la vía de menor importancia se

debe plantear la intersección mediante un ángulo pronunciado, que permita una respuesta adecuada por parte de quienes ingresan, así como una cómoda transición de velocidades. Ver **Figura 602.06**.

Figura 602.06
Condiciones producidas por una bifurcación



Condición Indeseable



Condición Deseable

- La siembra de árboles en zonas cercanas a la intersección, puede servir para advertir a los conductores sobre su presencia, siempre que la ubicación de los mismos, no afecte las condiciones de visibilidad, y disminuya el riesgo ante la eventualidad de despistes.
- Los puentes no deben entorpecer las condiciones de operación de la carretera para lo cual se debe procurar que:
  - Su ubicación no genere condiciones geométricas forzadas. Ver **Figura 602.07**.
  - Su sección transversal no debe generar efectos ópticos indeseables, como por ejemplo la disminución aparente del ancho de calzada. Ver **Figura 602.08**.
  - El trazado debe permitir a los conductores su identificación oportuna, evitando el efecto "sorpresa".

Figura 602.07
Condiciones forzadas de ubicación de puentes

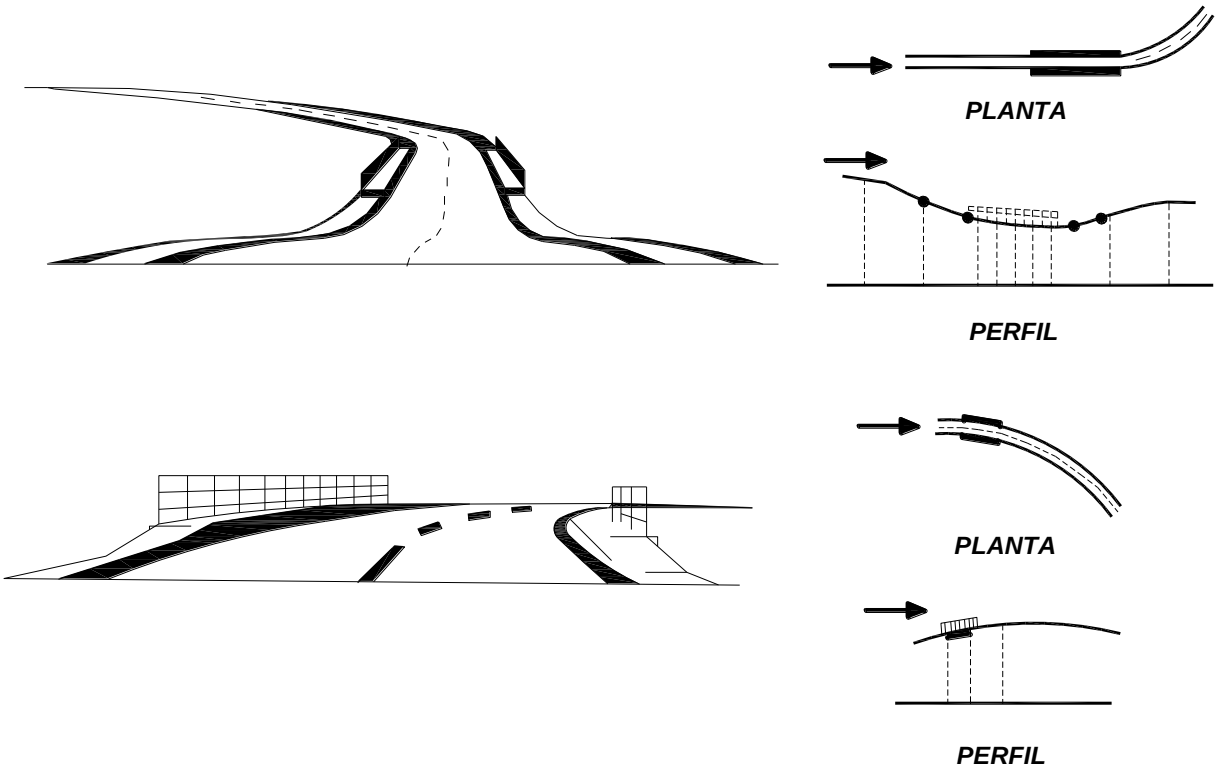
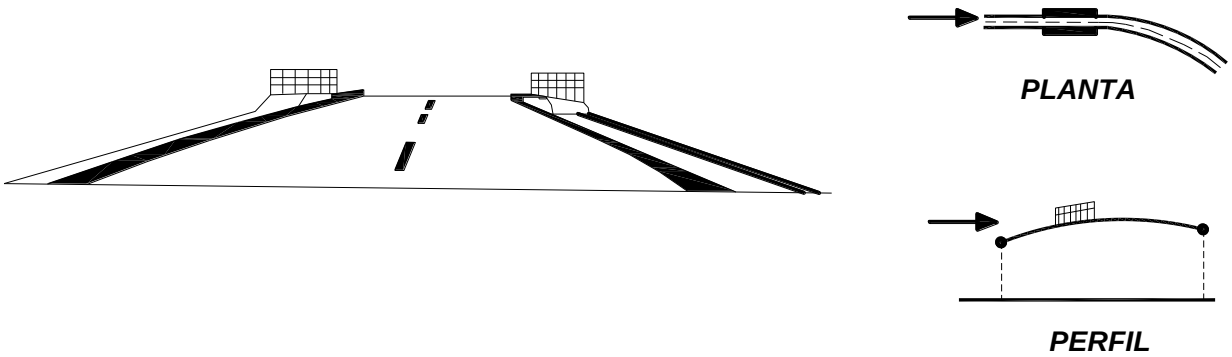


Figura 602.08
Efectos ópticos por la aparente reducción del ancho de calzada



Elementos de drenaje:

Con el fin de aumentar la durabilidad del conjunto de elementos de la vía, así como disminuir la afectación a la operación vehicular y peatonal, es necesario contar con un sistema de drenaje adecuado. En general, los elementos de drenaje no deben obstaculizar ni generar afectación a las condiciones de operación vehicular, ya sea por disminución física o aparente del ancho de calzada. A continuación se indican algunas recomendaciones que deben ser tenidas en cuenta en el diseño:

- Las obras de drenaje, deben evitar al máximo las concentraciones de agua en la vía, las cuales generan disminución en la velocidad de los vehículos, y en casos críticos accidentes por el fenómeno de "hidroplaneo".
- En lo posible, las obras de drenaje no deben ubicarse dentro de curvas horizontales de radios cercanos al mínimo, por el efecto restrictivo que generan sobre los conductores y que los obliga a realizar operaciones súbitas de frenado.
- El diseño de las cunetas, debe permitir la conducción de las aguas superficiales sin que su geometría (sección transversal), se constituya en un riesgo para los vehículos en caso de despiste y ocasional volcamiento, ante el evento que algún vehículo traspase el borde exterior de la berma.
- En zonas de cruce de peatones, se debe tener precaución en que las aguas de escorrentía no afecten el paso de éstos.
- Tener especial cuidado en los sitios de descarga de las estructuras de drenaje, a fin de evitar efectos de erosión y otros daños.

Iluminación:

La iluminación constituye uno de los principales elementos para garantizar la operación de la vía durante la noche, siendo importante prever algunos casos:

- El paso por zonas urbanas.
- Intersecciones a nivel o desnivel, donde se requiere mejorar la visibilidad para la identificación de particularidades.
- En puentes y túneles, donde por sus particularidades se requiera iluminación por seguridad vial.

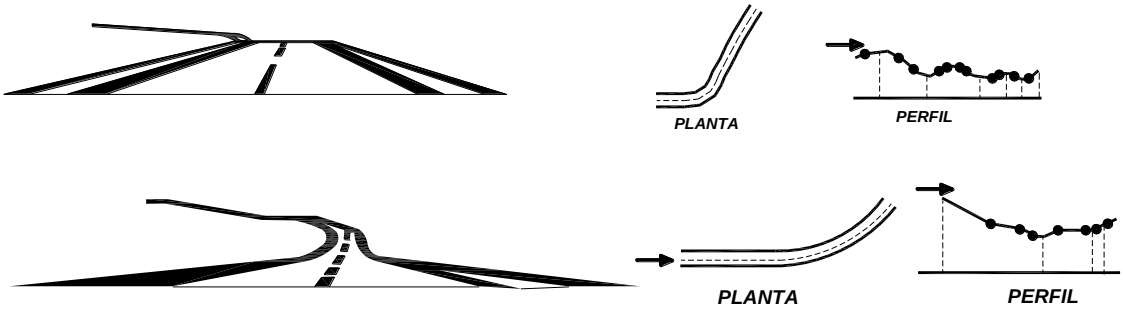
602.02.03 Combinaciones no recomendables

En el diseño deben evitarse las siguientes combinaciones en planta, perfil y sección transversal:

- Tangentes de gran longitud seguidos de curvas horizontales de radios mínimos.
- Tangentes de gran longitud a expensas de pendientes fuertes.

- Pendientes bajas a expensas de desarrollos en planta muy extensos.
- Combinaciones que conduzcan a la pérdida de trazado entendiéndose por esta, a la aparente desaparición visual de la vía y su súbita reaparición, a una distancia inferior a la requerida para recuperar el control del vehículo.
- En terrenos planos y ondulados, la sucesivas curvas verticales y de corta longitud produce el efecto de pérdida de trazado y de disminución de los tramos de adelantamiento, más aun, cuando se suman curvas en planta sucesivas; como se ve en **Figura 602.09**.

Figura 602.09
Curvas verticales sucesivas



- Cuando las situaciones antes indicadas no puedan evitarse, es conveniente proveer visibilidad continua a la carretera, en las longitudes indicadas en la **Tabla 602.01**.

Tabla 602.01
Longitudes de visibilidad continua

Velocidad (km/h)	Longitud (m)
30	150
40	200
50	250
60	300
70	350
80	400
90	500
100	600
110	700
120	800

ANEXO I

GUIA DE CONTENIDO DE LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS DE CARRETERAS

CONTENIDO DE LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS DE CARRETERAS

La presente guía, tiene por finalidad uniformizar y estandarizar el contenido de los expedientes que constituyen los estudios definitivos de construcción, rehabilitación y mejoramiento de carreteras, en concordancia con las normas vigentes sobre la materia.

Contenido

De acuerdo a lo establecido por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por decreto supremo N° 034-2008-MTC y sus modificatorias, los estudios definitivos de carreteras, contienen como mínimo lo siguiente:

Capítulo I : Resumen ejecutivo
Capítulo II : Memoria descriptiva
Capítulo III : Metrados
Capítulo IV : Análisis de precios unitarios
Capítulo V : Presupuesto
Capítulo VI : Formulas polinómicas (según corresponda)
Capítulo VII : Cronogramas
Capítulo VIII : Especificaciones técnicas
Capítulo IX : Estudios de ingeniería básica

- Trafico
- Topografía
- Suelos, canteras y fuentes de agua
- Hidrología e hidráulica
- Geología y geotecnia (incluye estabilidad de taludes)
- Seguridad vial

Capítulo X : Diseños:

- Geométricos
- Pavimentos
- Estructuras
- Drenaje
- Seguridad vial y señalización

Capítulo XI : Plan de mantenimiento
Capítulo XII : Estudio socio-ambientales
Capítulo XIII : Planos

Capítulo I: Resumen ejecutivo

El resumen ejecutivo del estudio definitivo de una carretera, es el compendio general del proyecto, exponiendo en forma genérica, pero clara el contenido y objetivo del mismo. Asimismo, deberá incluir el resumen de las obras planteadas en las partidas genéricas y específicas.

El resumen ejecutivo debe ir en un tomo independiente, conteniendo el resumen de cada uno de los capítulos, y entre otros, la siguiente información específica:

- Localización del proyecto en el mapa del país.
- Localización del proyecto en el mapa vial departamental
- Plano clave del proyecto
- Secciones transversales típicas.
- Resumen del diseño geométrico en planta y perfil: curvas horizontales y curvas verticales, pendientes máximas y mínimas, longitud de carretera, y radios de curvatura mínimo y máximo.
- Resumen de obras de drenaje: alcantarillas, cunetas revestidas y sin revestir, sub-drenes, zanjas de coronación, y otros.
- Resumen de puentes, túneles y obras complementarias
- Resumen de los estudios de ingeniería básica, plan de mantenimiento y estudio socio ambiental.
- Aspectos importantes y particulares del proyecto
- Resumen de metrados
- Presupuesto
- Cronograma de actividades.

Capítulo II: Memoria descriptiva

Consiste en la descripción general del proyecto, indicando su ubicación y características generales, en lo concerniente a orografía, clima, altitud, poblaciones que atraviesa, distancias respecto a las principales ciudades cercanas, población beneficiada, facilidades de acceso y otras particularidades del proyecto.

En este capítulo, debe describirse todas las actividades a realizar para alcanzar los objetivos del proyecto, de manera que la entidad contratante pueda tener claridad sobre los criterios utilizados, los análisis realizados y los diseños adoptados; asimismo, debe indicarse la fuente de la información estadística que se incluya, así como gráficos, cuadros y fotografías según sea el caso.

Por tanto, este capítulo debe contener un orden lógico de ejecución de las distintas actividades del proyecto y la sustentación de los parámetros usados, bien sea mediante referencia bibliográfica, resultados de auscultaciones de campo o ensayos de laboratorio, y/o memorias de cálculo aplicables al proyecto.

Capítulo III: Metrados

Este capítulo contendrá las cantidades de las actividades o partidas del proyecto a ejecutar, tanto en forma específica como global precisando su

unidad de medida y los criterios seguidos para su formulación, en concordancia con lo establecido en el "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, vigente, abarcando básicamente lo siguiente:

- Trabajos preliminares
- Movimiento de tierras
- Pavimentos
- Drenaje y obras complementarias
- Transporte
- Señalización y seguridad vial
- Protección ambiental
- Puentes y túneles
- Otros

Los metrados deberán estar sustentados por cada partida, con la planilla respectiva y con los gráficos y/o croquis explicativos que el caso requiera.

Capítulo IV: Análisis de precios unitarios

Los análisis de precios unitarios, contienen el costo de los recursos de mano de obra, materiales y equipos necesarios para cumplir de manera integral la actividad o partida correspondiente, en concordancia con lo establecido en el "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, vigente. Estará conformado básicamente por:

- Bases de cálculo de los costos
- Análisis de costo directo
- Análisis de los costos indirectos
- Resumen de los componentes de los costos

Capítulo V: Presupuesto

Constituye la determinación del costo total del proyecto, y comprenderá las partidas genéricas y específicas, alcances, definiciones y unidades de medida acorde a lo establecido en el "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, vigente; asimismo, será determinado en base a los metrados y precios unitarios correspondientes e incluirá los gastos generales, utilidades, impuestos y demás requeridos por la entidad contratante.

Capítulo VI: Formulas polinómicas

Acorde a la normatividad vigente sobre la materia, el expediente del estudio incluirá o no, la o las fórmulas polinómicas de reajuste automático de precios, correspondientes.

Capítulo VII: Cronogramas

El cronograma de obras, comprende la programación de la ejecución secuencial y ordenada de las partidas genéricas y específicas establecidas en el estudio, estableciendo la Ruta Critica correspondiente, con la finalidad de alcanzar los objetivos del proyecto. Incluye además, los cronogramas de utilización de materiales y equipos.

Los cronogramas, serán elaborados de acuerdo al método de programación que establezca la entidad contratante.

Capítulo VIII: Especificaciones técnicas

Serán las correspondientes a las establecidas por el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, vigente. En caso que las particularidades del proyecto, requiera la inclusión de actividades no contempladas en el indicado Manual, se anexara las correspondientes "Especificaciones Especiales", que serán aprobadas por la entidad contratante y reportadas al órgano normativo correspondiente.

Capítulo IX: Estudios de ingeniería básica

Los estudios de Ingeniería básica, comprenderá lo siguiente:

Trafico

El Estudio de tráfico deberá contener básicamente lo siguiente:

- Identificación de "tramos homogéneos" de la demanda.
- Conteos de tráfico en estaciones sustentadas y aprobadas por la entidad contratante. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo, y se realizarán durante un mínimo de 7 días continuos de 24 horas.
- Factores de corrección (horario, diario, estacional), para obtener el Índice Medio Diario Anual (IMDA), por tipo de vehículo y total.
- Encuesta de origen-destino (O/D) del proyecto y de una ruta alterna, con un mínimo de tres días consecutivos (dos días de la semana y sábado o domingo) por estación; el mínimo de estaciones O/D será de tres (03). La encuesta se realizará de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.
- Censo de carga por tipo de vehículo pesado y por eje (camiones y buses). El censo se efectuará durante 4 días y un mínimo de 12 horas cada día (turno día y noche) hasta completar dos días.

El estudio de tráfico descrito en párrafos arriba es vital e importante para definir los parámetros de diseño de ingeniería (clasificación de la vía, diseño de la calzada y bermas, calculo EAL, diseño de pavimento, etc.), y para la evaluación económica.
Asimismo, este estudio puede incluir otros aspectos en función a las particularidades del proyecto que serán especificadas por la entidad contratante.

Topografía

Contendrá la información de los trabajos topográficos realizados, en forma directa e indirecta de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante. Incluirá la información cartográfica georeferenciada correspondiente, a las escalas requeridas, considerando las áreas levantadas, longitud de poligonales, magnitud de los errores de cierre, puntos de control enlazados a la Red Geodésica Nacional GPS en el sistema WGS84, estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas UTM y geográficas, comprendiendo básicamente lo siguiente:

- Definición de la franja a levantar, teniendo en cuenta, la longitud del proyecto y considerando un ancho suficiente para poder efectuar variaciones del trazo.
- Establecimiento de una red de puntos ubicados a distancias no mayores a 10 metros o según lo establezcan los documentos de la entidad contratante.
- Colocación de BMs (Bench Mark) cada 500 m o a las distancias que establezca la entidad contratante, tomando como referencia las cotas de los hitos de control vertical del IGN, o con la aprobación de la entidad contratante, se podrá establecer la indicada cota de referencia mediante otro método.
- Detalles planimétricos, altimétricos, planos topográficos, levantamientos complementarios y otros, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.

Suelos, canteras y fuentes de agua

Comprenderán los trabajos de campo, laboratorio y gabinete que permitan evaluar y establecer las características físico-mecánicas de los suelos de fundación que abarque el estudio, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante, estableciendo básicamente lo siguiente:

- El Perfil Estratigráfico en las escalas correspondientes, cuyos resultados se obtendrán luego de efectuar las respectivas prospecciones de campo, así como los análisis y pruebas de laboratorio. Representará en forma gráfica los tipos de suelos y características físico – mecánicas, espesor de los estratos, nivel freático y demás detalles.
- Para el caso de variante o vías de evitamiento, se realizará además las investigaciones geológicas y geotécnicas necesarias.

- En lo relativo a cantera y fuentes de agua, en forma similar se efectuaran los trabajos de campo, laboratorio y gabinete correspondiente, estando orientados a establecer las características físico-mecánicas de los materiales a utilizarse en la ejecución de la Obra. El estudio determinara un diagrama de canteras y fuentes de agua, en el cual se detallara entre otros aspectos, la ubicación de las canteras y puntos de agua, longitud y estado de los accesos, características y calidad de los materiales, resultados de ensayos de laboratorio, usos, potencia, rendimiento, tratamiento, periodo, equipo de explotación, planos y otros.

Hidrología e hidráulica

Comprenderá los resultados del estudio hidrológico de la zona del proyecto y el diseño hidráulico de las obras de drenaje y complementarias correspondientes, teniendo como base el reconocimiento de cada uno de los cauces y estructuras hidráulicas de evacuación, y estableciendo los parámetros de diseño de las nuevas estructuras o tratamiento de las existentes.

El estudio contendrá los resultados de los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, incluyendo entre otros, el diseño de las obras de drenaje requeridas, que comprenda los planos y memoria de cálculo correspondiente, cumpliendo con las disposiciones del Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, vigente, teniendo básicamente en consideración lo siguiente:

- Estudio del régimen hidráulico en los sectores previstos con los resultados obtenidos del estudio hidrológico y establecimiento de los parámetros de diseño.
- Justificación técnica de las obras de drenaje superficial y subterráneas requeridas por el proyecto.
- Evaluación del estado de las obras de drenaje existentes, en cuanto a su capacidad de carga, sección, condición, etc.; con la finalidad de determinar su reforzamiento, ampliación o reemplazo.

Geología y geotecnia (incluye estabilidad de taludes)

Comprenderá el resultado del estudio geológico y geotécnico del proyecto, incluyendo el estudio de estabilidad de taludes, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.

El estudio geológico que tiene por finalidad, establecer las características geológicas de la zona del proyecto, se realizará en base al Cartografiado Geológico a nivel de Geología Regional, utilizando como información base, los Cuadrángulos Geológicos publicados por el INGEMMET y la información topográfica existente (IGN, MINISTERIO AGRICULTURA, SAN).

La información Geológica Regional obtenida, deberá ser presentada en un mapa geológico que describirá los resultados del trabajo de campo, la cual tendrá concordancia con la información base antes indicada. Deberá presentar la interpretación geomorfológica, estratigráfica, litográfica, geología

estructural en el emplazamiento de cada tramo, sobre el cual además, se identificará los poblados, quebradas principales, sectores críticos é inestables y otros que requiera el proyecto.

El estudio geotécnico que tiene por finalidad, la aplicación de la tecnología a la ejecución del proyecto, en función a las características geológicas obtenidas en el estudio. Será presentado en un mapa que deberá describir las evidencias geológicas – geotécnicas encontradas en el campo. La información descrita deberá ser concordante con los resultados de la Información Regional obtenida.

El indicado mapa, identificará además de los poblados y quebradas principales, los sectores críticos o inestables que evidencien movimientos de masas caracterizados por hundimientos, asentamientos, deslizamientos, derrumbes y demás elementos de utilidad al estudio. Además, deberá indicar las medidas correctivas para el tratamiento de los puntos críticos debidamente identificados, ubicados y dimensionados.

El estudio geotécnico, incluirá el análisis de Estabilidad de Taludes del proyecto, para cuyo efecto se deberán efectuar ensayos Estándar y Especiales (Clasificación, Límites de Atterberg, Contenido de Humedad, Corte Directo, Triaxiales, etc.) como medios de obtención de los parámetros geotécnicos de los materiales existentes.

El estudio geotécnico, por lo general debe contener lo siguiente:

- Evaluación de la subrasante
- Evaluación de la estructura del pavimento existente
- Caracterización de los materiales y análisis de estabilidad de terraplenes
- Estudio de estabilidad de taludes en corte y de laderas aledañas.
- Estudio de fundaciones para estructuras
- Evaluación de materiales para concretos y estructura de pavimentos.

Seguridad vial

Comprenderá el resultado del estudio de señalización y seguridad vial del proyecto, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante, en concordancia con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente, y demás dispositivos normativos sobre la materia.

Los resultados del estudio deberán incluir básicamente lo siguiente:

- Análisis del proyecto (tipos de accidentes, factores y puntos de concentración de accidentes, registro y análisis de las características físicas actuales para identificar los factores que puedan afectar la seguridad vial, alumbrado público en zonas urbanas, alineamiento horizontal y vertical inadecuado, intersecciones inadecuadas, estrechamiento de la vía o deformaciones de la superficie, bermas inexistentes o inadecuadas, puntos de cruce y recorrido de animales,

peatones y ciclistas, paradas de buses, inadecuados dispositivos de seguridad vial, insuficiente o inadecuada señalización y otros).

- Análisis de las características físicas de la vía proyectada, para identificar los factores que puedan afectar la seguridad vial.
- Diagnóstico integrado, considerando los resultados del estudio de tráfico y demarcación en planta de los puntos de concentración de accidente.
- Definición de medidas para reducir y prevenir accidentes de tránsito.
- Sistemas de contención Tipo Barreras de Seguridad.

Capítulo X Diseños:

Geométricos

El diseño geométrico del proyecto deberá cumplir con las disposiciones del presente Manual de Diseño Geométrico, conteniendo la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda y teniendo en consideración básicamente lo siguiente:

- Criterios técnicos generales adoptados para el diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal del proyecto.
- Clasificación del proyecto.
- Velocidades de diseño del proyecto por tramos homogéneos.
- Visibilidad, curvas horizontales y verticales, tangentes, pendientes, peraltes, sección transversal, taludes, intersecciones, etc.
- Memoria de cálculo, planos y otros, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.

Pavimentos

El diseño del pavimento del proyecto deberá cumplir con las disposiciones del Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos vigente, conteniendo la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda y teniendo en consideración básicamente lo siguiente:

- Resumen de los parámetros de diseño de la estructura de pavimento.
- Presentación de los análisis de laboratorio efectuados, sustentando adecuadamente las metodologías usadas.
- Estrategia de mantenimiento o conservación, en función a la evolución de daños en el tiempo y las medidas correctivas correspondientes.
- Resumen de las distintas acciones que se deberán efectuarse desde el inicio hasta el final de la vida útil del proyecto.

Estructuras

Consiste en el diseño de los diferentes tipos de estructuras del proyecto, tales como puentes, túneles, obras de drenaje, muros, obras complementarias y otros, debiendo cumplir la normatividad vigente sobre la materia, conteniendo la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda y teniendo en consideración básicamente lo siguiente:

- Los criterios de diseño utilizados.
- La normativa aplicada.
- La justificación técnica, del tipo y magnitud de las cargas.
- Mediciones, ensayos y evaluaciones para determinar la condición funcional y estructural de las obras de drenaje existentes.
- Resúmenes de los principales resultados y comprobaciones.

Drenaje

Comprenderá los resultados del diseño hidráulico de las obras de drenaje requeridas por el proyecto, tales como alcantarillas, cunetas, zanjas de coronación, subdrenes, disipadores de energía, badenes, etc., cumpliendo con las disposiciones del Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, vigente y contendrá la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda, teniendo básicamente en consideración lo siguiente:

- Diseño de los sistemas de drenaje requeridos, cuyo funcionamiento debe ser integral y eficiente.
- Diseño de rehabilitación o reparación de estructuras existentes que se mantienen en el proyecto y diseño de las obras de reemplazo.
- Diseño adecuado de la altura de la rasante de la vía, en zonas de topografía plana o terrenos de cultivo bajo riego adyacentes, para evitar efectos de inundación y saturación de la plataforma.
- Diseño de manejo adecuado de la precipitación pluvial, que posibilite el restablecimiento de la cobertura vegetal.

Seguridad vial y señalización

Comprenderá el diseño de los dispositivos de control del tránsito vehicular y los elementos de seguridad vial del proyecto, incluyendo los planos de señalización y los procedimientos de control, en concordancia con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente, y demás dispositivos normativos sobre la materia, incluyendo básicamente lo siguiente:

- Diseño de la señalización en concordancia con lo dispuesto en el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, y las Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales, vigentes.
- Diseño de la ubicación de los elementos de seguridad vial tales como sistema de contención tipo barreras de seguridad, sistemas de control

satelital de velocidades, reductores de velocidad tipo resaltos, tachas reflectivas y otros según corresponda.

Capítulo XI: Plan de mantenimiento

Comprende el programa de mantenimiento rutinario y periódico durante la vida útil del proyecto, incluyendo el programa de mantenimiento de la etapa de ejecución del mismo, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante y la normativa aplicable sobre la materia. El plan contendrá básicamente lo siguiente:

- Antecedentes e introducción.
- Objetivos generales y específicos
- Estudio de mantenimiento rutinario y periódico
- Actividades de emergencia
- Evaluación de medio ambiente
- Programa de mantenimiento rutinario y periódico, y actividades de emergencia.
- Cronogramas de mantenimiento rutinario y periódico.
- Costos anuales y cronogramas de desembolso, de las actividades programadas.

Capítulo XII: Estudios socio-ambientales

Comprende el resultado del estudio de impacto ambiental del proyecto, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante y en concordancia con la normatividad vigente sobre la materia. Considerará básicamente lo siguiente:

- Evaluación de los impactos ambientales directos e indirectos del ámbito del proyecto.
- Detalle de las medidas mitigadoras, cronogramas y órganos responsables de su implementación, costos, etc.
- Especificaciones ambientales particulares para las obras.
- Medidas de corrección de los pasivos ambientales considerados críticos.
- Plan de reasentamiento involuntario y compensación de la población.
- Certificación de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) e Interferencias, del proyecto.
- Plan de Manejo Ambiental (PMA), del proyecto.
- Otros según los requerimientos de la normativa vigente.

Capítulo XIII: Planos

Los planos del proyecto, serán presentados en las escalas, formatos, tamaños, cantidades y demás requerimientos de la entidad contratante y de la normativa vigente, serán debidamente identificados, numerados, codificados y protegidos; asimismo, contendrán una leyenda en la que entre otros se indicará la fecha, el nombre del responsable de su elaboración y aprobación, sello y firma, según corresponda. Básicamente abarcará lo siguientes planos:

- Ubicación Geográfica del Proyecto
- Clave
- Secciones tipo
- Planta y perfil del proyecto
- Secciones transversales
- Intersecciones
- Diagrama de masas
- Canteras y puntos de agua
- Depósitos de materiales excedentes (DME)
- Pavimentos
- Estructuras (puentes y túneles), obras de drenaje y complementarias
- Taludes y Estabilizaciones
- Señalización y seguridad vial
- Impacto ambiental

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

MANUAL DE CARRETERAS

DISEÑO GEOMÉTRICO

DG-2014

Revisada y Corregida a Octubre 2014

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 5

GENERALIDADES 7

1 ORGANIZACIÓN DEL MANUAL 7
1.1 Codificación 7
1.2 Siglas y abreviaturas 8
1.3 Unidades de medida 8
1.4 Glosario de términos 9

CAPITULO I CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS 11

SECCIÓN 101 CLASIFICACIÓN POR DEMANDA 12
101.01 Autopistas de Primera Clase 12
101.02 Autopistas de Segunda Clase 12
101.03 Carreteras de Primera Clase 12
101.04 Carreteras de Segunda Clase 12
101.05 Carreteras de Tercera Clase 13
101.06 Trochas Carrozables 13
SECCIÓN 102 CLASIFICACIÓN POR OROGRAFÍA 14
102.01 Terreno plano (tipo 1) 14
102.02 Terreno ondulado (tipo 2) 14
102.03 Terreno accidentado (tipo 3) 14
102.04 Terreno escarpado (tipo 4) 14

CAPITULO II CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO .. 15

SECCIÓN 201 ESTUDIOS PRELIMINARES PARA EFECTUAR EL DISEÑO GEOMÉTRICO 16
201.01 Criterios generales 16
201.02 Información general 16
201.03 Niveles de estudios preliminares 16
201.04 Criterios básicos 17
201.05 Clasificación general de los proyectos viales 17
201.06 Ingeniería básica 18
201.07 Aspectos ambientales 22
201.08 Estudio de seguridad vial 23
201.09 Reconocimiento del terreno 24
201.10 Derecho de vía o faja de dominio 26
SECCIÓN 202 VEHÍCULOS DE DISEÑO 27
202.01 Características generales 27
202.02 Vehículos ligeros 28
202.03 Vehículos pesados 29
202.04 Giro mínimo de vehículos tipo 31
SECCIÓN 203 CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO 95
203.01 Generalidades 95
203.02 Índice medio diario anual (IMDA) 95
203.03 Clasificación por tipo de vehículo 96
203.04 Volumen horario de diseño (VHD) 97
203.05 Crecimiento del tránsito 98
SECCIÓN 204 VELOCIDAD DE DISEÑO 100

204.01 Definición 100
204.02 Velocidad de diseño del tramo homogéneo 100
204.03 Velocidad específica de los elementos que integran el trazado en planta y perfil 101
204.04 Velocidad específica en las curvas horizontales 102
204.05 Velocidad de marcha 104
204.06 Velocidad de operación 105
SECCIÓN 205 DISTANCIA DE VISIBILIDAD 108
205.01 Definición 108
205.02 Distancia de visibilidad de parada 108
205.03 Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento 111
205.04 Distancia de visibilidad de cruce 116
SECCIÓN 205 CONTROL DE ACCESOS 120
206.01 Generalidades 120
206.02 Accesos directos 120
206.03 Caminos laterales o de servicios 120
206.04 Control de acceso y nuevos trazados 121
206.05 Materialización del control de accesos 121
SECCIÓN 207 INSTALACIONES AL LADO DE LA CARRETERA 122
207.01 Generalidades 122
207.02 Ubicación y frecuencia de las instalaciones 122
207.03 Condiciones de uso del Derecho de Vía 122
207.04 Conexión de las instalaciones laterales con la vía 122
207.05 Obstrucciones a la visibilidad 123
SECCIÓN 208 INSTALACIONES FUERA DEL DERECHO DE VÍA 124
208.01 Generalidades 124
208.02 Autorización para la ubicación, diseño y construcción de los accesos 124
208.03 Seguridad vial en las conexiones con la vía principal 124
SECCIÓN 209 FACILIDADES PARA PEATONES 125
209.01 Generalidades 125
209.02 En zonas urbanas 125
209.03 En zonas rurales 125
SECCIÓN 210 VALORES ESTÉTICOS Y ECOLÓGICOS 126
210.01 Generalidades 126
210.02 Consideraciones generales 126
SECCIÓN 211 CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO 127
211.01 Generalidades 127
211.02 Tratamiento según tipo de vía 127
211.03 Condiciones ideales o de referencia 127
211.04 Capacidad de la vía 128
211.05 Niveles de servicio 129

CAPITULO III DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA, PERFIL Y SECCIÓN TRANSVERSAL 132

SECCIÓN 301 GENERALIDADES 133
SECCIÓN 302 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA 134
302.01 Generalidades 134
302.02 Consideraciones de diseño 134
302.03 Tramos en tangente 136
302.04 Curvas circulares 137
302.05 Curvas de transición 150
302.06 Curvas compuestas 160
302.07 Curvas de vuelta 165

302.08 Transición de peralte 166
302.09 Sobreancho 174
302.10 Verificación de la distancia de visibilidad 181
SECCIÓN 303 DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL 188
303.01 Generalidades 188
303.02 Consideraciones de diseño 188
303.03 Pendiente 189
303.04 Curvas verticales 194
SECCIÓN 304 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL 204
304.01 Generalidades 204
304.02 Elementos de la sección transversal 204
304.04 Bermas 210
304.05 Bombeo 214
304.06 Peralte 215
304.07 Derecho de Vía o faja de dominio 217
304.08 Separadores 219
304.09 Gálibo 219
304.10 Taludes 222
304.11 Cunetas 228
304.12 Secciones transversales particulares 229

CAPITULO IV DISEÑO GEOMETRICO DE CASOS ESPECIALES 232

SECCIÓN 401 DISEÑO GEOMÉTRICO DE PUENTES 233
SECCIÓN 402 DISEÑO GEOMÉTRICO DE TÚNELES 234
SECCIÓN 403 PASOS A DESNIVEL PARA PEATONES 235

CAPITULO V DISEÑO GEOMETRICO DE INTERSECCIONES 237

SECCIÓN 501 GENERALIDADES 238
SECCIÓN 502 INTERSECCIONES A NIVEL 239
502.01 Denominación y tipos de intersección a nivel 239
502.02 Criterios de diseño 241
502.03 Visibilidad de cruce 243
502.04 Señalización de intersecciones 244
502.05 Intersecciones sin canalizar 245
502.06 Intersecciones canalizadas 250
502.07 Curvas de transición en intersecciones 259
502.08 Ramales de giro 260
502.09 Carriles de cambio de velocidad 262
502.10 Tránsito por el separador central 269
502.11 Islas 273
502.12 Perfil longitudinal de intersecciones 275
502.13 Intersecciones rotatorias o rotondas 275
SECCIÓN 503 INTERSECCIONES A DESNIVEL 279
503.01 Clasificación y tipo de intersecciones a desnivel 279
503.02 Intercambios de tres, cuatro y más ramas 280
503.03 Ramales 286
503.04 Criterios de diseño geométrico 288
SECCIÓN 504 DISEÑO GEOMÉTRICO DE ATRAVESAMIENTO DE ZONAS URBANAS 297

CAPITULO VI COORDINACIÓN DEL TRAZO EN PLANTA Y PERFIL, Y CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO 298

SECCIÓN 601 COORDINACIÓN DEL TRAZO EN PLANTA Y PERFIL 299
601.01 Generalidades..... *299*
601.02 Criterios generales de diseño..... *300*
601.03 Casos de coordinación del trazo en planta y perfil *300*
SECCIÓN 602 CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO.....309
602.01 Generalidades..... *309*
602.02 Interacción del diseño en planta, perfil y sección transversal..... *310*

ANEXO I GUIA DE CONTENIDO DE LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS DE CARRETERAS .. 317

CAPÍTULO I: RESUMEN EJECUTIVO 318
CAPÍTULO II: MEMORIA DESCRIPTIVA 319
CAPÍTULO III: METRADOS 319
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....320
CAPÍTULO V: PRESUPUESTO 320
CAPÍTULO VI: FÓRMULAS POLINÓMICAS.....321
CAPÍTULO VII: CRONOGRAMAS 321
CAPÍTULO VIII: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 321
CAPÍTULO IX: ESTUDIOS DE INGENIERÍA BÁSICA 321
Tráfico..... *321*
Topografía *322*
Suelos, canteras y fuentes de agua *322*
Hidrología e hidráulica *323*
Geología y geotecnia (incluye estabilidad de taludes) *323*
Seguridad vial..... *324*
CAPÍTULO X DISEÑOS: 325
Geométricos..... *325*
Pavimentos..... *325*
Estructuras..... *326*
Drenaje *326*
Seguridad vial y señalización..... *326*
CAPÍTULO XI: PLAN DE MANTENIMIENTO 327
CAPÍTULO XII: ESTUDIOS SOCIO AMBIENTALES 327
CAPÍTULO XIII: PLANOS 327

PRESENTACIÓN

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles; así como de fiscalizar su cumplimiento.

El Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico"**, forma parte de los **Manuales de Carreteras** establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

El Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico"**, es un documento normativo que organiza y recopila las técnicas y procedimientos para el diseño vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Abarca la información necesaria y los diferentes procedimientos, para la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio, en concordancia con la demás normativas vigente sobre la gestión de la infraestructura vial.

La presente versión Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico (DG–2014)"**, es la actualización del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2013), aprobado por R.D. N° 031 - 2013 - MTC/14.

Teniendo en consideración que como toda ciencia y técnica, la ingeniería vial se encuentra en permanente cambio e innovación, es necesario que el presente documento sea revisado y actualizado periódicamente por el órgano normativo de la infraestructura vial del MTC, cuyas nuevas versiones serán denominadas de la siguiente manera: Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico (DG – año de actualización)"**.

Lima, Octubre de 2014

GENERALIDADES

GENERALIDADES

1 Organización del Manual

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras está organizado de la siguiente manera:

- GENERALIDADES
- CAPÍTULO I. Clasificación de las carreteras
- CAPÍTULO II. Criterio y controles básicos para el diseño geométrico
- CAPÍTULO III. Diseño geométrico en planta y perfil y sección transversal
- CAPÍTULO IV. Diseño geométrico de casos especiales
- CAPÍTULO V. Diseño geométrico de intersecciones
- CAPÍTULO VI. Coordinación del trazo en planta y perfil, y consistencia del diseño geométrico
- ANEXO I. Guía de contenido de los estudios definitivos de carreteras

Cada capítulo está dividido en secciones y abarca aspectos análogos referentes a un tema específico. Las secciones tratan un determinado tema y están divididas en tópicos, a su vez estos se dividen en artículos y acápites, respectivamente.

1.1 Codificación

A manera de ejemplo, a continuación se muestra la codificación del Manual:

302.06.03 (a) corresponde a:

III	CAPÍTULO	Diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal
302	SECCIÓN	Diseño geométrico en planta
302.06	TÓPICO	Curvas compuestas
302.06.03	ARTÍCULO	Curvas vecinas del mismo sentido
302.06.03 (a)	ACÁPITE	Curva circular con curva de transición

1.2 Siglas y abreviaturas

Las abreviaturas utilizadas en el Manual de Carreteras **"Diseño Geométrico (DG–2014)"**, representan lo que se indica a continuación:

- SNIP: Sistema Nacional de Inversión Pública.
- MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- PNP: Policía Nacional del Perú.
- SLUMP: Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú.
- AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- FHWA: Federal Highway Administration - USA.
- TRB: Transportation Research Board.
- PIARC: Permanent International Association of Road Congresses.
- SI: Sistema Internacional de Unidades.

1.3 Unidades de medida

Las unidades de medida utilizadas en este Manual y sus símbolos, corresponden al Sistema Legal de Unidades de Medida de Perú (SLUMP aprobada con la Ley 23560), que adopta a su vez las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI). Aquellas que no se encuentren incluidas en la lista siguiente, se definirán como lo establece el SLUMP o la norma ASTM E 380 "Standard Practice for Use of International System of Units (SI) (The Moderniced Metric System)" o, en su defecto, en las especificaciones y normas a las cuales se hace referencia en el presente documento.

El sistema empleado para separar decimales con una coma es el establecido por el Sistema Internacional, y es el adoptado por la mayoría de países. En cuanto a la separación por miles, se adopta el punto (ejemplo: 1.234,55).

a. Unidades básicas

Símbolo	Unidad de Medida	Magnitud Física
m	metro	longitud
kg	kilogramo	masa
s	segundo	tiempo
km	kilómetro	longitud
h	hora	tiempo

b. Unidades derivadas

Símbolo	Unidad de Medida	Nombre unidades
m^2	metro cuadrado	área
m^3	metro cúbico	volumen
kg/m^3	kilogramo por metro cúbico	densidad
m/s	metro por segundo	velocidad
km/h	Kilómetros por hora	velocidad

c. Otras unidades

Símbolo	Unidad de Medida	Magnitud Física
min	minuto	tiempo
d	día	tiempo
l	litro	volumen
t	tonelada métrica	masa
ha	hectárea	área

Para taludes (vertical: horizontal)

Para taludes con inclinación < 1:1, expresar la inclinación del talud como la relación de una unidad vertical a un número de unidades horizontales (1:n).

Para taludes con inclinación > 1:1 expresar la inclinación del talud como la relación de un número de unidades verticales a una unidad horizontal (n:1).

1.4 Glosario de términos

La definición de los términos usados en el presente documento corresponde al "Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial", vigente.

Así mismo, se incluye los siguientes términos que serán de uso exclusivo para el presente Manual:

Estudio de impacto vial: Es aquel dirigido a identificar los cambios que se generan en el tránsito vehicular y peatonal existente, como consecuencia de la implementación de un proyecto o instalación dentro o fuera del Derecho de Vía de la carretera, y establecer la solución para mitigar los impactos que puedan producirse por su funcionamiento.

Plataforma logística: Área dentro de la cual, se realizan diversas actividades relacionadas al transporte intermodal y su gestión, que incluye entre otras, transferencia de carga, logística y distribución, y está provista de los servicios públicos y privados necesarios para su funcionamiento.

Tramos homogéneos: Son aquellos que el diseñador identifica a lo largo de una carretera, a los que por las condiciones orográficas, se les asigna una misma velocidad de diseño. Por lo general, una carretera tiene varios tramos homogéneos.

Velocidad de diseño de tramo homogéneo: Es la base para la definición de las características de los elementos geométricos incluidos para un tramo homogéneo.

Velocidad de Operación: Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, sin sobrepasar la velocidad de diseño de tramo homogéneo.

CAPITULO I

CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

SECCIÓN 101

Clasificación por demanda

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

101.01 Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.02 Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.03 Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.04 Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.05 Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

101.06 Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

SECCIÓN 102

Clasificación por orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por dónde discurre su trazado, se clasifican en:

102.01 Terreno plano (tipo 1)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado.

102.02 Terreno ondulado (tipo 2)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.

102.03 Terreno accidentado (tipo 3)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.

102.04 Terreno escarpado (tipo 4)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado.

CAPITULO II

CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

SECCIÓN 201

Estudios preliminares para efectuar el diseño geométrico

201.01 Criterios generales

En esta Sección se presentan los criterios, factores y elementos que deberán adoptarse para realizar los estudios preliminares que definen el diseño geométrico de las carreteras nuevas, así como las carreteras que serán rehabilitadas y mejoradas especialmente en su trazado.

Al definir la geometría de la vía, no debe perderse de vista que el objetivo es diseñar una carretera que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto, dentro del marco de la viabilidad económica y cumpliendo lo establecido en la Sección 211: Capacidad y Niveles de Servicio, del presente capitulo.

Asimismo, establece la clasificación e interrelación existente entre los tipos de proyectos, niveles y metodologías de estudio previstas para las obras viales y sintetiza el contenido y alcance de dichos niveles de estudio.

201.02 Información general

Es importante realizar estudios preliminares que permitan establecer las prioridades y recursos para la elaboración de un nuevo proyecto, para lo cual se deberá recopilar toda la información pertinente que esté disponible, complementando y verificando aquellas empleadas en los estudios de viabilidad económica. Se recurrirá a fuentes como son los vértices geodésicos, mapas, cartas y cartografía vial, así como fotografías aéreas, ortofotos, etc.

Aun cuando el reconocimiento en terreno resulta indispensable, su amplitud y/o grado de detalle dependerá, en gran medida, del tipo de información topográfica y geomorfológica existente.

201.03 Niveles de estudios preliminares

Los estudios preliminares (pre inversión) deben dar respuesta, básicamente, a tres interrogantes fundamentales, ellas son:

- Definición preliminar de las características y parámetros de diseño.
- Identificación de rutas posibles.
- Anteproyectos preliminares de las rutas posibles.
- Selección de rutas.

Todos los estudios preliminares del diseño geométrico deben estar acorde a la normativa vigente del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP).

201.04 Criterios básicos

a. Proyecto y estudio

El término "proyecto" incluye las diversas etapas que van desde la concepción de la idea, hasta la materialización de una obra civil, complejo industrial o programa de desarrollo en las más diversas áreas. En consecuencia, el proyecto es el objetivo que motiva las diversas acciones requeridas para poner en servicio una nueva obra vial, o bien recuperar o mejorar una existente.

Las materias tratadas en el presente manual están referidas a los diversos estudios preliminares y estudios definitivos requeridos, en sus diferentes fases, todo lo cual será identificado como "Estudios".

No obstante dentro de la amplitud asignada al término "Proyecto", se le identificará bajo el término "Proyectista" a la organización, equipo o persona que asume la responsabilidad de realizar los estudios en sus diferentes fases.

b. Estándar de diseño de una carretera

La Sección Transversal, es una variable dependiente tanto de la categoría de la vía como de la velocidad de diseño, pues para cada categoría y velocidad de diseño corresponde una sección transversal tipo, cuyo ancho responde a un rango acotado y en algunos casos único.

El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:

1. La Categoría que le corresponde (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).
2. La velocidad de diseño (V).
3. La sección transversal definida.

201.05 Clasificación general de los proyectos viales

Los proyectos viales para efectos del diseño geométrico se clasifican de la siguiente manera:

a. Proyectos de nuevo trazado

Son aquellos que permiten incorporar a la red una nueva obra de infraestructura vial. El caso más claro corresponde al diseño de una carretera no existente, incluyéndose también en esta categoría, aquellos trazados de vías de evitamiento o variantes de longitudes importantes.

Para el caso de puentes y túneles, más que un nuevo trazado constituye un nuevo emplazamiento. Tal es el caso de obras de este tipo generadas por la construcción de una segunda calzada, que como tal corresponde a un cambio de trazado de una ruta existente, pero para todos los efectos, dichas obras requerirán de estudios definitivos en sus nuevos emplazamientos.

b. Proyectos de mejoramiento puntual de trazado

Son aquellos proyectos de rehabilitación, que pueden incluir rectificaciones puntuales de la geometría, destinadas a eliminar puntos o sectores que afecten la seguridad vial. Dichas rectificaciones no modifican el estándar general de la vía.

c. Proyectos de mejoramiento de trazado

Son aquellos proyectos que comprenden el mejoramiento del trazo en planta y/o perfil en longitudes importantes de una vía existente, que pueden efectuarse mediante rectificaciones del eje de la vía o introduciendo variantes en el entorno de ella, o aquellas que comprenden el rediseño general de la geometría y el drenaje de un camino para adecuarla a su nuevo nivel de servicio.

En casos de ampliación de calzadas en plataforma única, el trazado está controlado por la planta y el perfil de la calzada existente. Los estudios de segundas calzadas con plataformas independientes, deben abordarse para todos los efectos prácticos, como trazados nuevos.

201.06 Ingeniería básica

201.06.01 Geodesia y topografía

En todos los trabajos topográficos, se aplicará el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP), que a su vez ha tomado las unidades del Sistema Internacional de Unidades o Sistema Métrico Modernizado.

a. Procedimientos geodésicos para referenciar los trabajos topográficos

Se adopta la incorporación como práctica habitual de trabajo, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que opera referido a sistemas geodésicos, en particular el conocido como WGS-84 (World Geodetic System de 1984).

El Sistema de Referencia WGS-84 es un sistema geocéntrico global (mundial) con origen en el centro de masa de la Tierra, cuya figura analítica es el Elipsoide Internacional GRS-80. Al determinar las coordenadas de un punto sobre la superficie de la Tierra mediante GPS, se obtienen las coordenadas cartesianas X, Y, Z y sus equivalentes geodésicas: latitud (φ), longitud (λ) y altura elipsóidal (h).

b. Sistemas geodésicos

Se denomina Sistema Geodésico Oficial, al conjunto conformado por la Red Geodésica Horizontal Oficial y la Red Geodésica Vertical Oficial, que están a cargo del Instituto Geográfico Nacional. Está materializado por puntos localizados dentro del ámbito del territorio nacional, mediante monumentos o marcas, que interconectados permiten la obtención conjunta o por separado de su posición geodésica (coordenadas), altura o del

campo de gravedad, enlazados a los sistemas de referencia establecidos.

- Constitúyase como Red Geodésica Horizontal Oficial a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional (REGGEN), a cargo del Instituto Geográfico Nacional; la misma que tiene como base el Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS) sustentada en el Marco Internacional de Referencia Terrestre 1994 –International Terrestrial Reference Frame 1994 (ITRF94) del International Earth Rotation Service (IERS) para la época 1995.4 y relacionado con el elipsoide del Sistema de Referencia Geodésico 1980- Geodetic Reference System 198D (GRS80). [Para efectos prácticos como elipsoide puede ser utilizado el World Geodetic System 1984 (WGS84).]
- Constitúyase como Red Geodésica Vertical Oficial a la Red de Nivelación Nacional, a cargo del Instituto Geográfico Nacional, la misma que tiene como superficie de referencia el nivel medio del mar, está conformada por Marcas de Cota Fija (MCF) o Bench Mark (BM) distribuidos dentro del ámbito del territorio nacional a lo largo de las principales vías de comunicación terrestre, los mismos que constituyen bienes del Estado. Esta Red Geodésica estará sujeta al avance tecnológico tendiente a obtener una referencia altimétrica global relacionada al campo de la gravedad.

  La tendencia mundial apunta a la adopción de un sistema geocéntrico, no solo para fines geodésicos, sino que también para fines de mapeo, con su derivación a sistemas locales para proyectos de ingeniería. Los sistemas de coordenadas más utilizados son las geodésicas (latitud, longitud y altura elipsódica) y las cartesianas (x, y, z).

c. Sistemas globales de referencia

El posicionamiento con GPS, así como cualquier otro sistema satelital, por ejemplo su homólogo ruso GLONASS (Global Navigation Satellite System), requiere sistemas de referencia bien definidos consistentes globales y geocéntricos. Esto implica que consideran todo el globo terrestre y tienen su origen en el centro de masa de la Tierra.

Los más conocidos son:

- El Sistema de Referencia Terrestre Internacional ITRF (International Terrestrial Reference Frame).
- El Sistema Geodésico Mundial 1984 WGS-84 (World Geodetic System 1984).
- SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur).
- Sistemas de referencia sudamericanos. Datum Provisorio Sudamericano 1956 – PSAD-56.

d. Sistemas de proyección

1. Aspectos generales

Los sistemas de proyección cartográfica tienen por objeto representar la superficie terrestre, o parte de ella, en una superficie plana cuadriculada. En términos generales se distinguen, por la superficie de proyección, entre azimutales, cilíndricas, cónicas y otras; y de acuerdo a la orientación de la superficie ésta puede ser normal, transversal u oblicua.

2. Transversal de Mercator

La proyección transversal de Mercator (TM) es, en sus diferentes versiones, el sistema más utilizado mundialmente. Su empleo resulta especialmente favorable para representar la superficie terrestre de grandes extensiones en dirección norte-sur. Dicha proyección puede ser graficada por un cilindro que envuelve el elipsoide terrestre, siendo el eje del cilindro perpendicular al eje de rotación terrestre. En su forma original el cilindro es tangente en un meridiano, que corresponde al meridiano central de la proyección. La proyección TM es conforme y tiene mínimos errores de escala en el meridiano central o en sus cercanías.

Los más utilizados son:

- La proyección transversal de mercator (TM).
- El sistema universal transversal de mercator (UTM).
- La proyección TM local (LTM).

201.06.02 Hidrología, hidráulica y drenaje

Los estudios de hidrología y de hidráulica en el proyecto de obras viales deben proporcionar al proyectista los elementos de diseño necesarios para dimensionar las obras que, técnica, económica y ambientalmente, cumplan con los siguientes fines:

- Cruzar cauces naturales, lo cual determina obras importantes tales como puentes y alcantarillas de gran longitud o altura de terraplén.
- Restituir el drenaje superficial natural, el cual se ve afectado por la construcción de la vía. Ello debe lograrse sin obstruir o represar las aguas y sin causar daño a las propiedades adyacentes.
- Recoger y disponer de las aguas lluvias que se junten sobre la plataforma del camino o que escurren hacia ella, sin causar un peligro al tráfico.
- Eliminar o minimizar la infiltración de agua en los terraplenes o cortes, la que puede afectar las condiciones de estabilidad de la obra básica.
- Asegurar el drenaje subterráneo de la plataforma y base, de modo que no afecten las obras de la superestructura.

- Considerar el impacto ambiental que pueden tener las obras proyectadas.

Los conocimientos de hidrología le permitirán al proyectista estimar los escurrimientos superficiales en secciones específicas de quebradas, pantanos, ríos y canales, en los puntos en que el camino cruza dichos cauces. Estos escurrimientos deben asociarse a la probabilidad de ocurrencia que ellos tienen, a fin de tener antecedentes probabilísticos sobre su comportamiento futuro. Igualmente, la hidrología permite calcular y estimar los escurrimientos de aguas de lluvia sobre la faja del camino o en superficies vecinas y que fluyen superficialmente hacia ella, así como también las propiedades hidráulicas del subsuelo y las condiciones de la napa freática bajo la plataforma.

La hidráulica permite predecir las velocidades y las alturas de escurrimiento en cauces naturales o artificiales; definir las dimensiones de las obras de drenaje transversal; calcular las dimensiones y espaciamiento de subdrenes, diseñar los elementos del sistema de recolección y disposición de aguas lluvias, y definir las secciones y pendientes, cunetas y canales interceptores.

Dado que la construcción de una obra vial moderna puede afectar grandes áreas de terreno, la consideración de los problemas de erosión, sedimentación y arrastre debe ser una preocupación central del diseño y planificación de las obras viales. Los estudios de erosión y arrastre deben permitir la construcción y materialización de las obras viales, manteniendo en niveles aceptables los efectos adversos relativos a estos problemas.

201.06.03 Geología y Geotecnia

Desde las primeras fases del estudio de una obra vial, el proyectista deberá trabajar en forma coordinada con los especialistas en Geología y Geotecnia. En efecto, en la etapa de identificación de rutas posibles, la oportuna detección de zonas conflictivas desde el punto de vista geotécnico, puede justificar el abandono de una ruta, que pudiera parecer atrayente por consideraciones de trazado.

En los diversos niveles de estudio, el ingeniero especialista irá detectando con grados de precisión creciente, aspectos tales como:

- Identificación de sectores específicos con características geotécnicas desfavorables.
- Sectorización de la zona de emplazamiento del trazado, definiendo el perfil estratigráfico pertinente y sus propiedades.
- Todo ello, orientado a establecer la capacidad de soporte del terreno natural, así como los taludes seguros para terraplenes y cortes, asociados a los distintos materiales.
- Condiciones de fundación de estructuras, obras de drenaje y obras complementarias.
- Aspectos de drenaje incidentes en el problema geotécnico.

- Disponibilidad de yacimientos de materiales.

Las características geotécnicas de los materiales que pueden presentarse a lo largo del emplazamiento de una carretera son variadas, pudiendo experimentar cambios radicales entre sectores muy próximos. No es posible, por lo tanto, definir a priori un procedimiento de estudio de tipo general. En consecuencia, deberá ser el ingeniero especialista quien vaya definiendo, en las diversas etapas, los estudios específicos que deberán ejecutarse.

El Consultor procederá a la recopilación de toda la información geológico-geotécnica representativa de la zona de emplazamiento de los corredores seleccionados.

El análisis de las cartas de pequeña escala en que se definieron los corredores permitirá establecer aspectos morfológicos, los cuáles orientan respecto a la calidad de los terrenos. Por otra parte el modelaje superficial que se observa permite tipificar cuales han sido los elementos generadores de estas formas, deduciendo así cuales han sido los principales agentes de erosión. El análisis o estudio fotointerpretativo se basará en el estudio de fotos aéreas y fotos satelitales del área dónde se emplazan los corredores.

201.07 Aspectos ambientales

En el pasado, los moderados niveles de demanda y las restricciones en cuanto a disponibilidad de recursos, generalmente hacían que la geometría de los caminos se adaptara en forma ceñida a la topografía del terreno y que la faja del camino fuera relativamente estrecha. Consecuentemente las alteraciones que los proyectos viales imponían sobre el medio ambiente eran mínimas.

El incremento de la demanda derivado del crecimiento de la población, del desarrollo económico y de los avances tecnológicos, ha impuesto mayores exigencias de capacidad, seguridad y confort, lo que ha redundado en que la geometría de los trazados en planta y perfil sea más amplia, con lo que en las etapas de construcción y operación de un camino, alteran en menor o mayor medida las condiciones ambientales prevalecientes en el corredor en que la ruta se emplaza, llegando incluso, en determinados casos, a degradarlas.

En el desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) u otro instrumento de evaluación, se deberán revisar aquellos aspectos que siempre estarán presentes y que incidirán directamente en el nivel o grado de impacto de una determinada obra.

En primer lugar, interviene el trazado del camino que se estudia, ya que a mayor nivel las exigencias técnicas de la geometría implicarán una menor posibilidad de adecuarse al terreno, aumentando las alturas de corte y terraplén. Por otro lado, un camino de elevado estándar está ligado a un mayor ancho de faja vial, todo lo cual se traduce en un aumento de la probabilidad de generar un impacto de mayor magnitud.

Por otra parte están las características naturales de los terrenos dónde se emplazará el camino. Por ejemplo, los rasgos topográficos del terreno condicionarán el grado de deterioro ambiental que puede producir el proyecto

de un camino, el que, en general, aumentará en la medida que el terreno sea más accidentado.

También la geomorfología y geología del terreno condicionarán el grado de impacto ya que, dependiendo de los materiales que estén presentes y la inestabilidad de las laderas, es posible que se activen procesos erosivos en los taludes expuestos o se propicien asentamientos o deslizamientos de masas de materiales que pueden afectar al camino proyectado o a quebradas o cauces cercanos.

Otro aspecto por considerar es el tipo de vegetación natural localizada en la faja del camino, la que al ser eliminada puede perturbar el ecosistema natural en una superficie mayor que la afectada directamente por el camino.

Finalmente se deberán considerar las características socioeconómicas de la zona dónde se emplaza el camino, a fin de estudiar el posible efecto que podría provocar el proyecto, en las actividades humanas presentes en el sector.

Es importante destacar que de acuerdo con estudios realizados, la incorporación de la variable ambiental en la toma de decisiones, ha significado no sólo mitigar y neutralizar los impactos negativos que producen los proyectos, sino que en determinados casos, ha contribuido a mejorar el medio dónde se emplazan, a conservar y aprovechar racionalmente los recursos naturales renovables en beneficio de la población local y a desarrollar el potencial recreativo y turístico del área.

Otro aspecto importante que se debe tener en cuenta con la inclusión de la dimensión ambiental, es que incorpora elementos de juicio que permiten seleccionar una alternativa óptima del emplazamiento del camino, de tal forma de generar un proyecto vial en armonía con el entorno, lo cual no implica, necesariamente, estar en la disyuntiva de construir o no construir un camino. La integración armónica del proyecto con el entorno se entiende como un estado de equilibrio en dónde los posibles impactos negativos se evitan o mitigan, controlando de esta manera el deterioro del medio ambiente.

En resumen, los EIA deberán cumplir la normativa aplicable vigente sobre la materia.

201.08 Estudio de seguridad vial

En el apartado de Seguridad vial se tratarán, según corresponda al tipo de proyecto y con el orden de relevancia que se estime conveniente, los aspectos relativos a los siguientes puntos:

- Distancias de visibilidad, parada y adelantamiento
- Señalización vertical: ubicación, tamaño, visibilidad, nivel de reflexión, coherencia, uniformidad…
- Señalización horizontal: características del material, tipología, coherencia con la señalización vertical
- Balizamiento: necesidad, adecuación y disposición

- Otros dispositivos de seguridad: bandas transversales rugosas, pantallas antideslumbrantes, pinturas con resaltos, semáforos, pasos de peatones
- Zonas de seguridad y sistemas de contención: distancia de seguridad, amortiguadores de impacto, lechos de frenado, barreras, pretiles, tratamientos de márgenes y medianas
- Ampliación del derecho de vía o faja de dominio respecto a lo considerado, por motivos de Seguridad Vial
- Condiciones climáticas de la zona por donde discurre la carretera:

  a) Lluvias, para comprobar la adecuación del sistema de drenaje y la conveniencia de disponer material granular drenante.

  b) Nieve o hielo, para evitar la coincidencia de puntos de posible acumulación de agua con zonas en sombra

  c) Nieblas, para reforzar la señalización horizontal y el balizamiento de la carretera

  d) Orientación, para evitar tramos prolongados o elementos críticos del trazado (cambios de rasante, aproximaciones a intersecciones, finales de carriles adicionales, etcétera) en los que puedan producirse deslumbramientos al amanecer o al atardecer

Las personas, el vehículo (en especial los conductores) y la infraestructura son los tres principales factores que influyen en la seguridad vial.

El elevado incremento en el número de desplazamientos hace que la infraestructura adquiera una especial relevancia. El estado de las carreteras unido al acelerado crecimiento de la movilidad, los atascos, los problemas para estacionar, etc. hacen del "factor vía" un destacado factor de siniestralidad.

Paralelamente a la infraestructura, los vehículos son otro factor determinante de la seguridad vial. En los últimos años han sufrido una gran transformación con una mejora de los equipamientos de protección a los usuarios que ayudan a reducir y minimizar las consecuencias de los accidentes de tráfico.

Todos estos factores han de tenerse en cuenta previamente al desarrollo de un nuevo proyecto.

201.09 Reconocimiento del terreno

Esencialmente consistirá en la comprobación y confirmación de los puntos de control seleccionados sobre la carta geográfica. Dependiendo de la extensión y características del terreno, puede ser aconsejable un primer reconocimiento aéreo, para obtener una adecuada visión de conjunto, o bien para complementar las impresiones obtenidas a partir de las cartas geográficas y/o fotos aéreas.

Para obtener apreciaciones cuantitativas del recorrido terrestre, el Proyectista deberá contar con instrumentos adecuados para verificar y comprobar los puntos críticos que las cartas no alcancen a precisar, tales como: laderas de fuerte pendiente transversal, factibilidad de salvar un desnivel específico,

precisar el ancho de una quebrada o curso de agua, rumbo en algunos tramos boscosos, etc. Se sugiere el uso de GPS, altímetro, brújula, eclímetro, telémetro, etc., que pueden resultar apropiados en determinados sectores del reconocimiento. También es aconsejable obtener fotografías y vistas panorámicas de los sectores conflictivos.

Como recomendación general conviene tener presente las siguientes pautas de trabajo:

- El reconocimiento no debe limitarse a las rutas prefijadas en las cartas, sino que debe abarcar un área lo suficientemente amplia para no omitir información que pudiera ser útil para una mejor decisión.
- Al recorrer el terreno, el proyectista y los especialistas deberán visualizar, simultáneamente, aspectos de la geomorfología, hidrología, geotecnia y ecología, ponderando racionalmente la incidencia e importancia que, separadamente y en conjunto, pueden tener en el emplazamiento del trazado.
- Las áreas cubiertas por bosques normalmente se asocian a terrenos con relieve pronunciado que poseen una densa red de drenaje natural. Si el área por reconocer es extensa y se prevén varias rutas alternativas, las cartas de pequeña escala (1:50.000) pueden resultar insuficientes, incluso para fijar rutas o corredores, y después de un reconocimiento aéreo amplio, se deberá optar por la ejecución de una restitución aerofotogramétrica a escala intermedia (1:5.000 ó 1:10.000).

  La restitución aerofotogramétrica estará limitada en precisión por la cubierta vegetal existente. No obstante, un plano escala 1:5.000 con curvas de nivel cada 5 m, permitirá desarrollar los estudios preliminares en óptimas condiciones.

  Aun cuando se consulte la ejecución de una restitución aerofotogramétrica, el reconocimiento a nivel de estudio preliminar es indispensable, en una primera etapa, para establecer las fajas o el área por restituir, cuyos límites serán mucho más amplios que los de cada ruta en particular.
- El proyectista deberá estar siempre alerta de no formarse una falsa opinión de las bondades o defectos de una solución, según sea el grado de facilidades o dificultades encontradas para avanzar durante el recorrido del terreno, o bien por la falta de visibilidad en terrenos boscosos o de difícil acceso.
- El proyectista recogerá información relativa al proyecto, sea de índole favorable o desfavorable al criterio propio y deberá aceptarla imparcialmente.

En síntesis, el proceso de estudio en la fase del reconocimiento es una sucesión de ensayos, pruebas y aproximaciones, en las que se evalúan y ponderan las diversas alternativas, investigando y considerando todas las soluciones posibles. El conocimiento técnico, experiencia y buen criterio, ayudarán a encontrar la solución adecuada.

Un reconocimiento completo permite descartar, en una etapa inicial del estudio, rutas no favorables, con lo que los esfuerzos se concentrarán sobre aquellos emplazamientos que ofrezcan una posibilidad real de solución.

Durante el reconocimiento se verifican los lugares considerados como más apropiados para el emplazamiento de los puentes, los cruces y empalmes con otras vías, construcciones y estructuras existentes que convenga mantener o demoler y, en general, todo aquello que puede influir en la ubicación posterior del trazado del camino. Se precisará la extensión de las zonas de desprendimientos, pantanos, laderas meteorizadas e inestables, etc., a fin de delimitarlas con precisión en la carta y evitarlas al trazar el eje probable.

Según sea la complejidad de los problemas previstos o que se detecten durante el reconocimiento, éste podrá requerir varias visitas y la participación, en mayor o menor grado, de los especialistas en geotecnia, hidrología, estructuras, etc. Se aprovecharán las visitas de campo para obtener datos complementarios de la región, recoger opiniones de los habitantes, prever y anticipar los efectos potenciales, tanto positivos como negativos, que provocaría la construcción del camino por una u otra ruta, y la alteración que podrá sufrir el equilibrio ecológico y el paisaje natural.

201.10 Derecho de vía o faja de dominio

Teniendo como base, la definición de las características geométricas y categoría de la carretera a intervenir, se definirá la faja del terreno denominada "Derecho de Vía", dentro del cual, se encontrará la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas para futuras obras de ensanche o mejoramiento y zona de seguridad, para las acciones de saneamiento físico legal correspondiente.

SECCIÓN 202

Vehículos de diseño

202.01 Características generales

El Diseño Geométrico de Carreteras se efectuará en concordancia con los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas en el Reglamento Nacional de Vehículos, vigente.

Las características físicas y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan por las carreteras, son elementos clave en su definición geométrica. Por ello, se hace necesario examinar todos los tipos de vehículos, establecer grupos y seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto. Estos vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de operación, utilizados para establecer los criterios de los proyectos de las carreteras, son conocidos como vehículos de diseño.

Al seleccionar el vehículo de diseño hay que tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Normalmente, hay una participación suficiente de vehículos pesados para condicionar las características del proyecto de carretera. Por consiguiente, el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (camiones y/o buses).

Las características de los vehículos tipo indicados, definen los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobreancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

La clasificación del tipo de vehículo según encuesta de origen y destino, empleada por SNIP para el costo de operación vehicular (VOC), es la siguiente:

- **Vehículo de pasajeros**
  - Jeep (VL)
  - Auto (VL)
  - Bus (B2, B3, B4 y BA)
  - Camión C2

- **Vehículo de carga**
  - Pick-up (equivalente a Remolque Simple T2S1)
  - Camión C2
  - Camión C3 y C2CR
  - T3S2

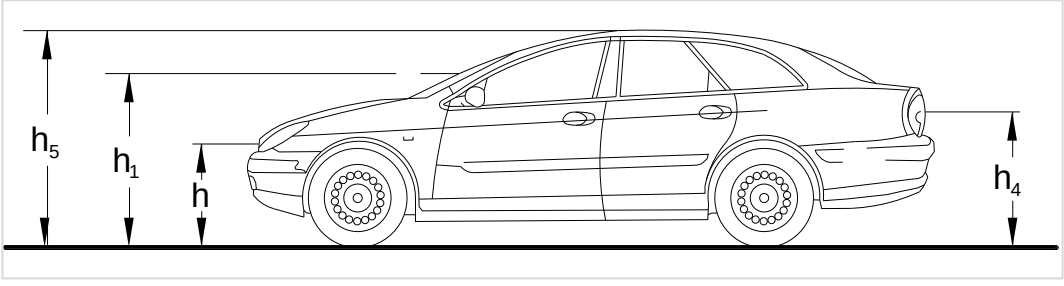
202.02 Vehículos ligeros

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones, situación poco probable en el proyecto de carreteras. A modo de referencia, se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles:

- Ancho: 2,10 m.
- Largo: 5,80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h: altura de los faros delanteros: 0,60 m.
- h_1: altura de los ojos del conductor: 1,07 m.
- h_2: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0,15 m.
- h_4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.
- h_5: altura del techo de un automóvil: 1,30 m

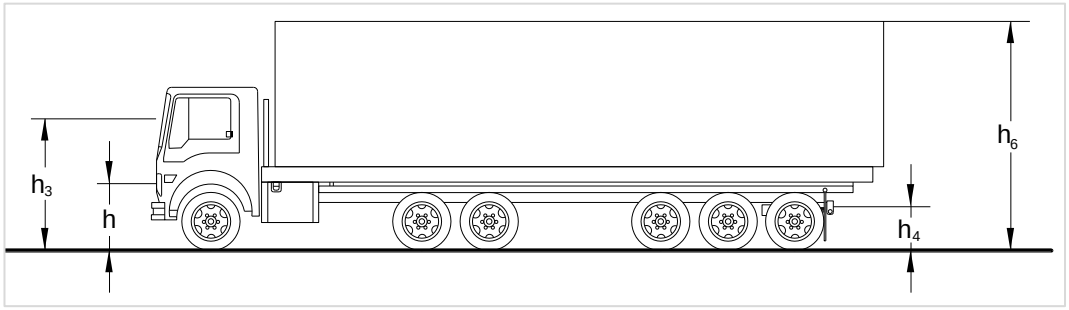


El vehículo ligero es el que más velocidad desarrolla y la altura del ojo de piloto es más baja, por tanto, estas características definirán las distancias de visibilidad de sobrepaso, parada, zona de seguridad en relación con la visibilidad en los cruces, altura mínima de barreras de seguridad y antideslumbrantes, dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento en zonas de estacionamiento, miradores o áreas de descanso.

202.03 Vehículos pesados

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h: altura de los faros delanteros: 0,60 m.
- h_3: altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2,50 m.
- h_4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.
- h_6: altura del techo del vehículo pesado: 4,10 m



En la **Tabla 202.01** se resumen los datos básicos de los vehículos de diseño.

El vehículo pesado tiene las características de sección y altura para determinar la sección de los carriles y su capacidad portante, radios y sobreanchos en curvas horizontales, alturas libres mínimas permisibles, necesidad de carriles adicionales, longitudes de incorporación, longitudes y proporción de aparcamientos para vehículos pesados en zonas de estacionamiento, miraderos o áreas de descanso.

Tabla 202.01

Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras

Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1,30	2,10	0,15	1,80	5,80	0,90	3,40	1,50	7,30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4,10	2,60	0,00	2,60	13,20	2,30	8,25	2,65	12,80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	14,00	2,40	7,55	4,05	13,70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	15,00	3,20	7,75	4,05	13,70
Ómnibus articulado (BA-1)	4,10	2,60	0,00	2,60	18,30	2,60	6,70 / 1,90 /4,00	3,10	12,80
Semirremolque simple (T2S1)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	6,00 /12,50	0,80	13,70
Remolque simple (C2R1)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	10,30 / 0,80 / 2,15 / 7,75	0,80	12,80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,40 / 6,80 /1,40 / 6,80	1,40	13,70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4,10	2,60	0,00	2,60	23,00	1,20	5,45 / 5,70 /1,40 / 2,15 / 5,70	1,40	13,70
Semirremolque simple (T3S3)	4,10	2,60	0,00	2,60	20,50	1,20	5,40 / 11,90	2,00	1

202.04 Giro mínimo de vehículos tipo

El espacio mínimo absoluto para ejecutar un giro de 180º en el sentido del movimiento de las agujas del reloj, queda definido por la trayectoria que sigue la rueda delantera izquierda del vehículo (trayectoria exterior) y por la rueda trasera derecha (trayectoria interior). Además de la trayectoria exterior, debe considerarse el espacio libre requerido por la sección en volado que existe entre el primer eje y el parachoques, o elemento más sobresaliente.

La trayectoria exterior queda determinada por el radio de giro mínimo propio del vehículo y es una característica de fabricación.

La trayectoria interior depende de la trayectoria exterior, del ancho del vehículo, de la distancia entre el primer y último eje y de la circunstancia que estos ejes pertenecen a un camión del tipo unidad rígida o semirremolque articulado.

De esta forma camiones y ómnibus en general, requerirán dimensiones geométricas más generosas que en el caso de vehículos ligeros. Ello se debe a que, en su mayoría, los primeros son más anchos, tienen distancias entre ejes más largas y mayor radio mínimo de giro, que son las principales dimensiones de los vehículos que afectan el alineamiento horizontal y la sección transversal

En las **Figuras 202.01** a **202.54** se ilustran las trayectorias mínimas obtenidas para los vehículos tipo con las dimensiones máximas establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos.

En las **Tablas 202.02** a **202.11** se incluyen los radios máximos y mínimos y los ángulos para las seis trayectorias descritas.

Tabla 202.02

Vehículo ligero (VL) Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	Rmáx exterior vehículo (E)	Rmín interior vehículo (I)	Rmín Interior Rueda (J)	Ángulo máximo dirección
30º	7,76 m	5,14 m	5,28 m	17,8º
60º	7,84 m	4,73 m	4,88 m	24,2º
90º	7,87 m	4,59 m	4,74 m	26,4º
120º	7,88 m	4,54 m	4,69 m	27,3º
150º	7,88 m	4,52 m	4,67 m	27,6º
180º	7,88 m	4,51 m	4,66 m	27,7º

Similar a "Minimum Turning Path for Passenger Car (P) Design Vehicle", en la norma AASTHO.

Figura 202.01

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 30º

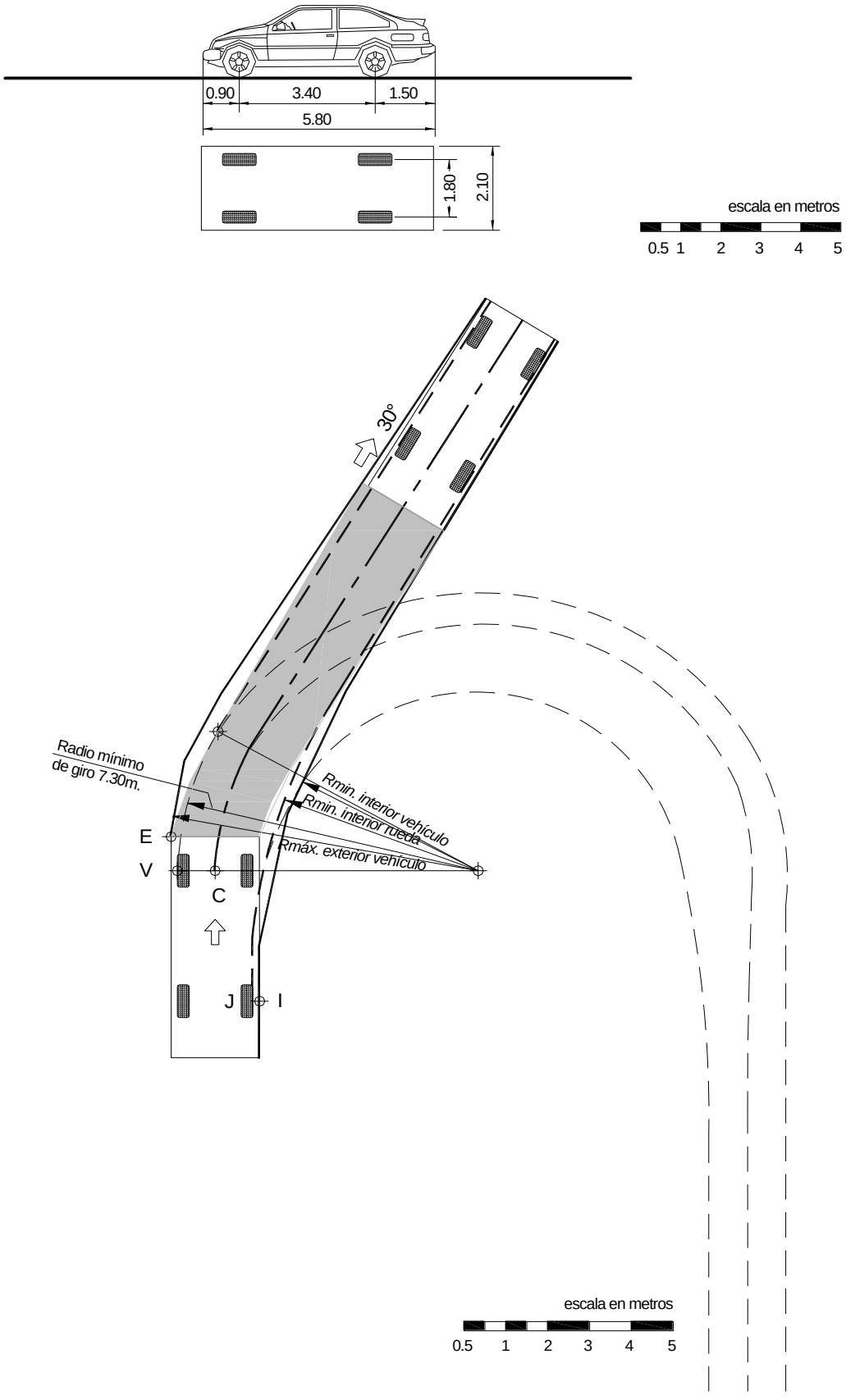


Figura 202.02

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 60º

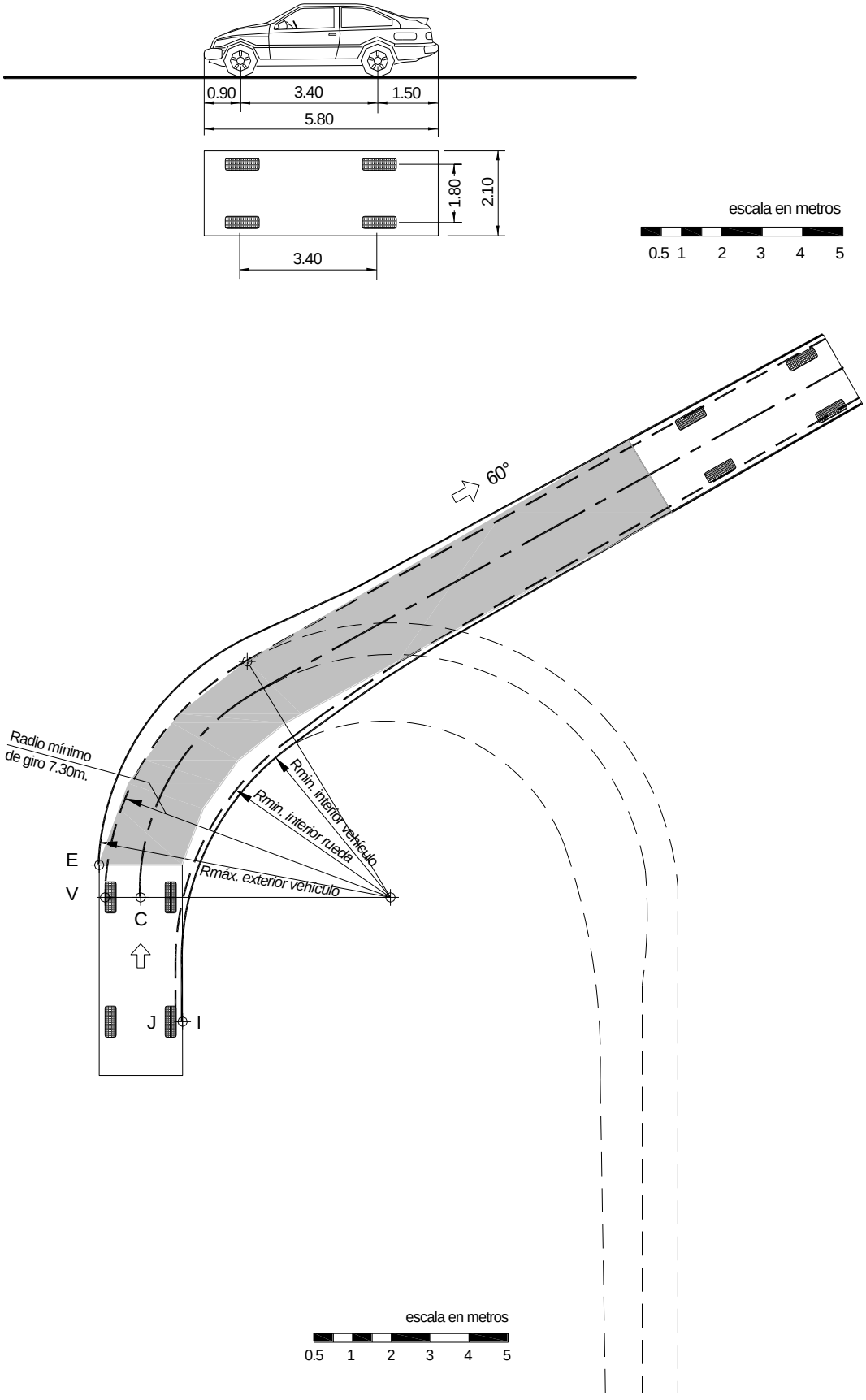


Figura 202.03

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 90º

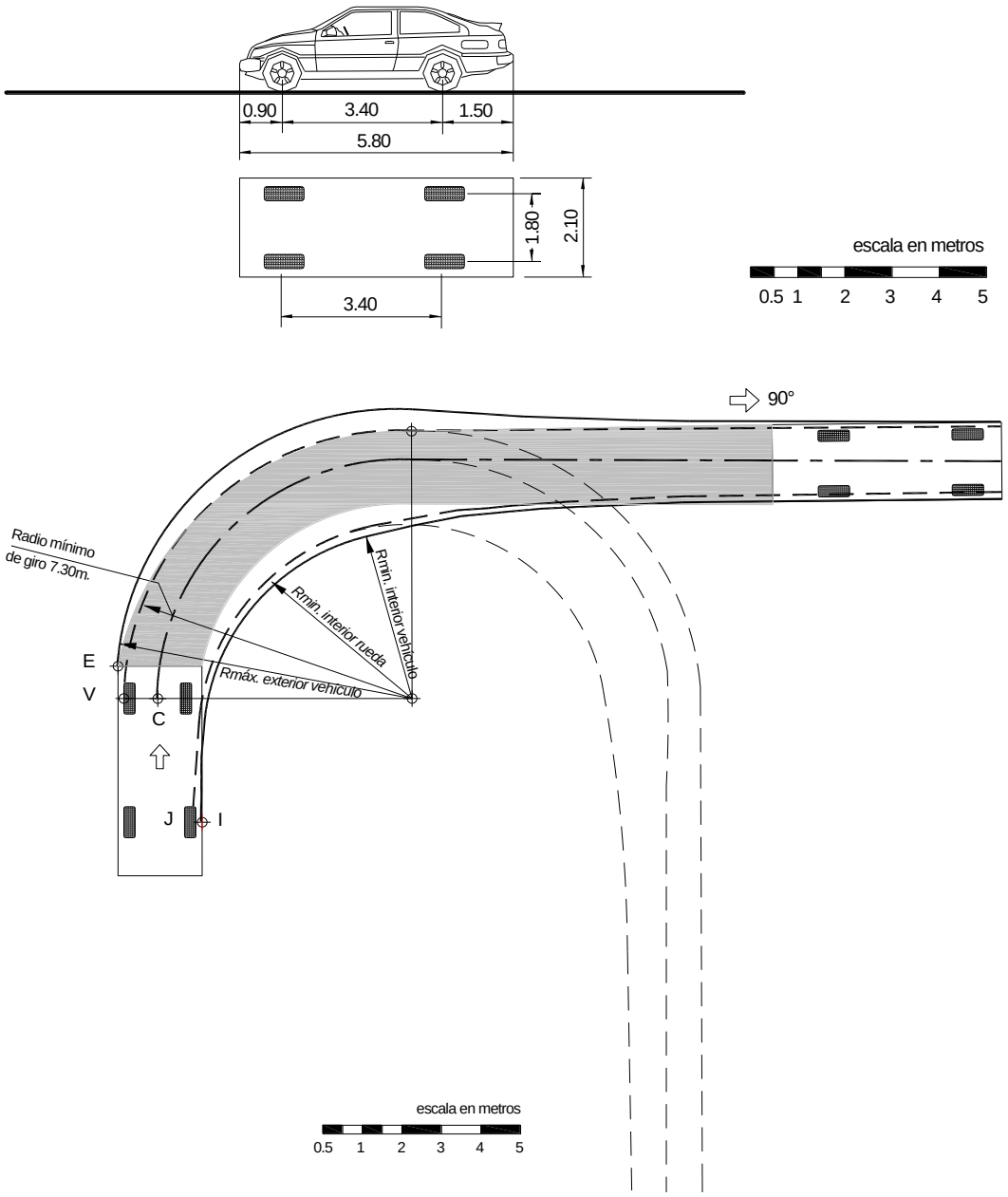


Figura 202.04

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 120º

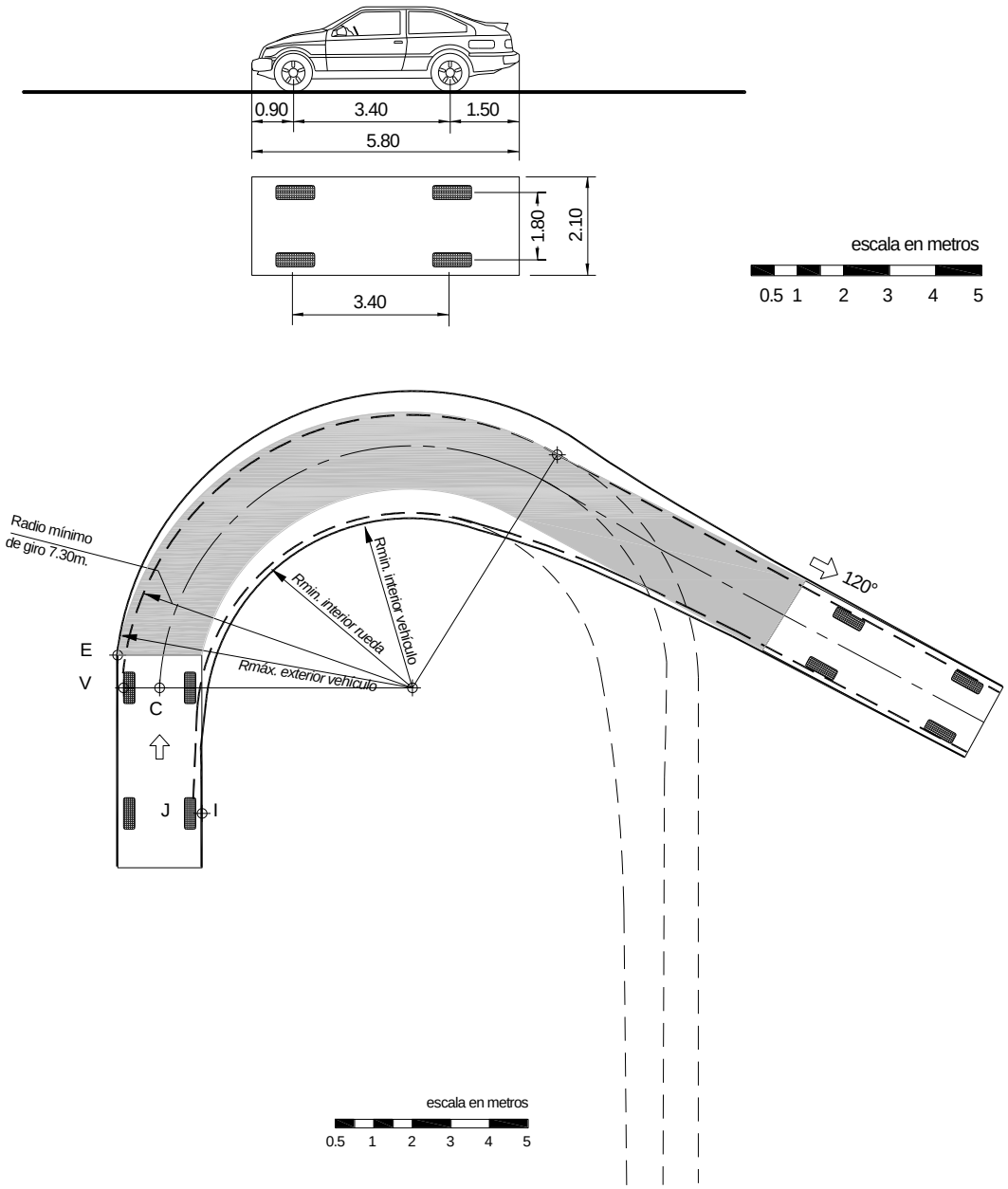


Figura 202.05

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 150º

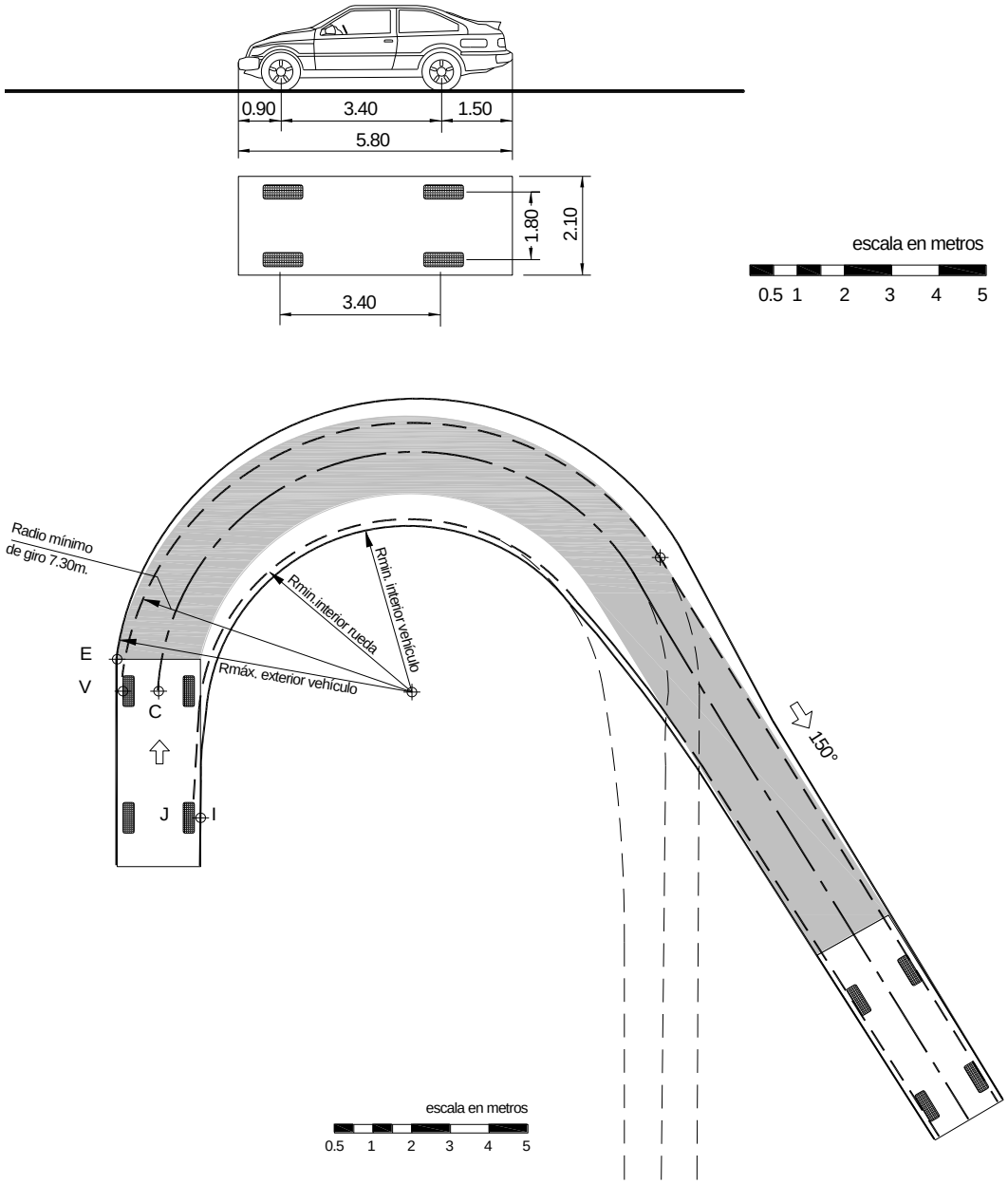


Figura 202.06

Giro mínimo para vehículos ligeros (VL) Trayectoria 180º

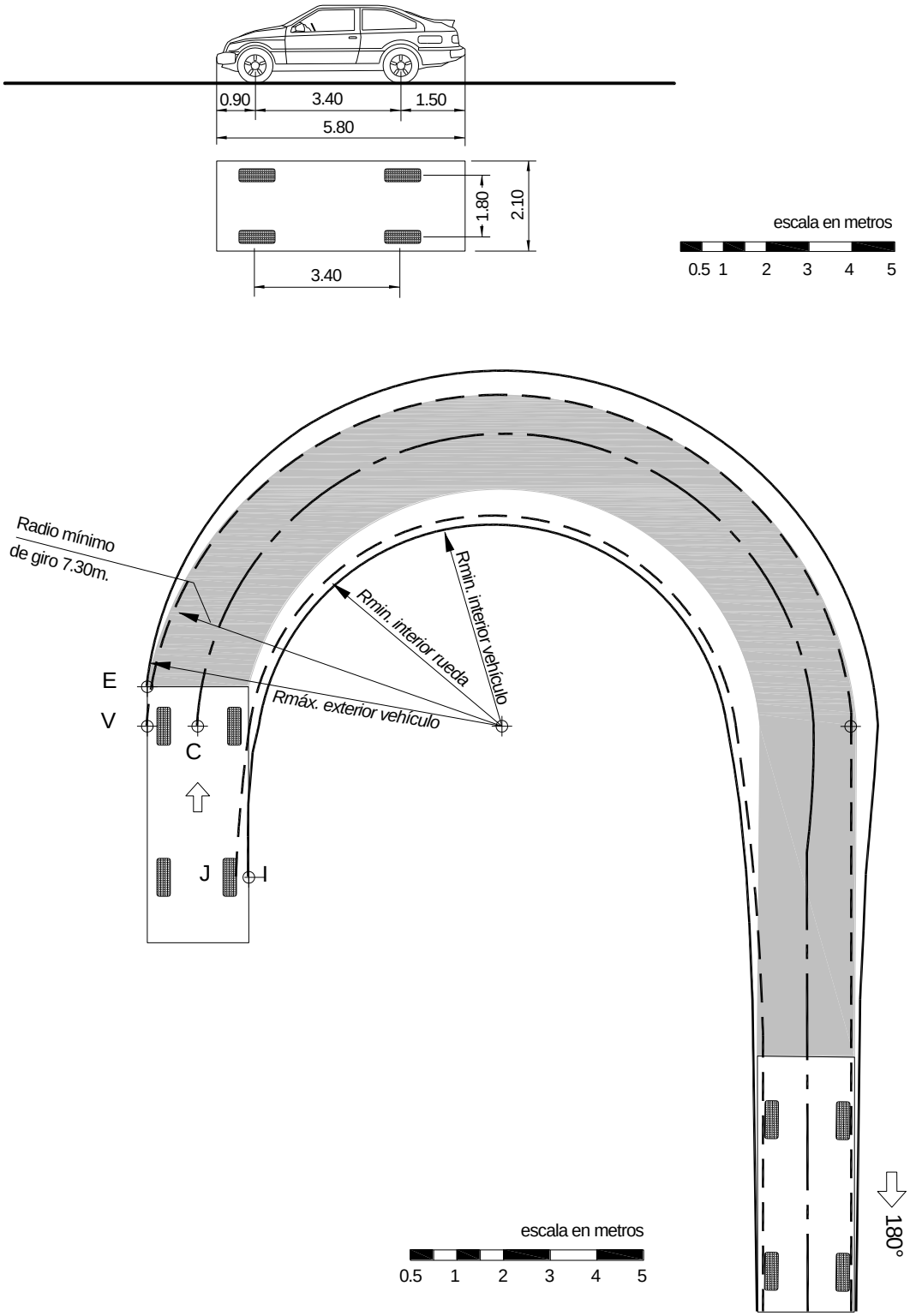


Tabla 202.03

Ómnibus de dos ejes (B2)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx Exterior vehículo (E)	R mín Interior Rueda (J)	Ángulo Máximo dirección
30º	13,76 m	10,17 m	20,2º
60º	14,09 m	8,68 m	30,0º
90º	14,24 m	7,96 m	34,9º
120º	14,31 m	7,59 m	37,4º
150º	14,35 m	7,40 m	38,7º
180º	14,37 m	7,30 m	39,3º

Similar a "Minimum Turning Path for City Transit Bus (CITY-BUS) Design Vehicle" en la norma AASTHO.

Figura 202.07

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 30º

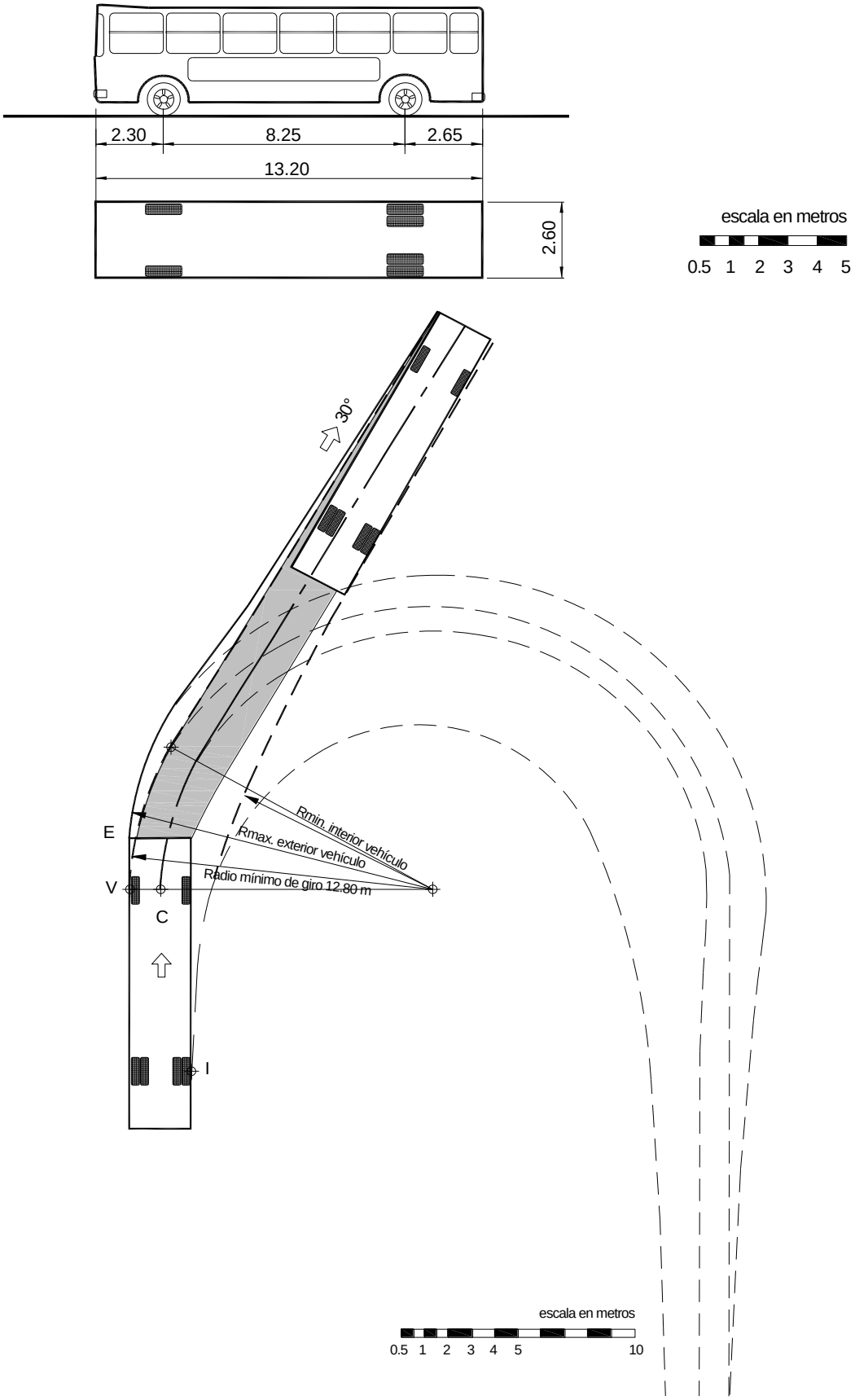


Figura 202.08

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 60º

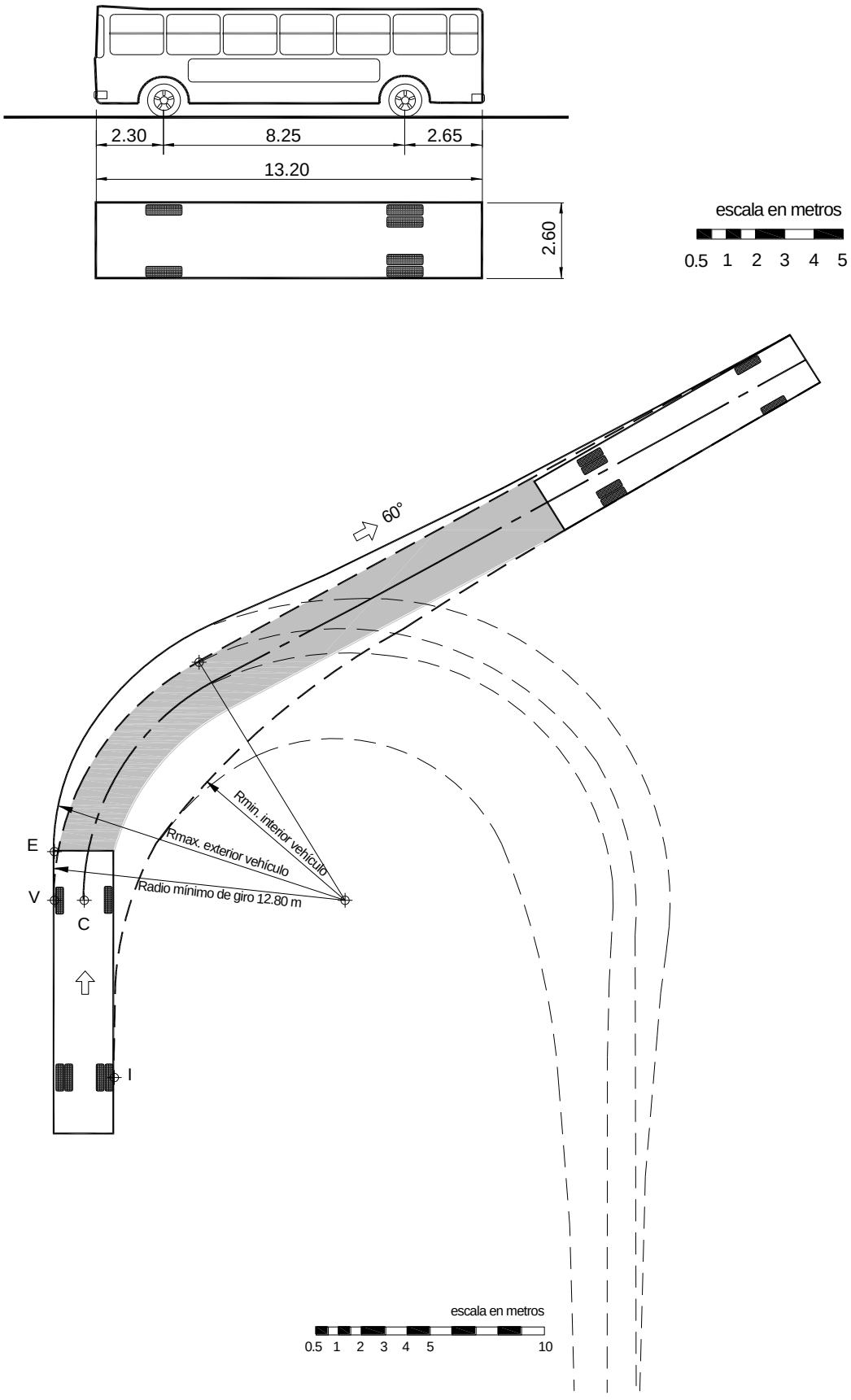


Figura 202.09

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 90º

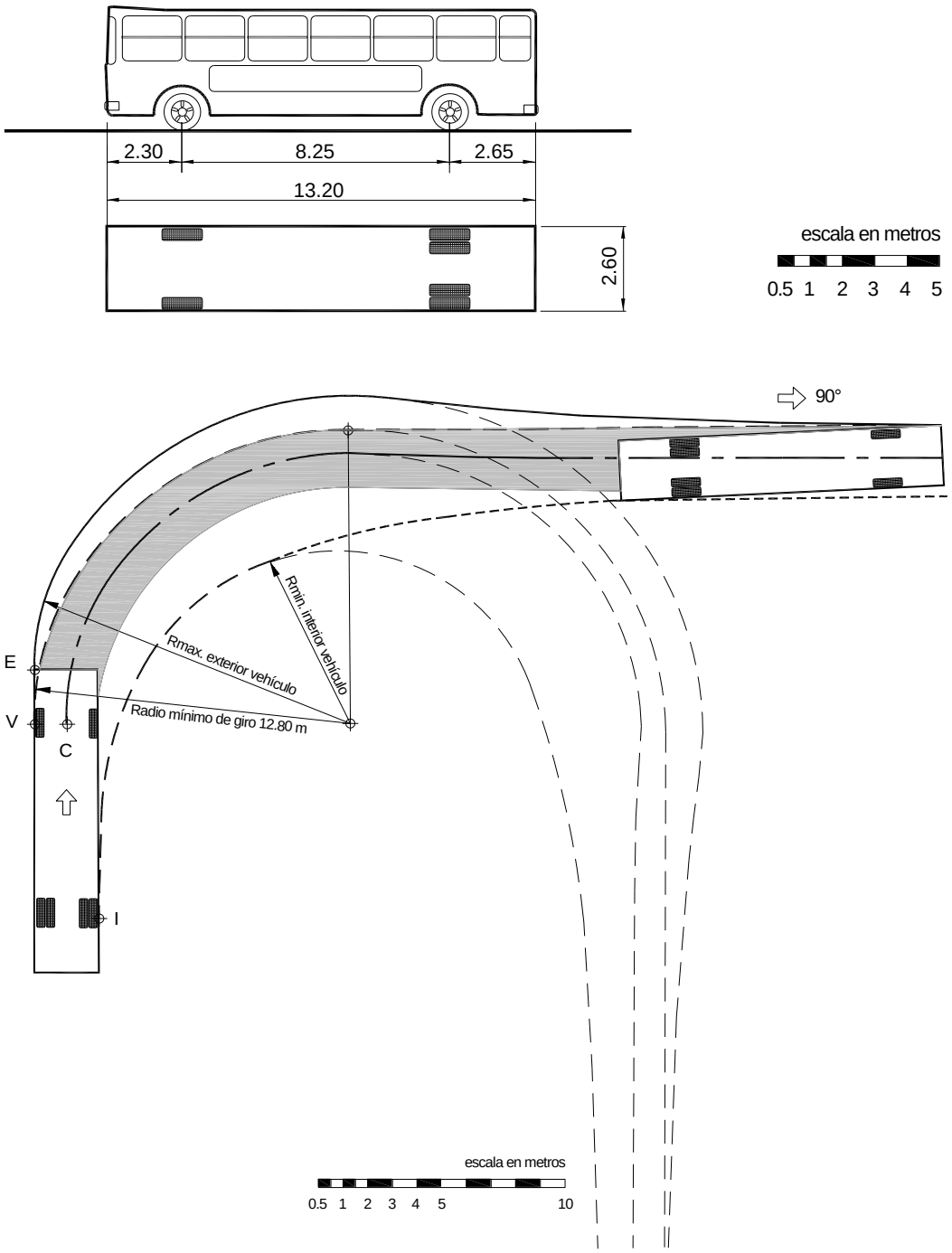


Figura 202.10

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 120º

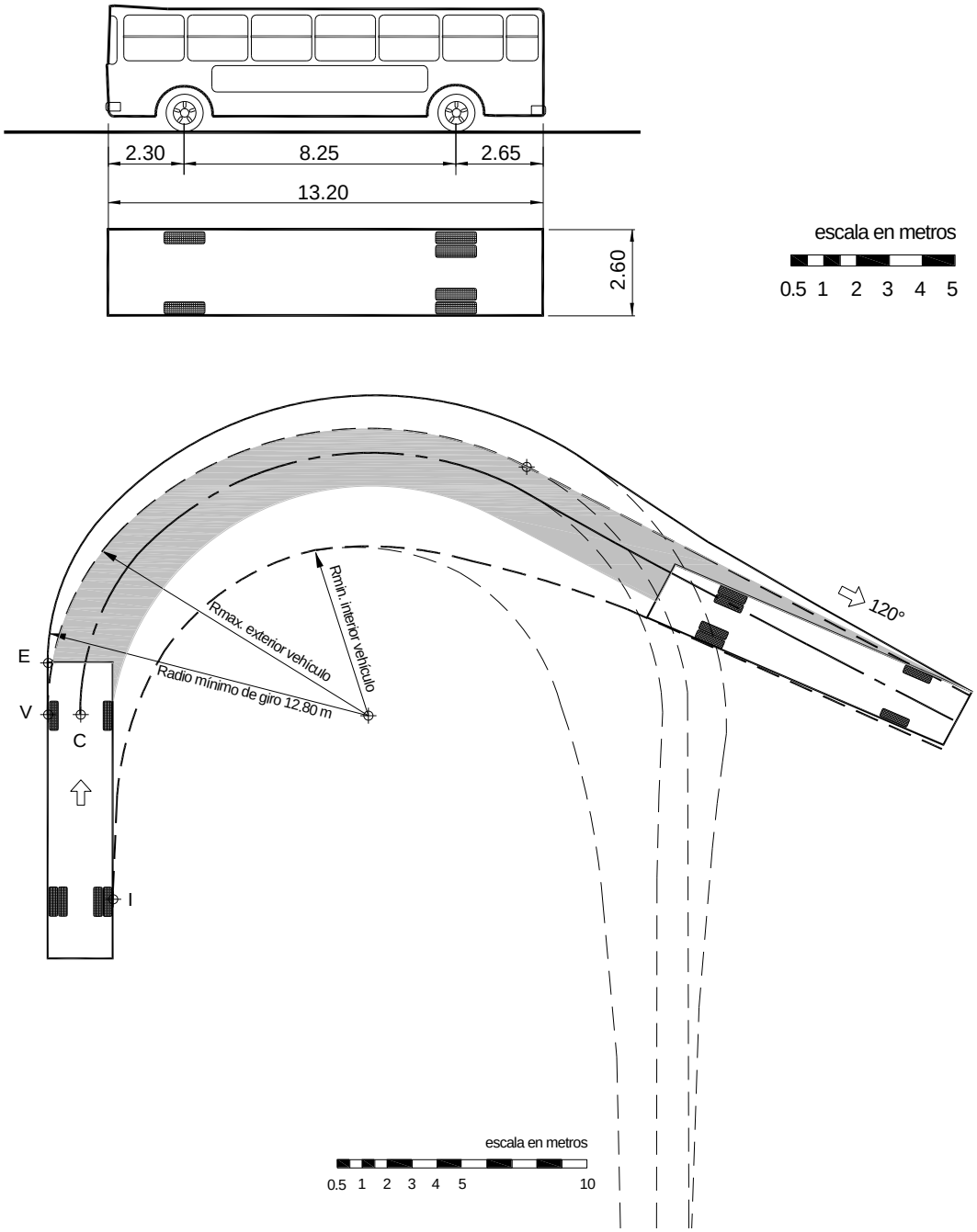


Figura 202.11

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 150º

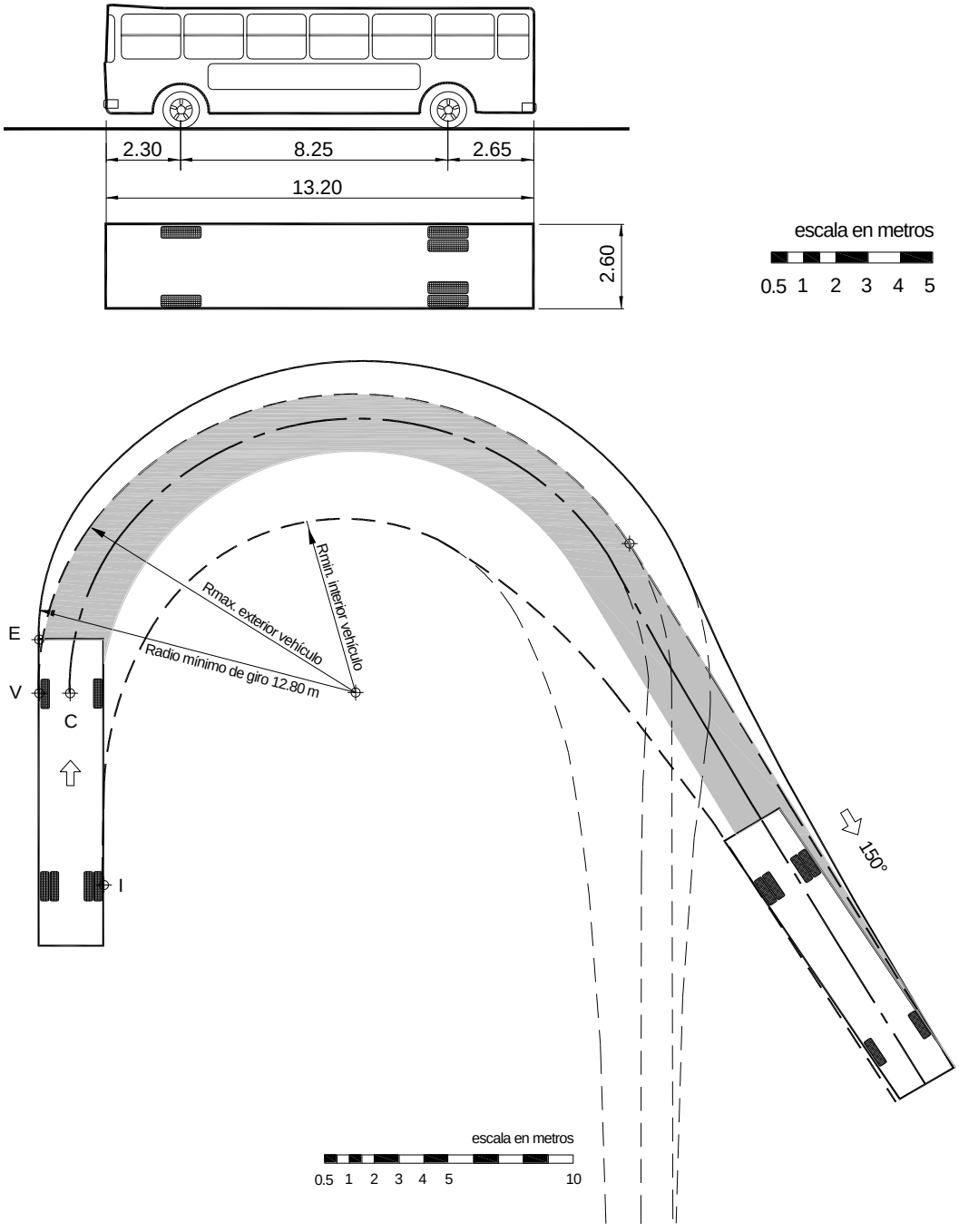


Figura 202.12

Giro mínimo para ómnibus de dos ejes (B2) Trayectoria 180º

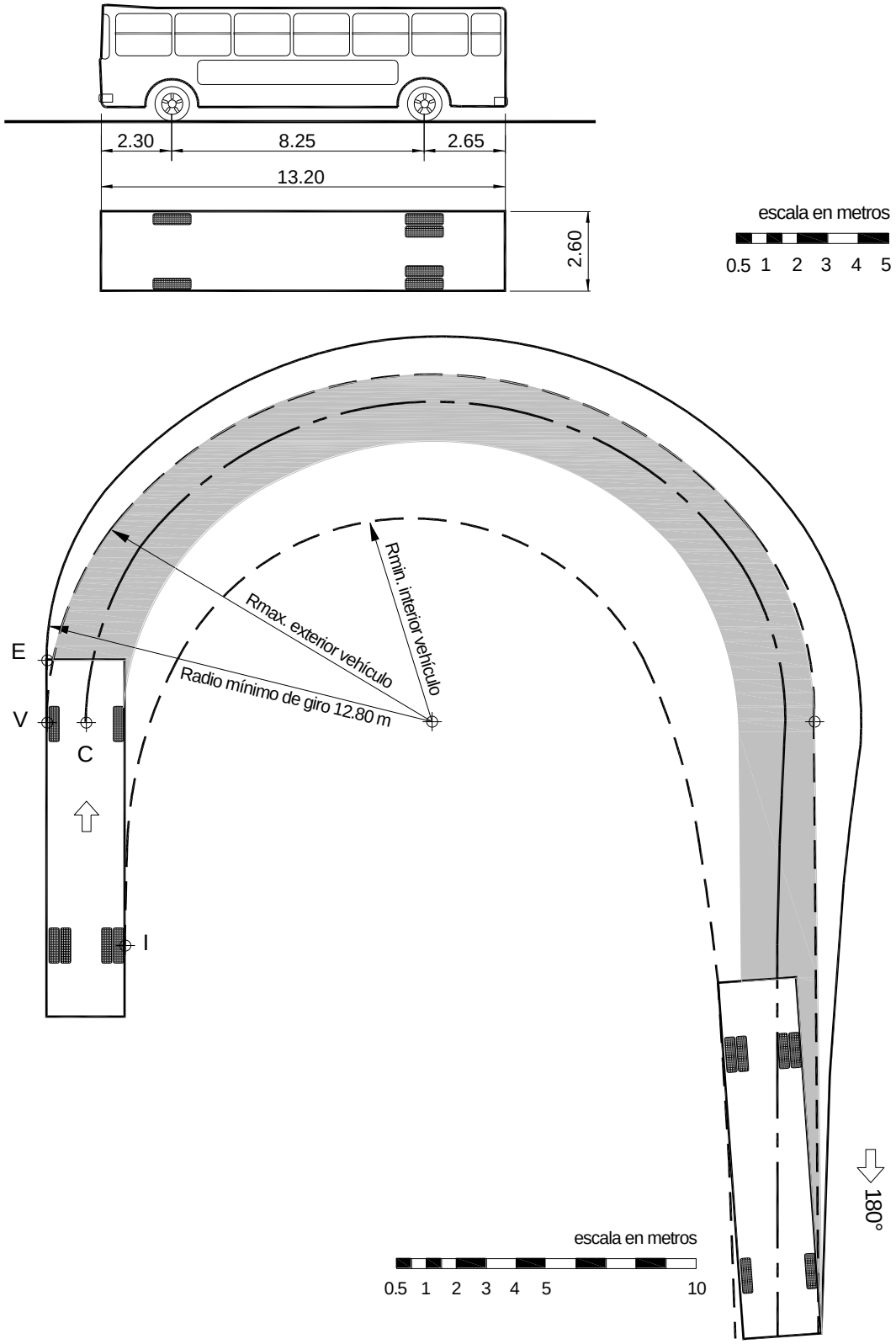


Tabla 202.04

Ómnibus de tres ejes (B3-1)
Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior Vehículo (E)	R mín. interior Rueda (J)	Ángulo máximo dirección
30º	14,66 m	10,80 m	19,1º
60º	14,95 m	9,67 m	27,2º
90º	15,07 m	9,20 m	30,7º
120º	15,12 m	9,00 m	32,2º
150º	15,14 m	8,91 m	32,9º
180º	15,15 m	8,87 m	33,2º

Similar a "Minimum Turning Path for Intercity Bus (BUS-14 [BUS-45]) Design Vehicle" en la norma AASTHO.

Figura 202.13

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 30º

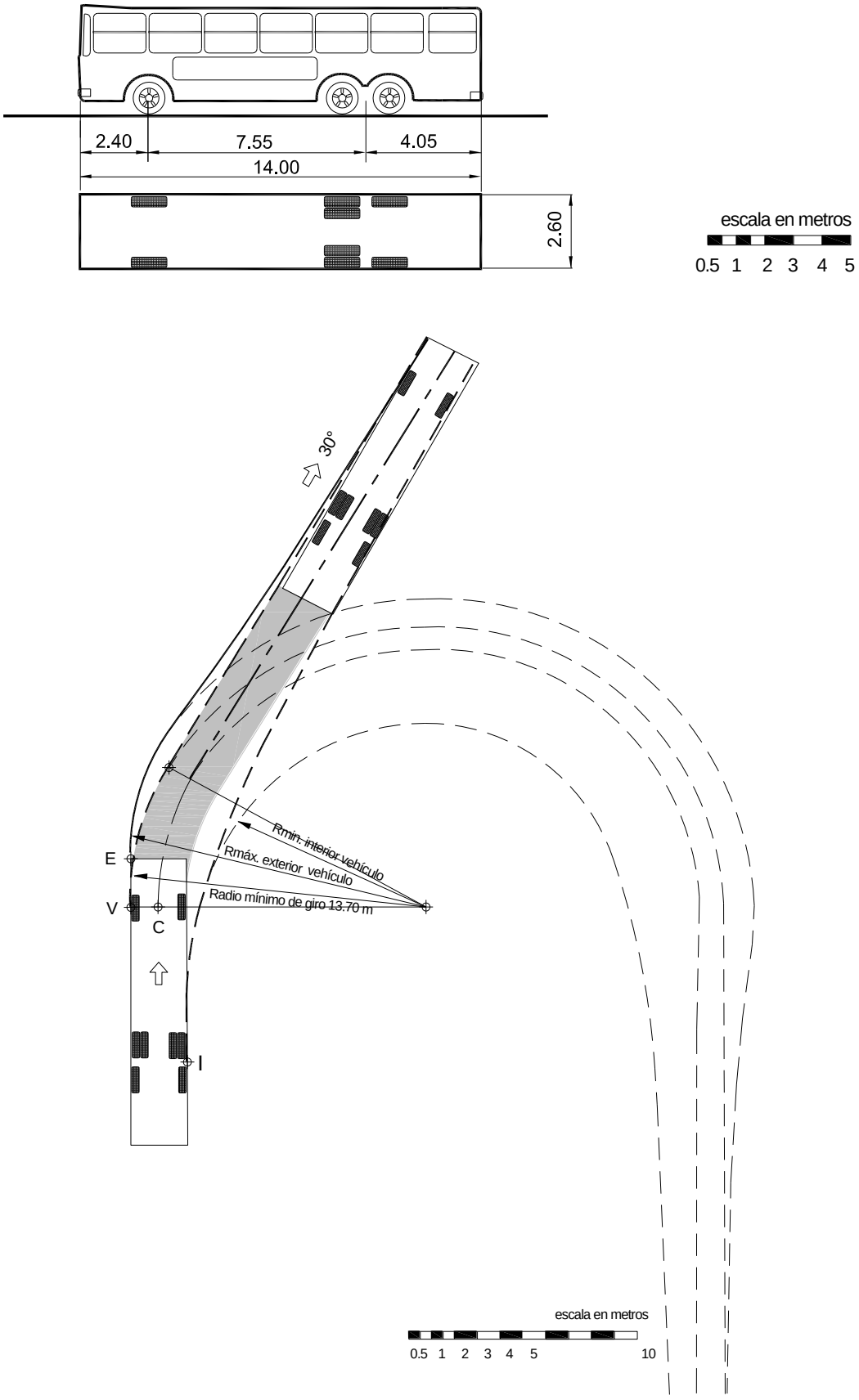


Figura 202.14

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 60º

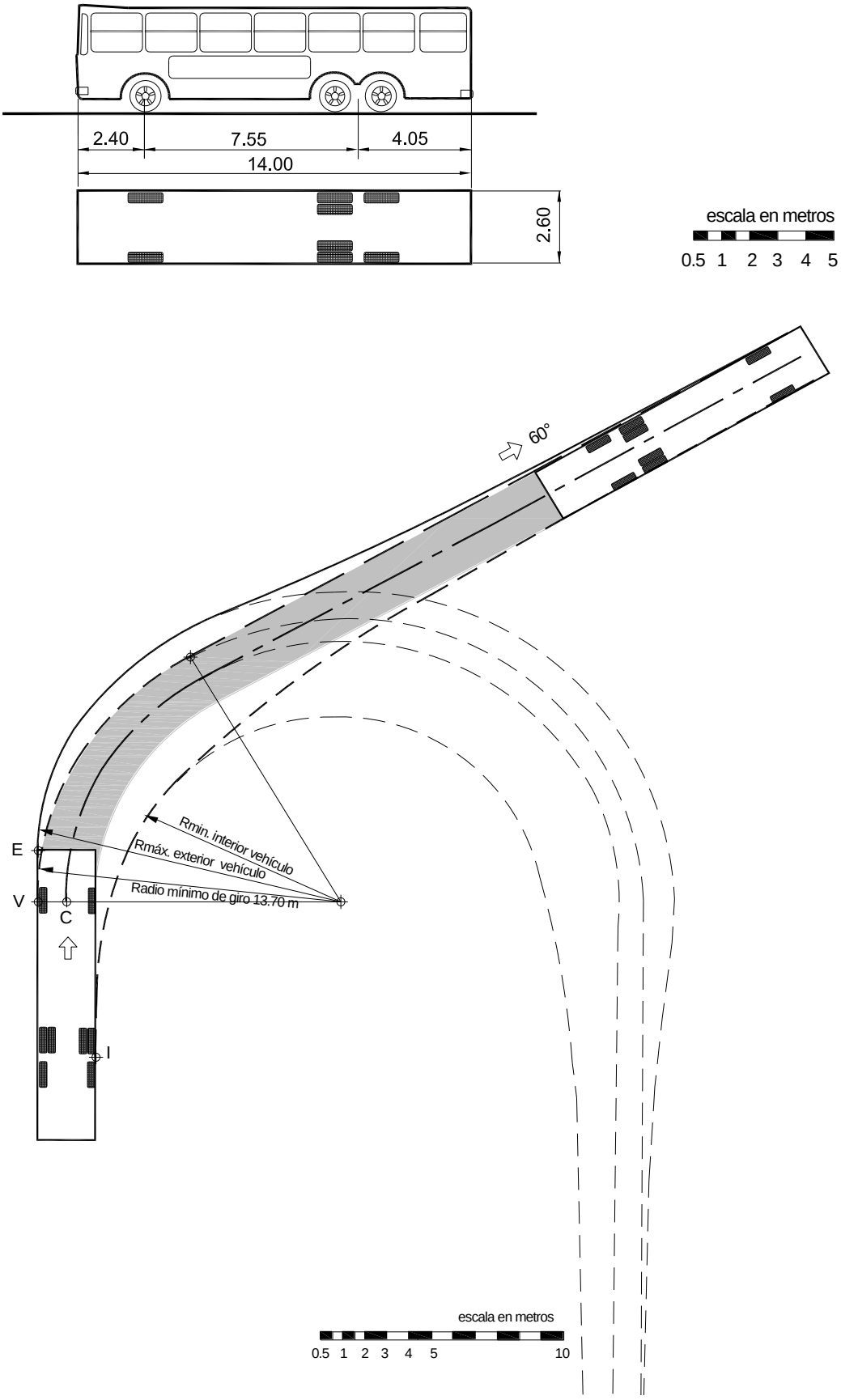


Figura 202.15

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 90º

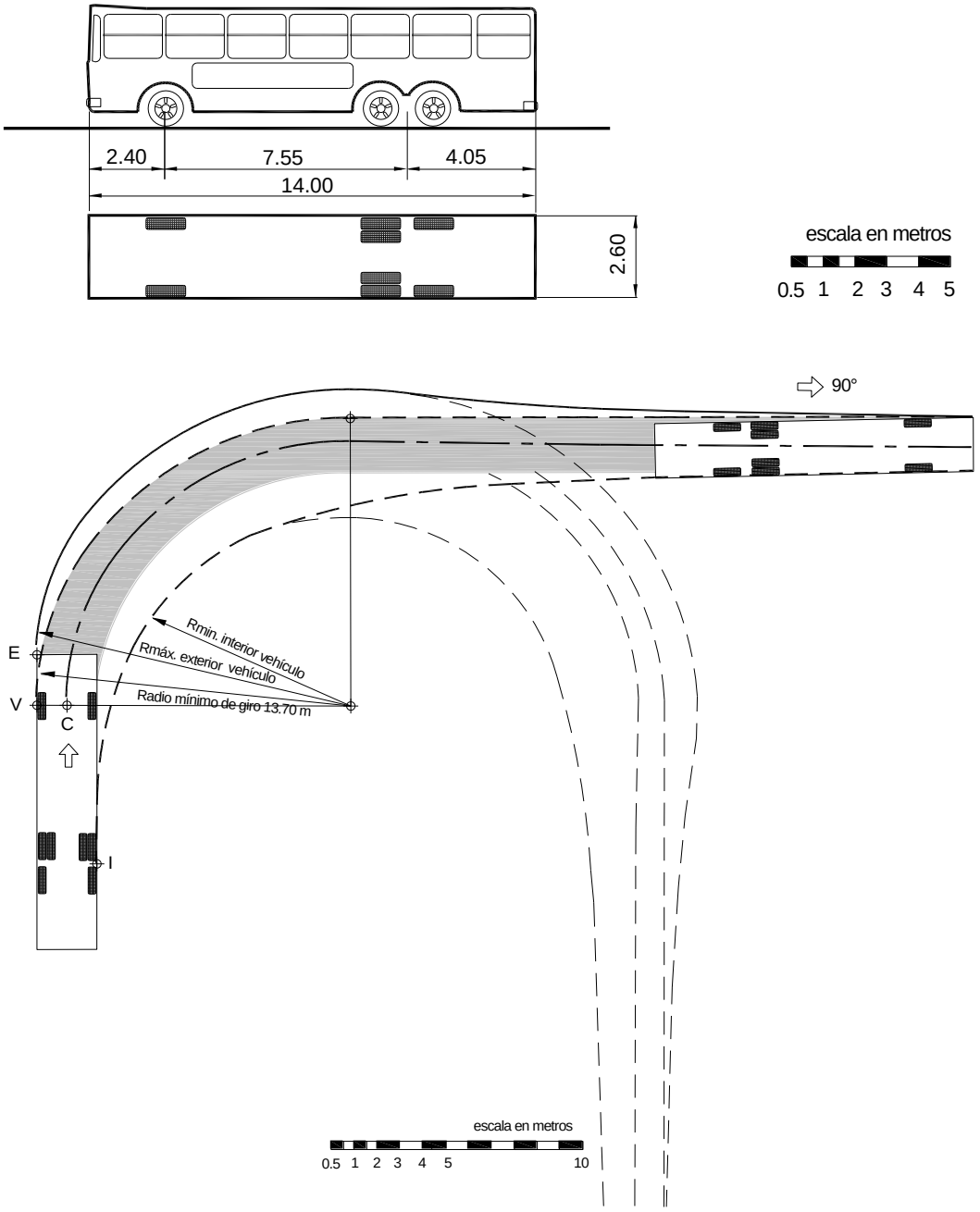


Figura 202.16

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 120º

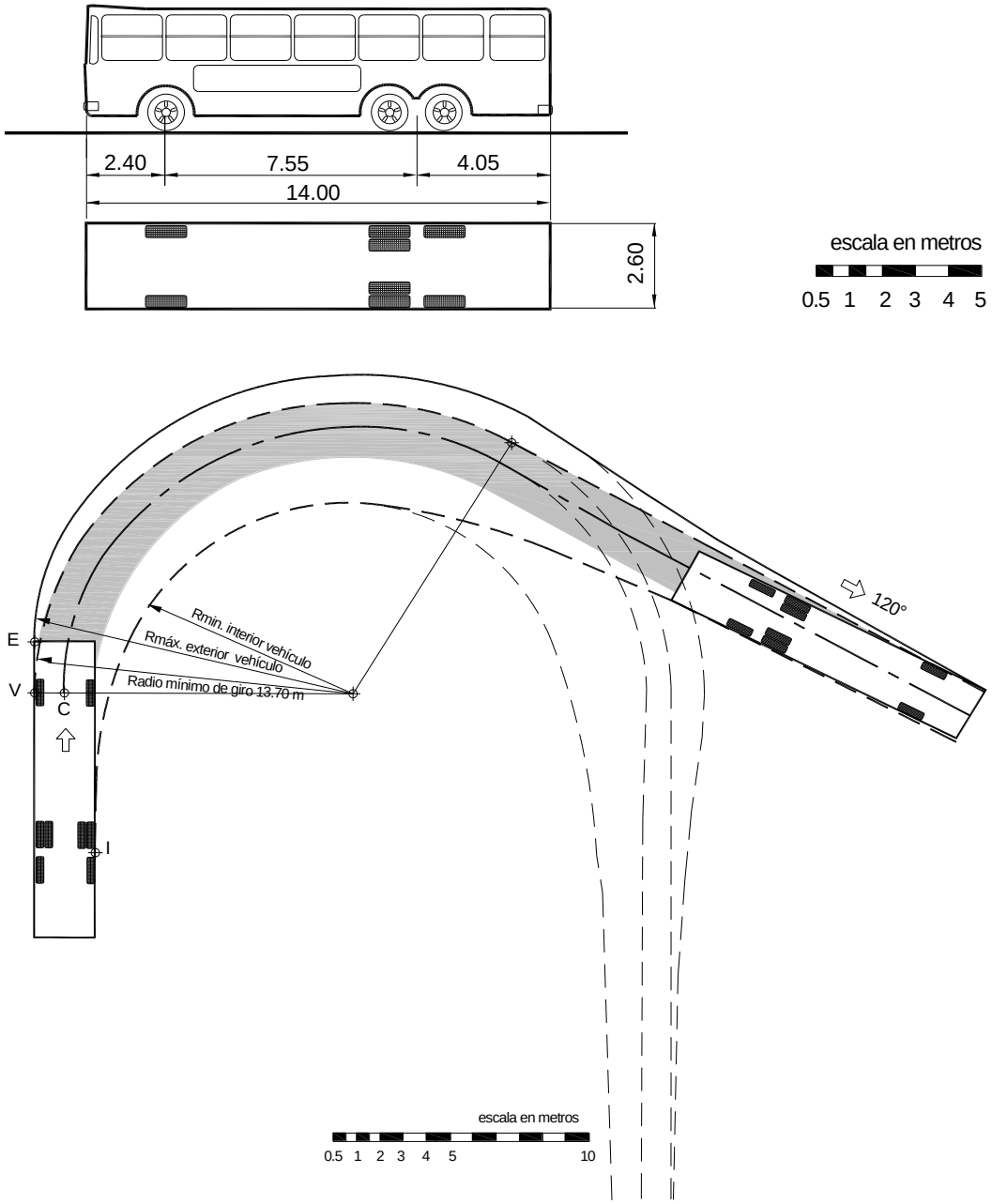


Figura 202.17

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 150º

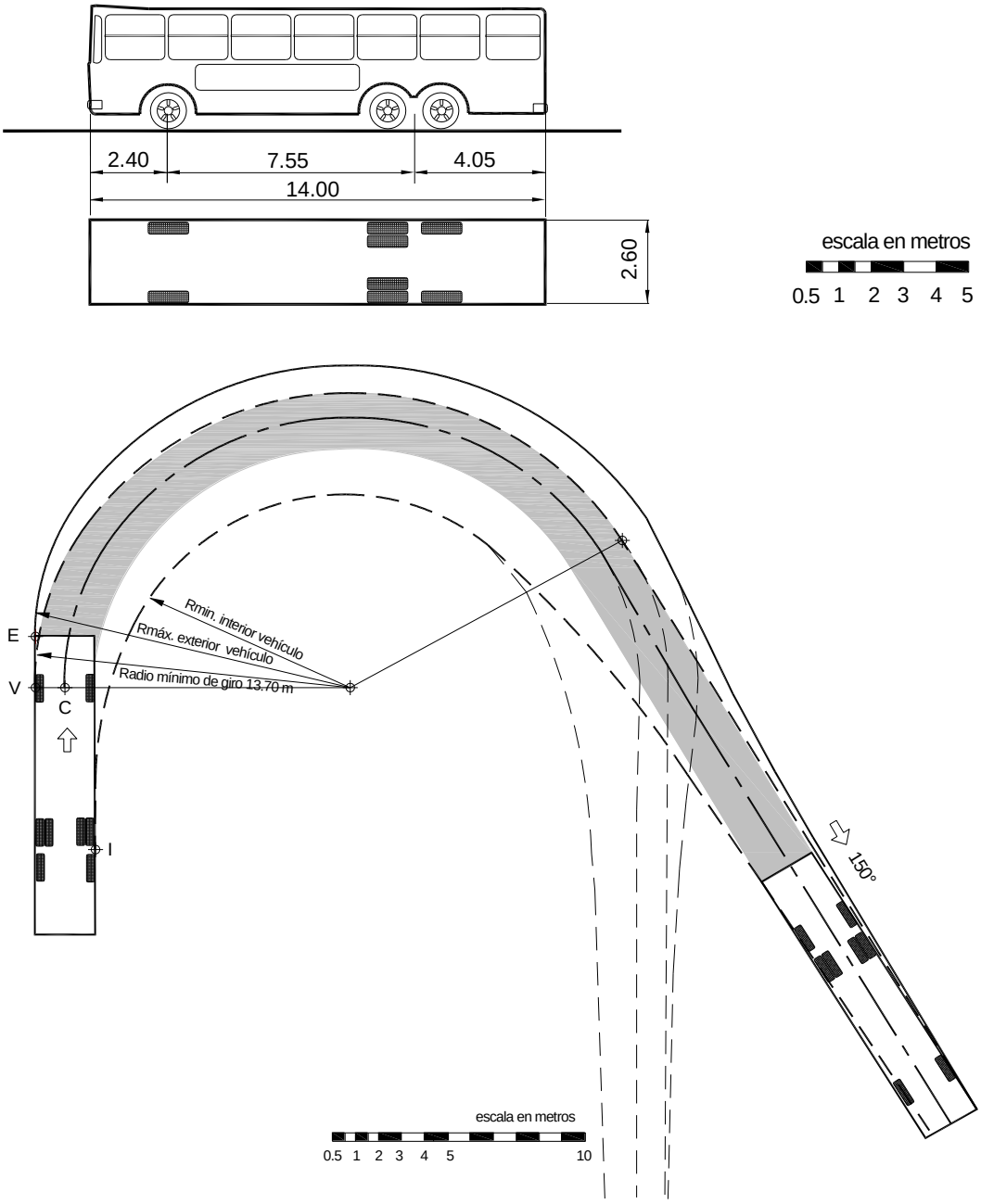


Figura 202.18

Giro mínimo para ómnibus de tres ejes (B3-1) Trayectoria 180º

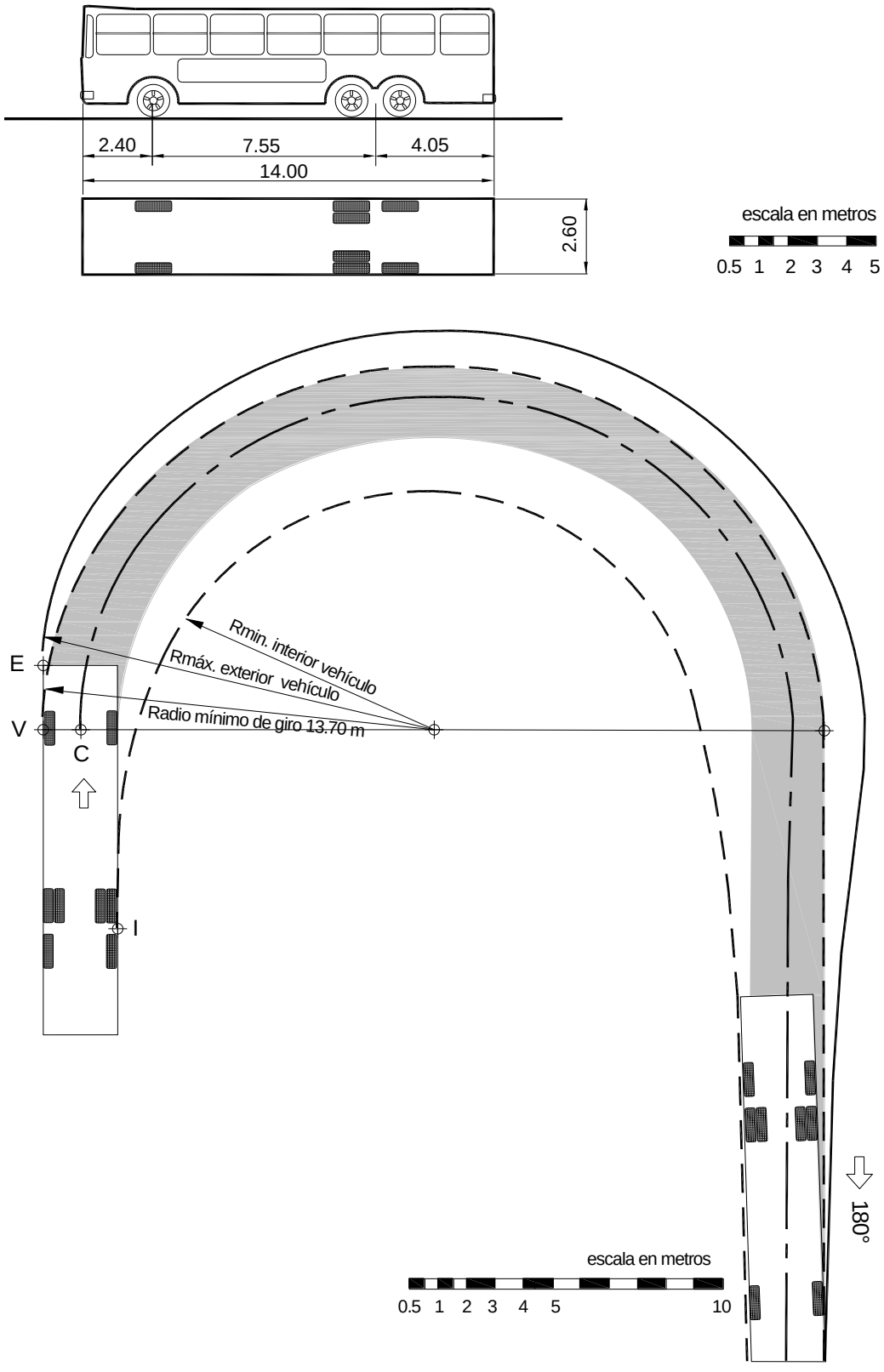


Tabla 202.05

Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior vehículo (E)	R mín. Interior rueda (J)	Ángulo máximo dirección
30º	15,06 m	10,83 m	19,3º
60º	15,45 m	9,63 m	27,7º
90º	15,61 m	9,12 m	31,4º
120º	15,68 m	8,89 m	33,0º
150º	15,70 m	8,79 m	33,8º
180º	15,72 m	8,74 m	34,1º

Figura 202.19

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 30º

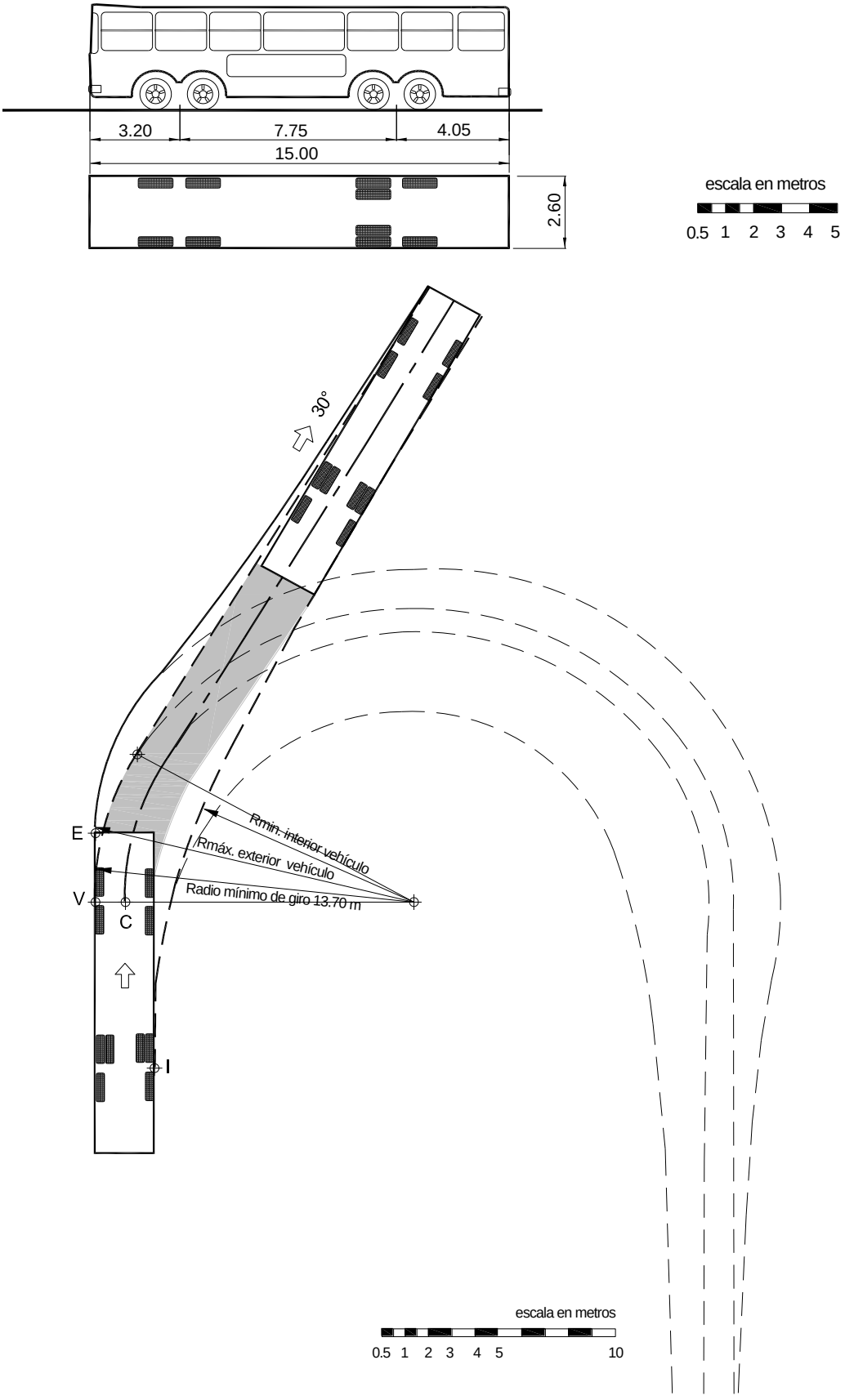


Figura 202.20

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 60º

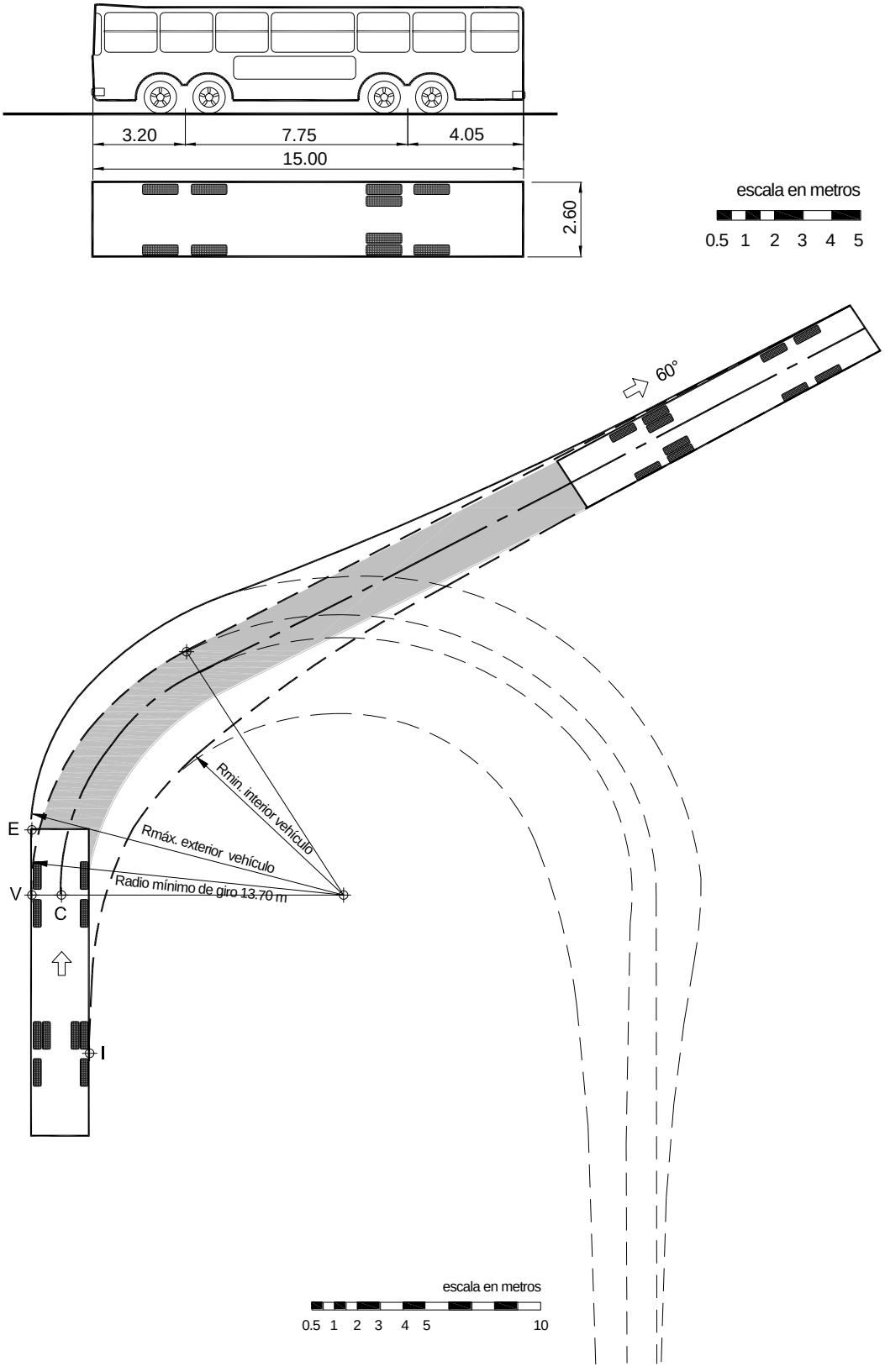


Figura 202.21

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 90º

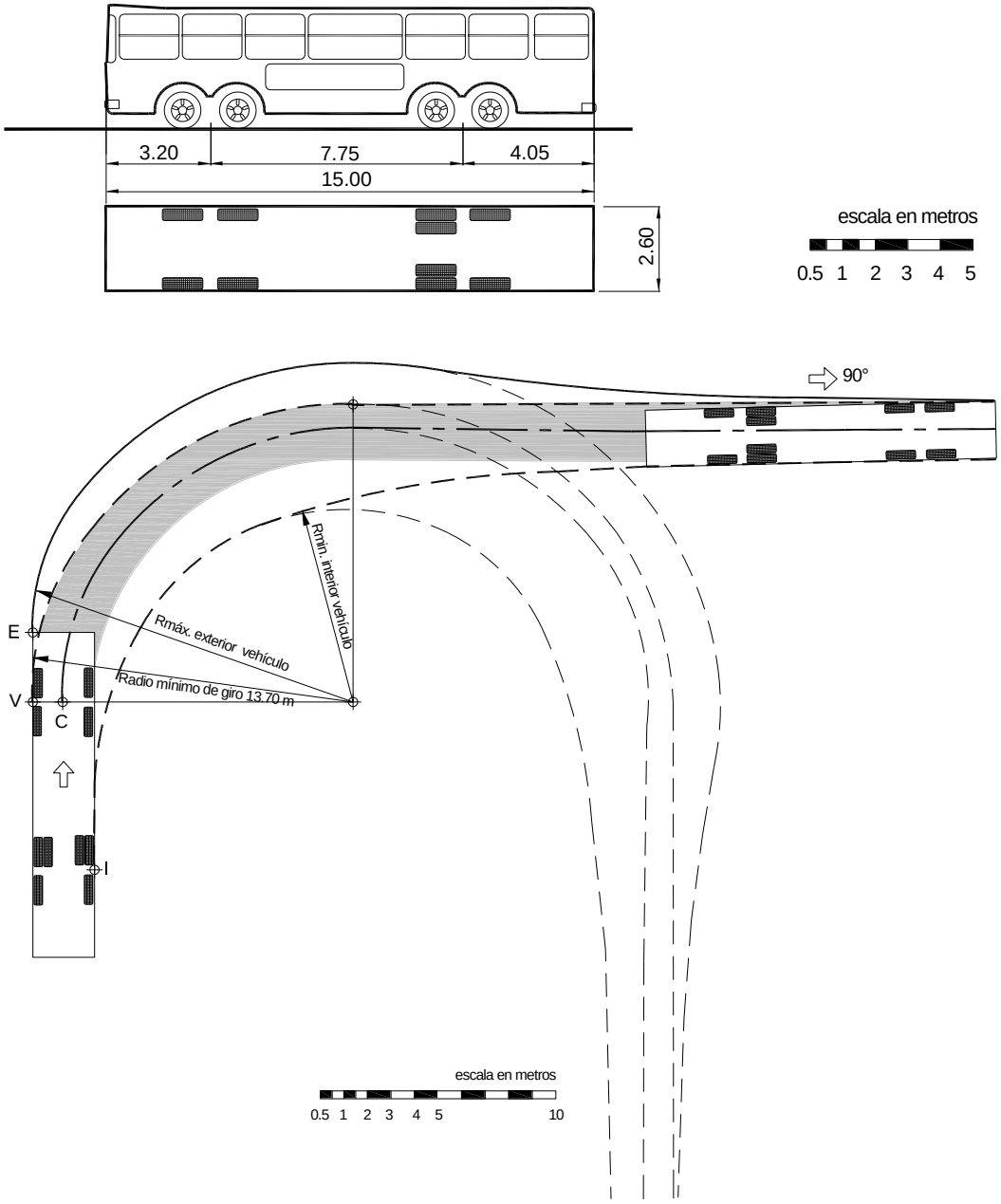


Figura 202.22

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 120º

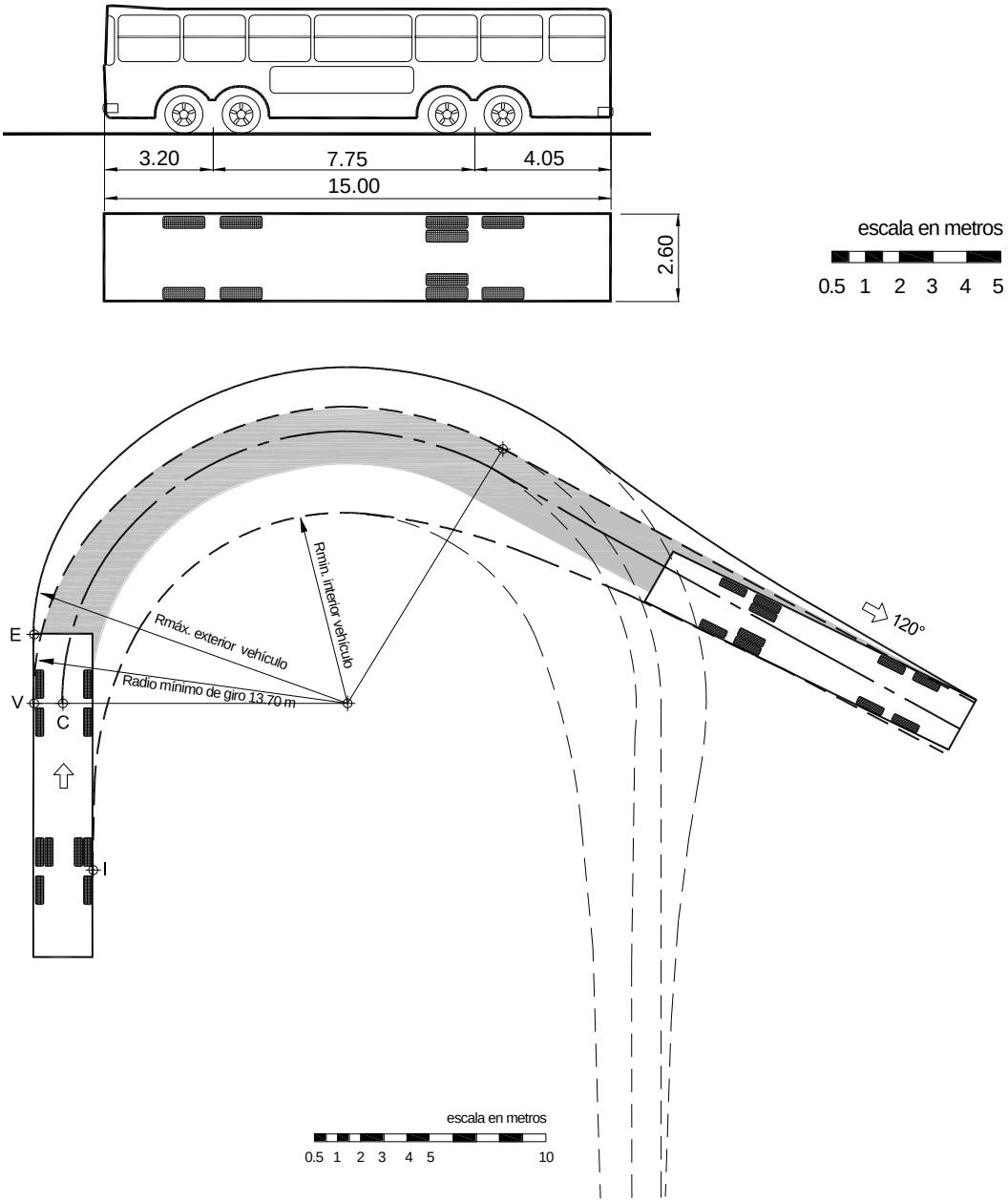


Figura 202.23

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 150º

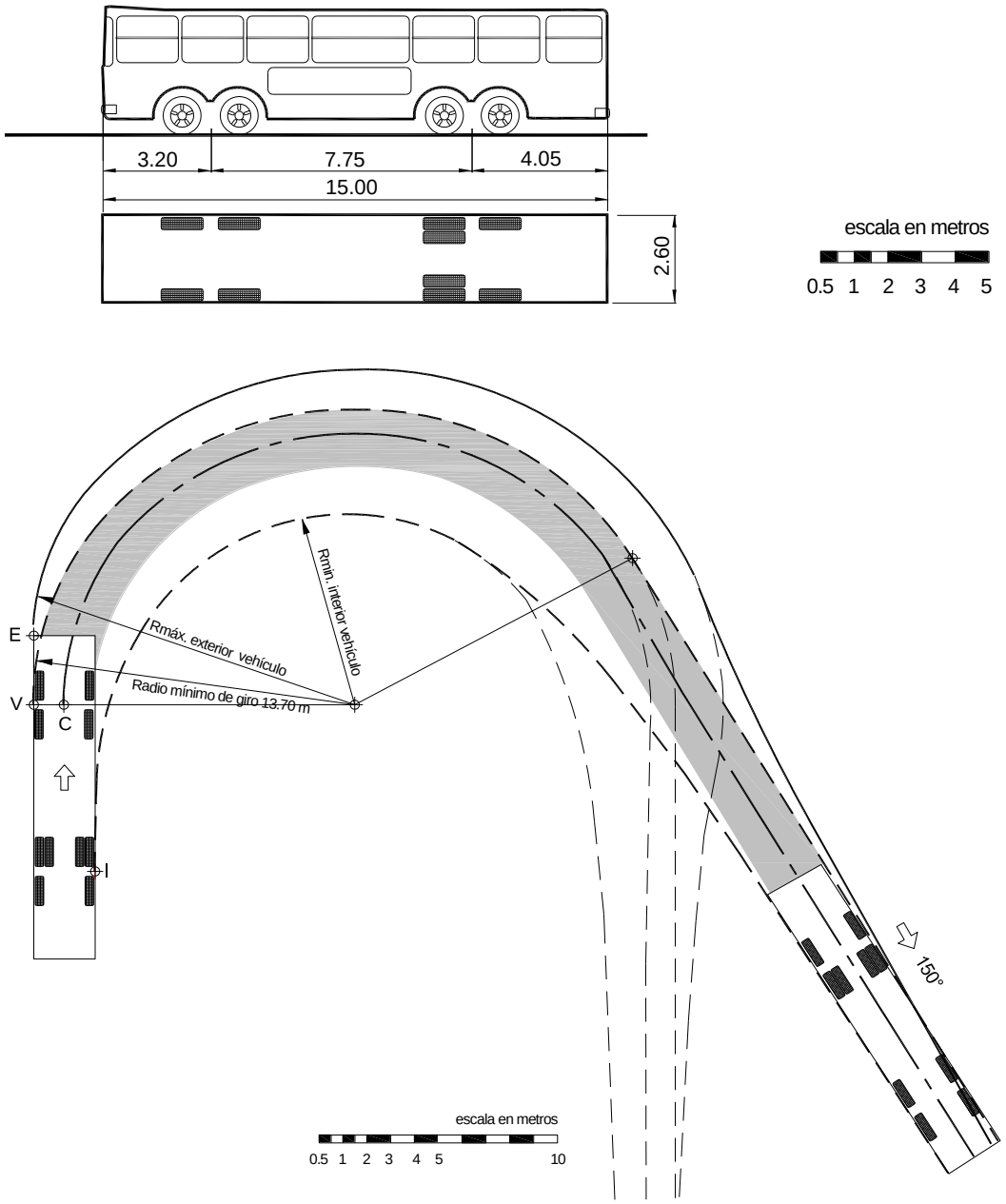


Figura 202.24

Giro mínimo para ómnibus de cuatro ejes (B4-1) Trayectoria 180º

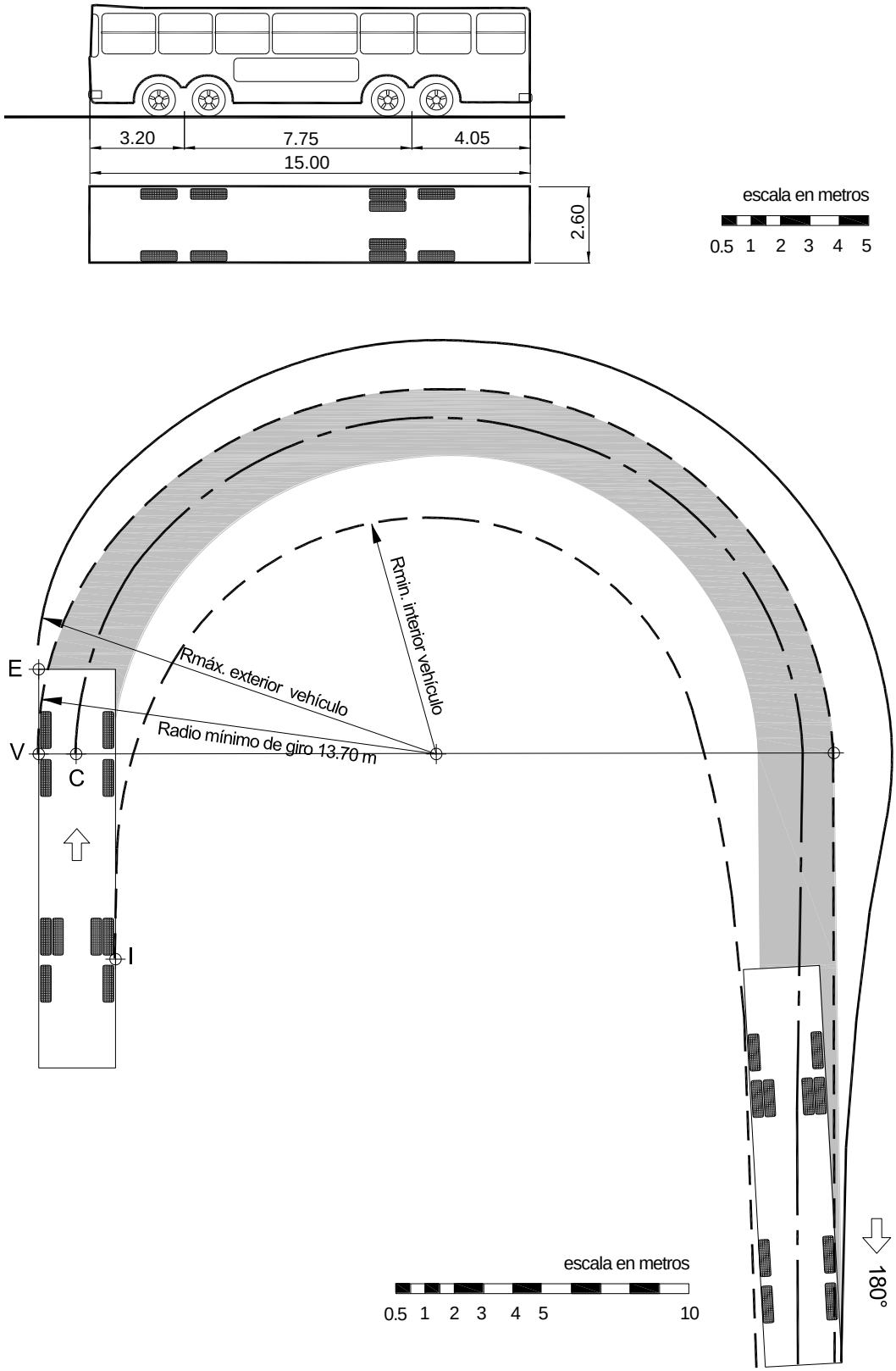


Tabla 202.06

Ómnibus articulado (BA-1)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. exterior vehículo (E)	R mín. interior vehículo (I)	Ángulo Máximo dirección	Ángulo Máximo articulación
30º	13,66 m	9,06 m	19,0º	11,6º
60º	14,08 m	8,41 m	26,4º	21,3º
90º	14,25 m	8,05 m	29,4º	27,5º
120º	14,30 m	7,86 m	30,6	30,9º
150º	14,32 m	7,76 m	31,2º	32,7º
180º	14,33 m	7,72 m	31,4º	33,6º

Similar a "Minimum Turning Path for Articulated Bus (A-BUS) Design Vehicle" en la norma AASTHO.

Figura 202.25

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 30º

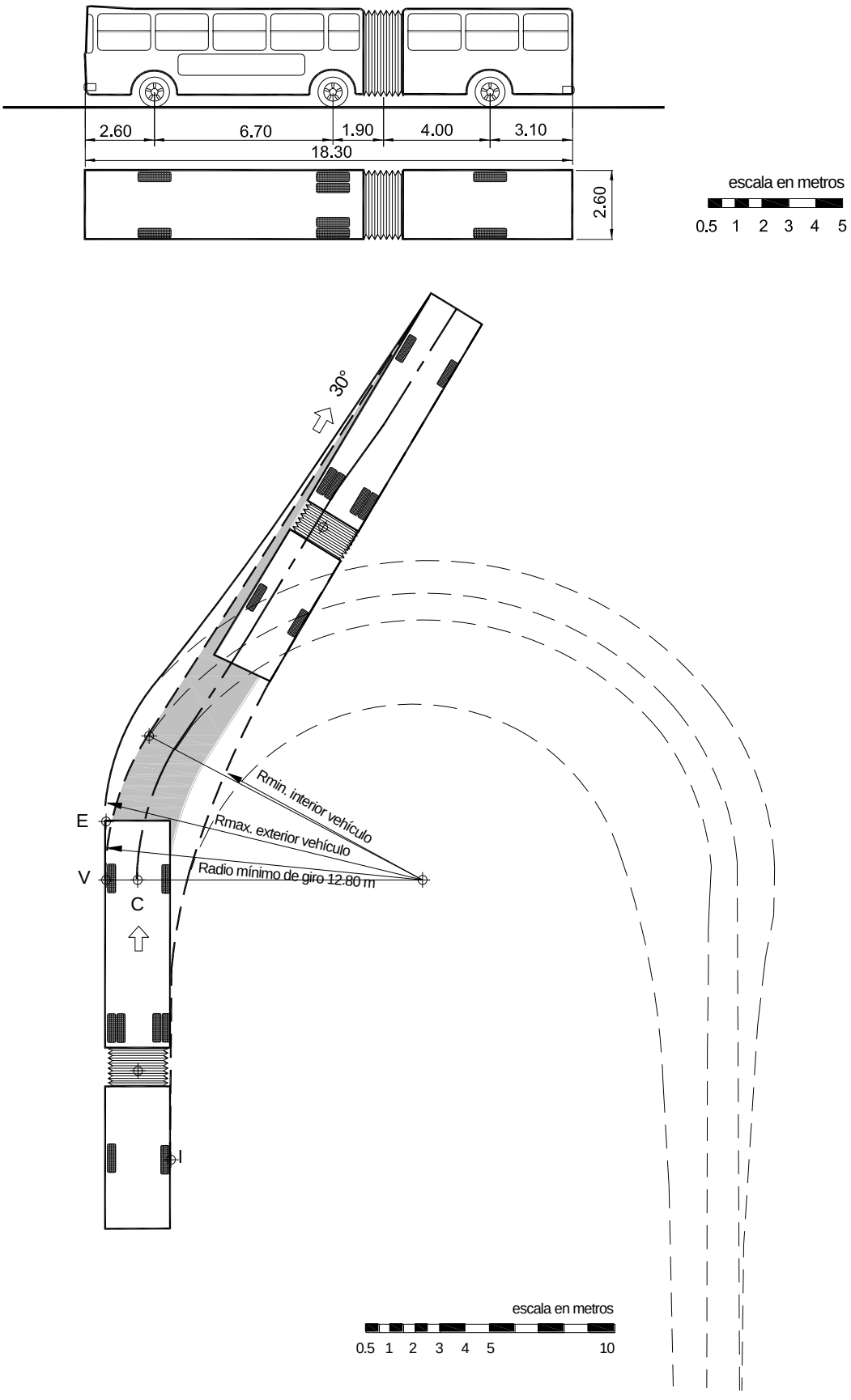


Figura 202.26

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 60º

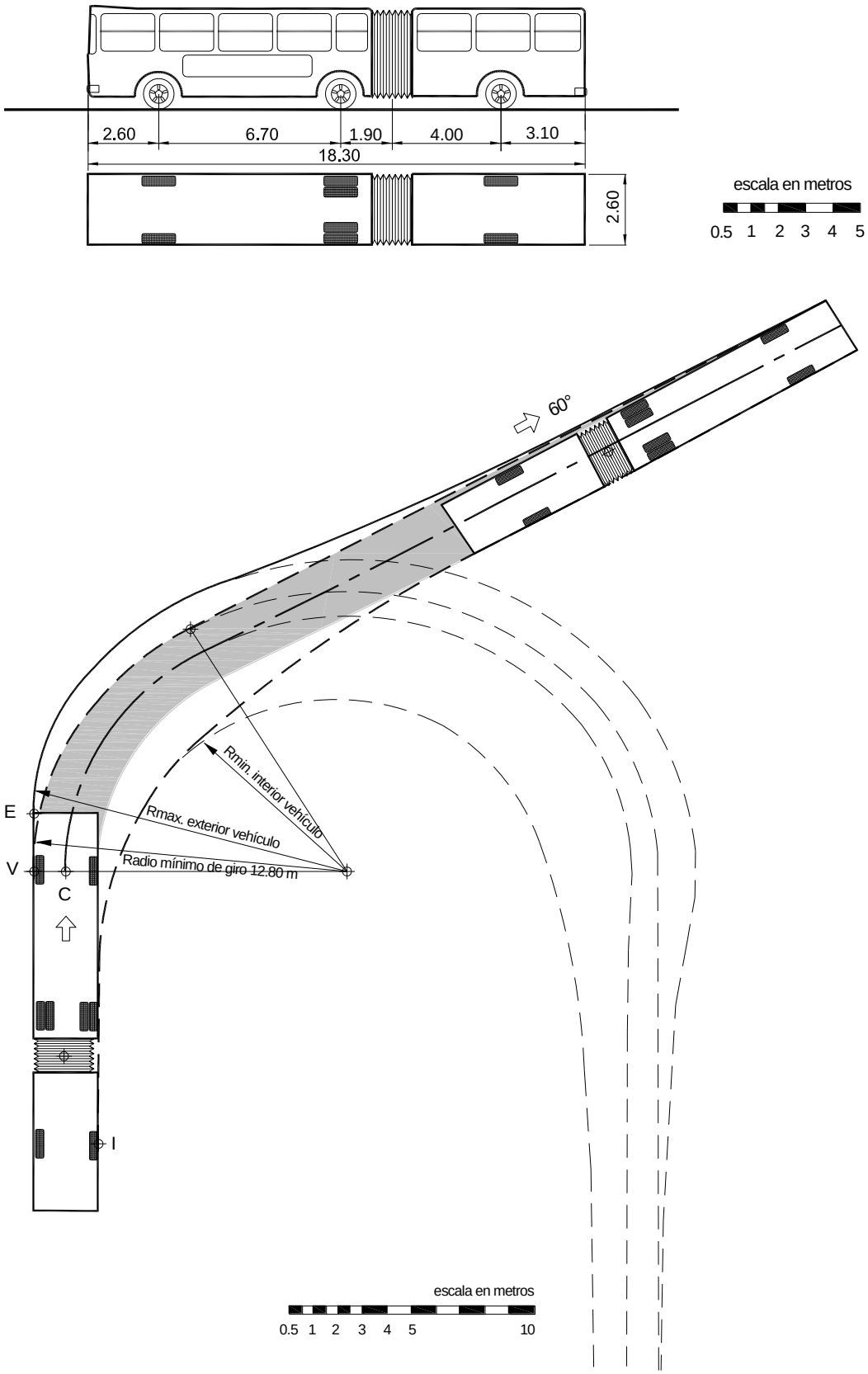


Figura 202.27

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 90º

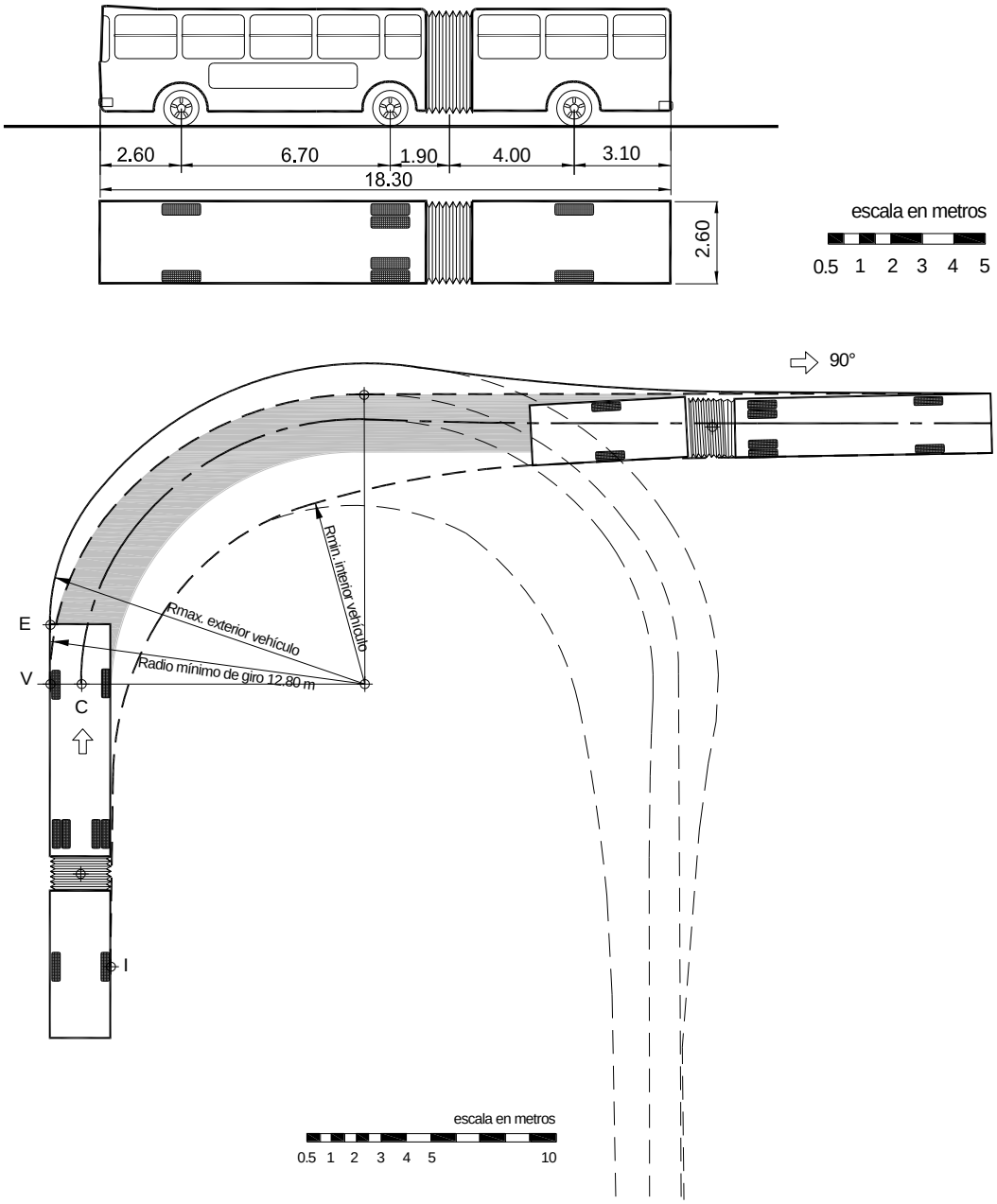


Figura 202.28

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 120º

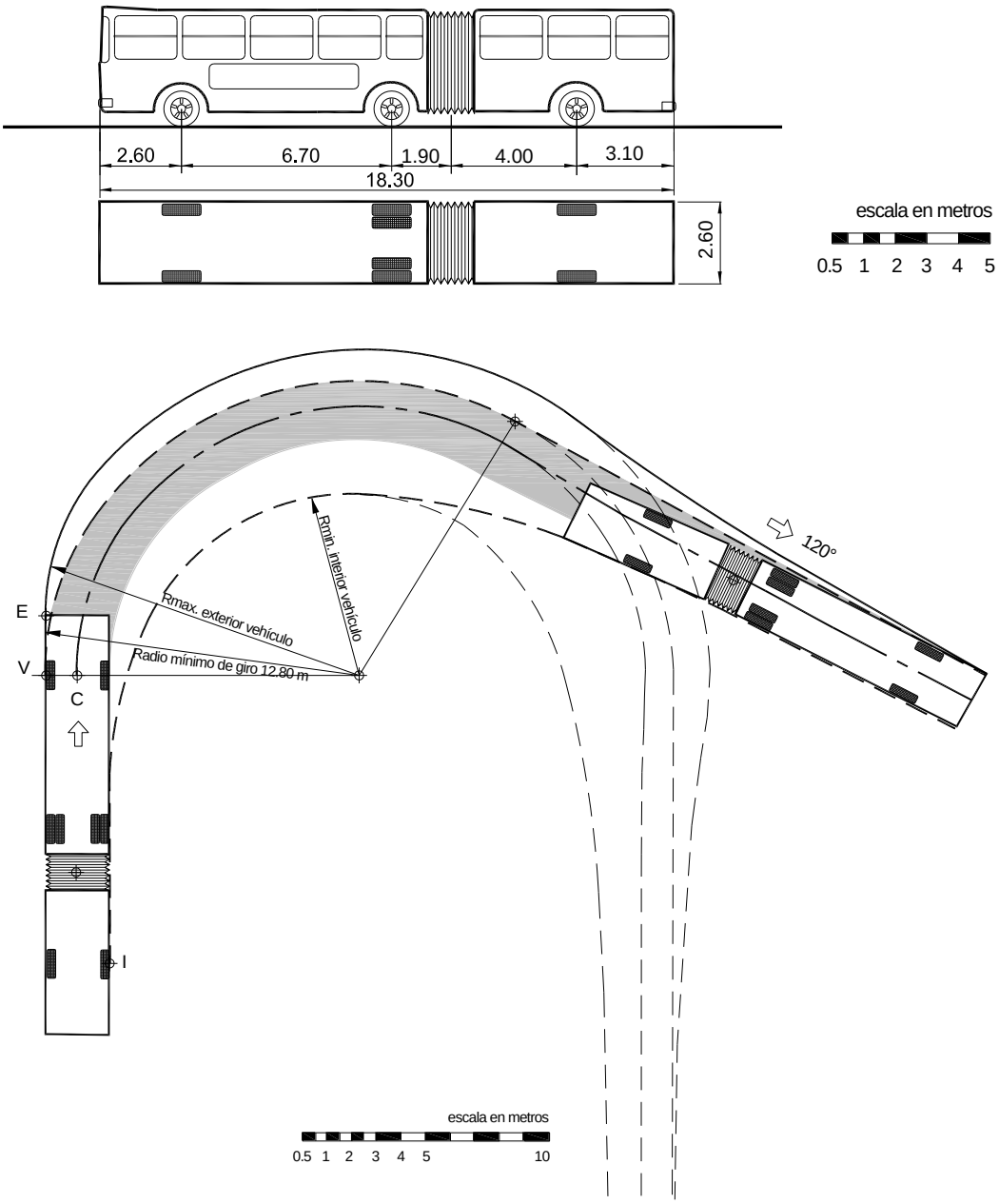


Figura 202.29

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 150º

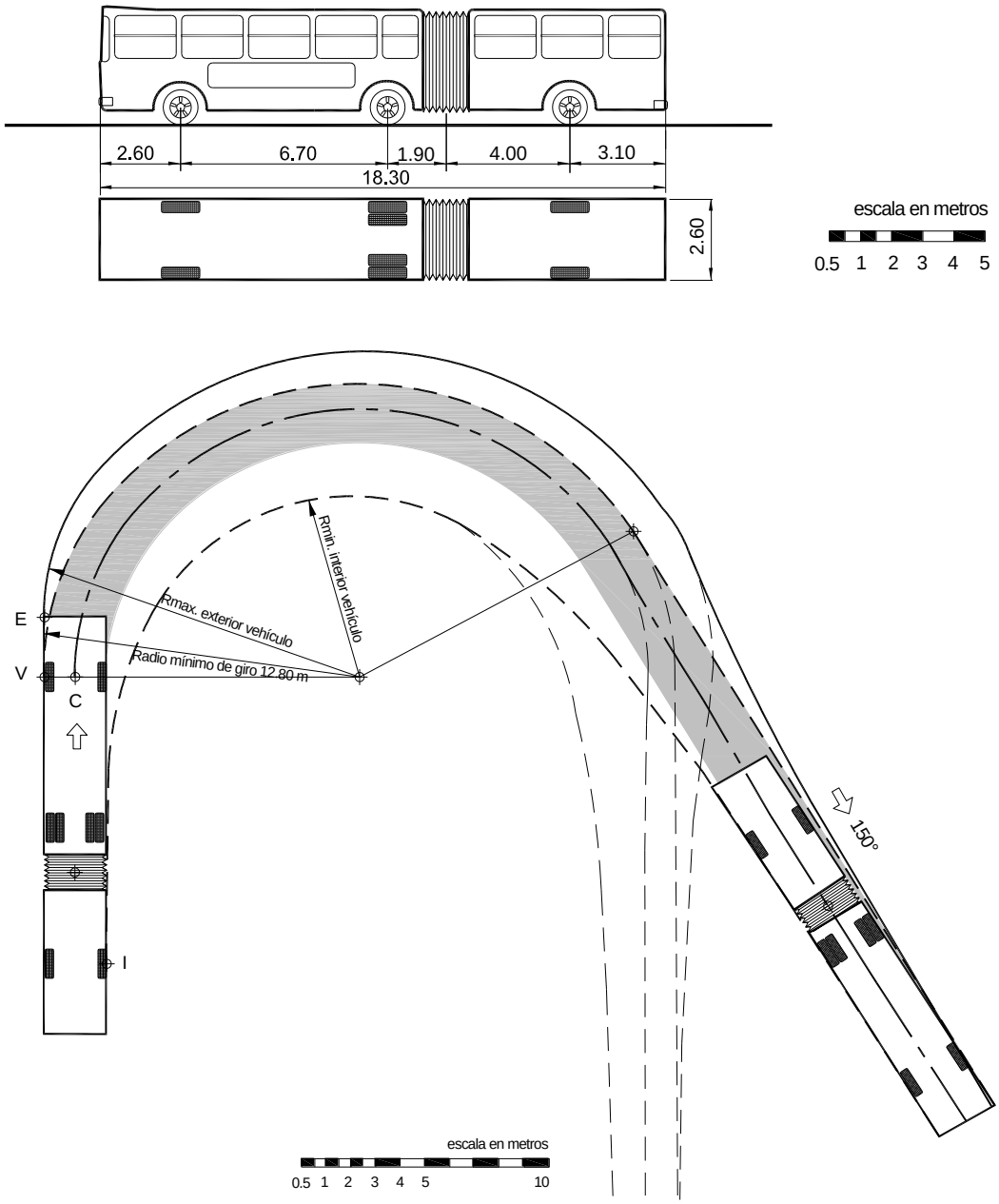


Figura 202.30

Giro mínimo para ómnibus articulados (BA-1) Trayectoria 180º

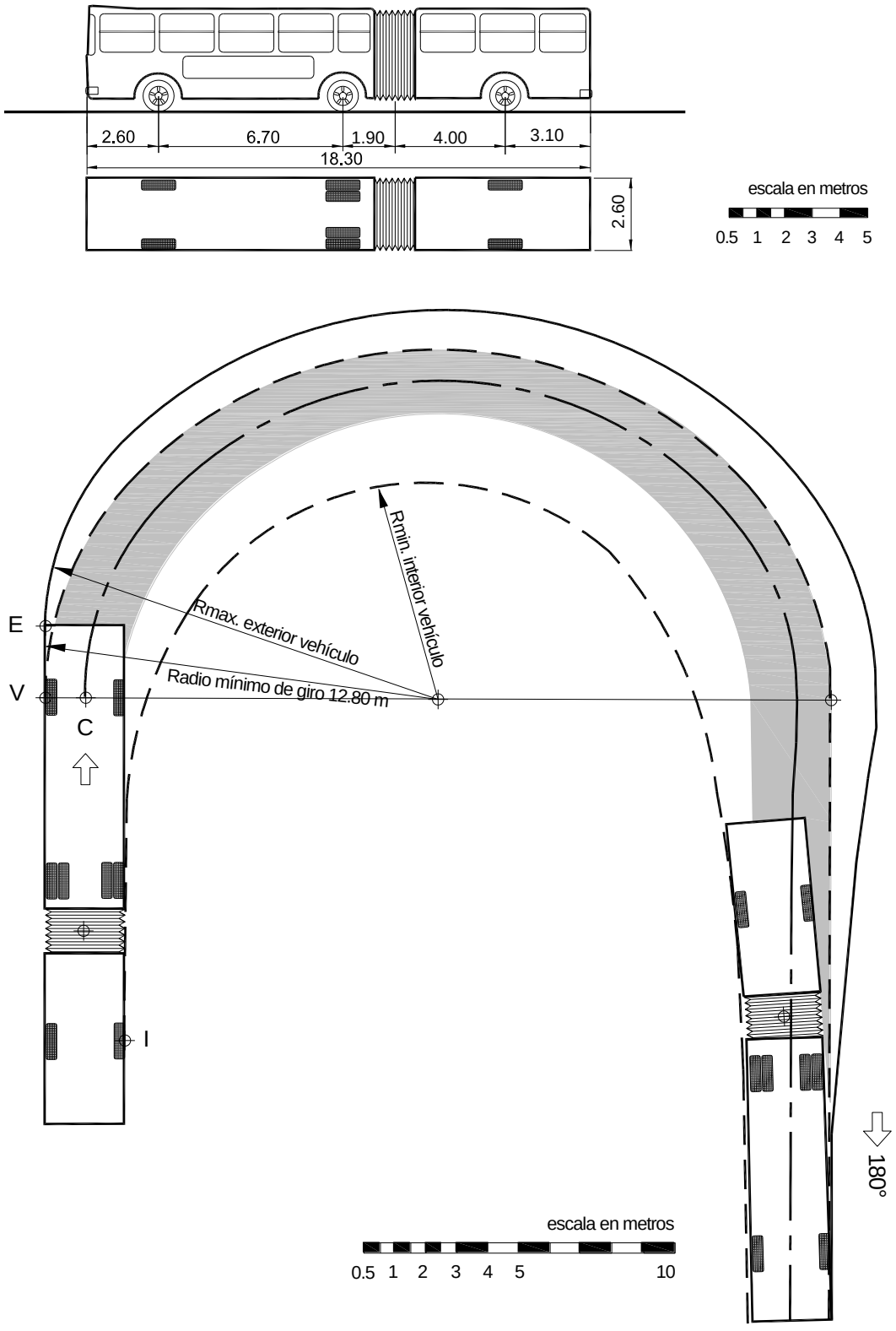


Tabla 202.07

Semirremolque simple (T2S1)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior Vehículo (E)	R mín. interior Vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación
30º	14,08 m	8,73 m	17,6º	15,1º
60º	14,20 m	6,89 m	23,2º	29,23º
90º	14,24 m	5,41 m	25,0º	41,1º
120º	14,26 m	4,19 m	25,7º	50,8º
150º	14,26 m	3,14 m	25,9º	58,5º
180º	14,27 m	2,22 m	25,9º	65,4º

Figura 202.31

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 30º

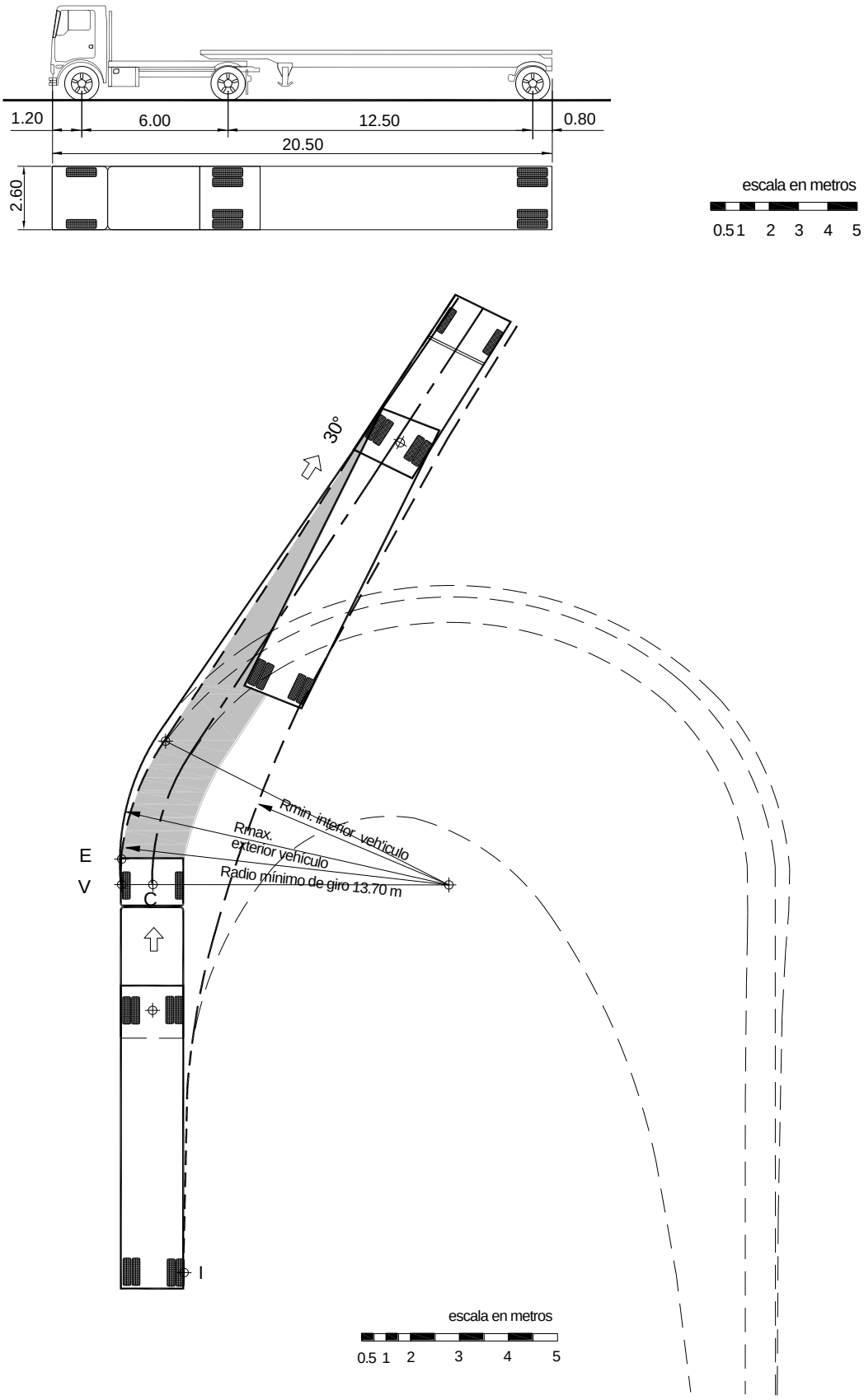


Figura 202.32

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 60º

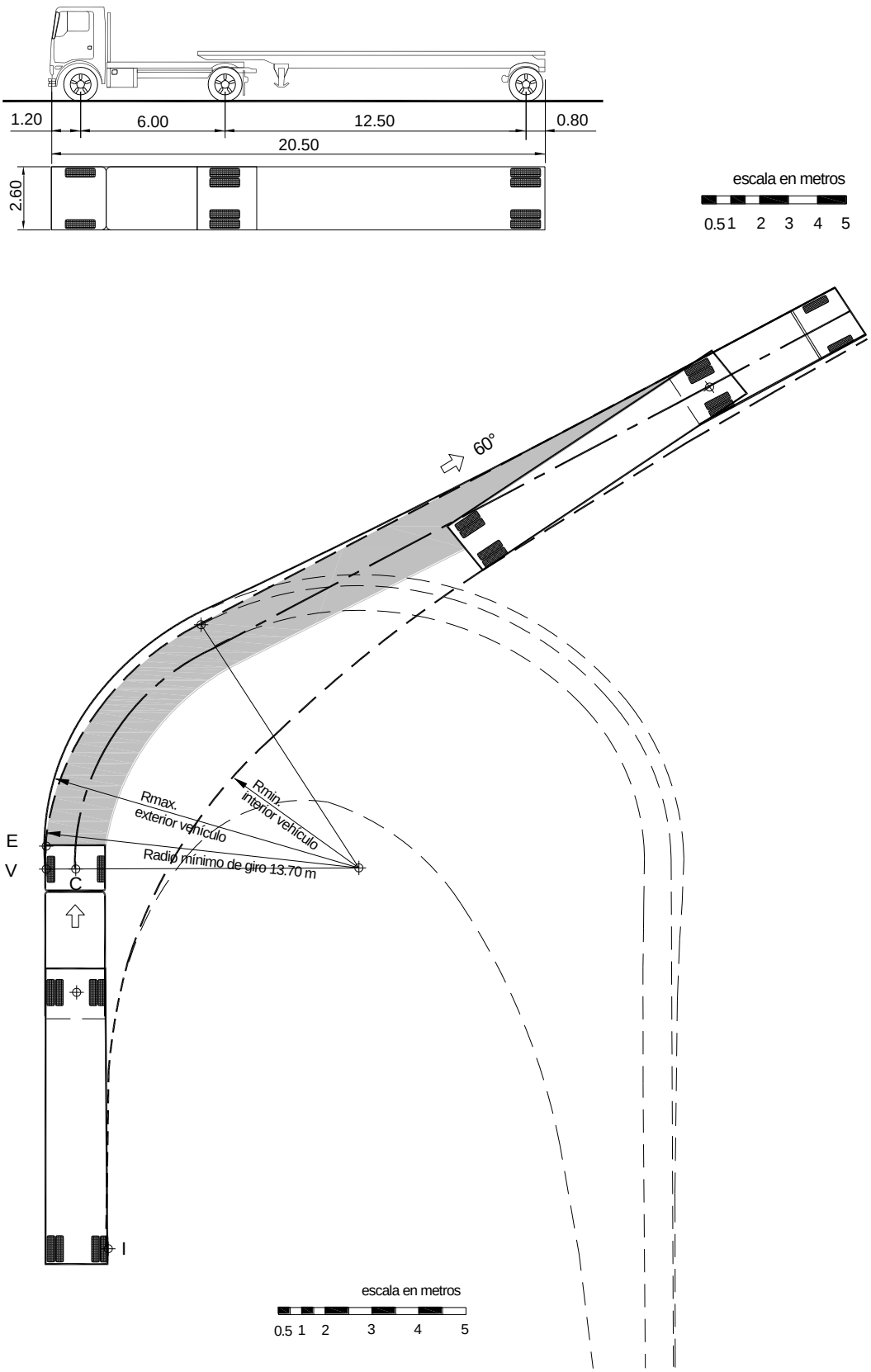


Figura 202.33

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 90º

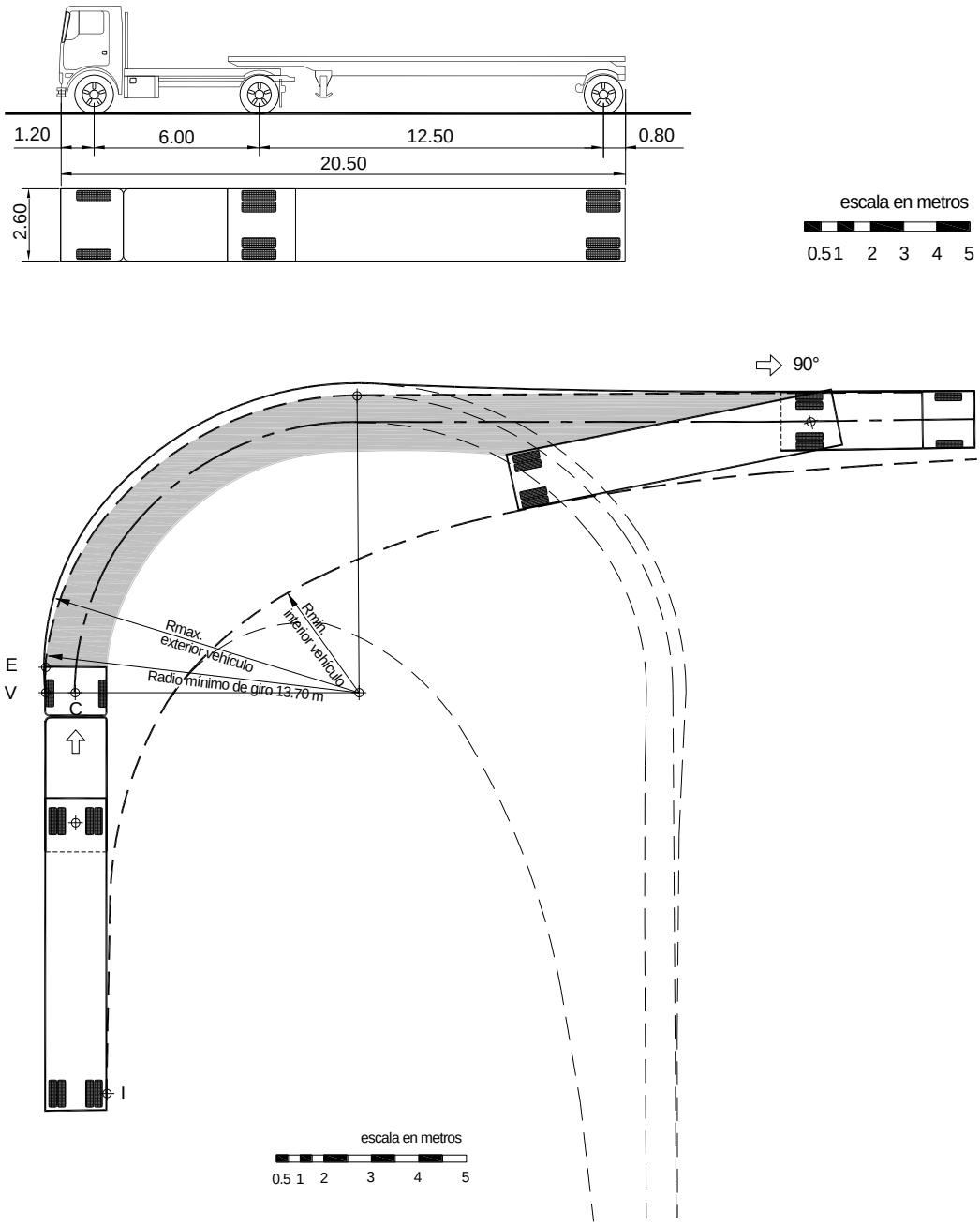


Figura 202.34

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 120º

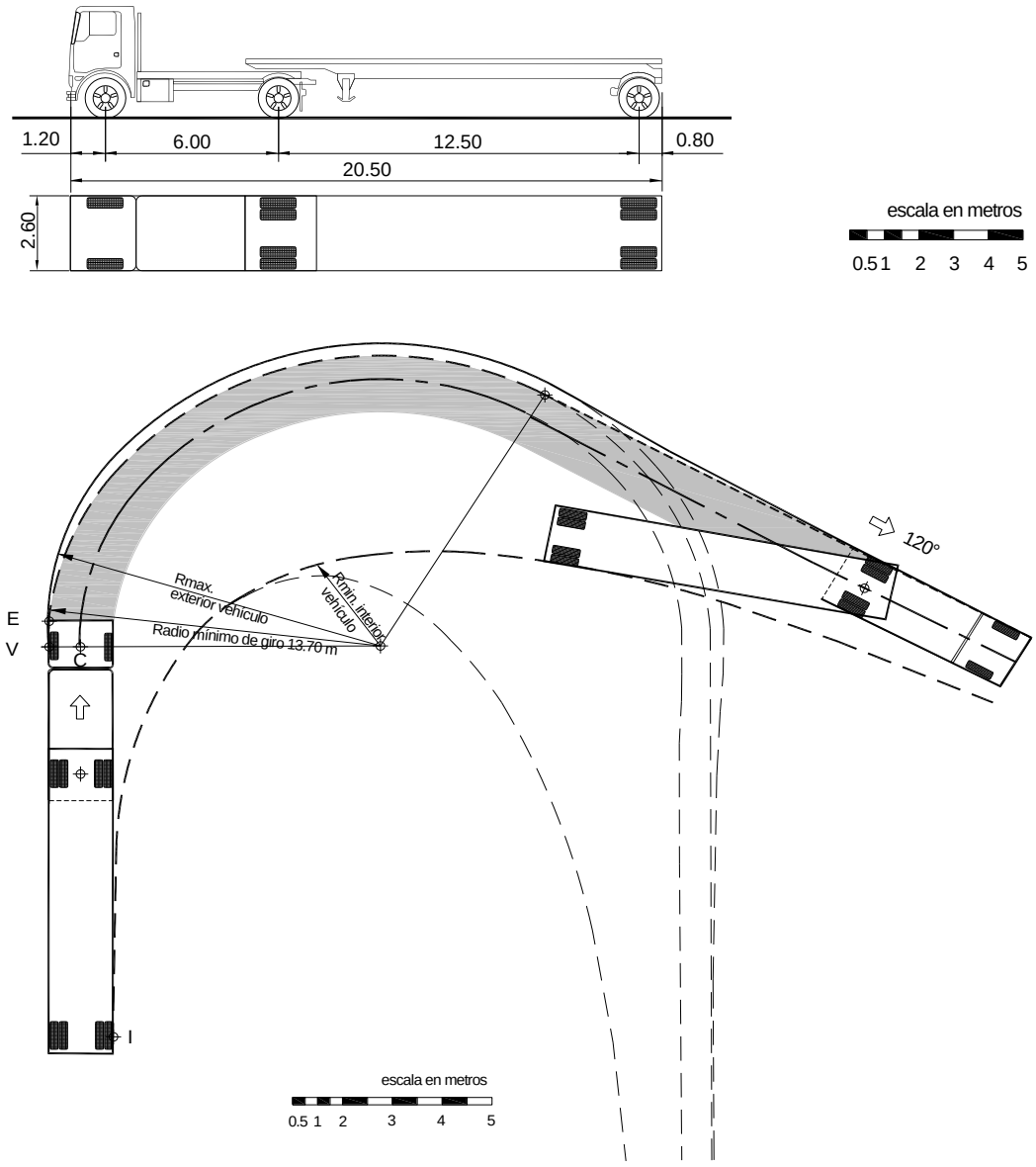


Figura 202.35

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 150º

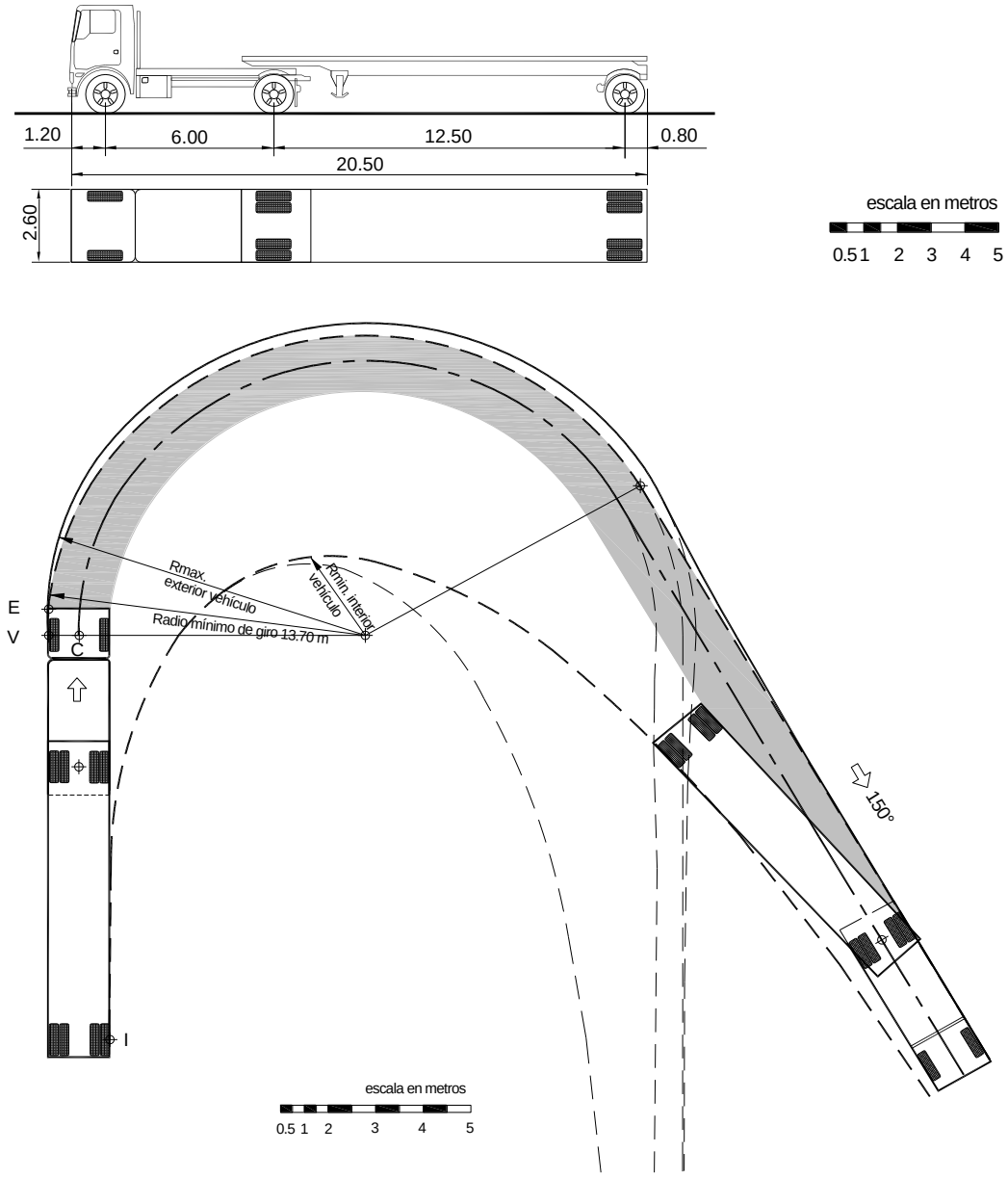


Figura 202.36

Giro mínimo para semirremolques simples (T2S1) Trayectoria 180º

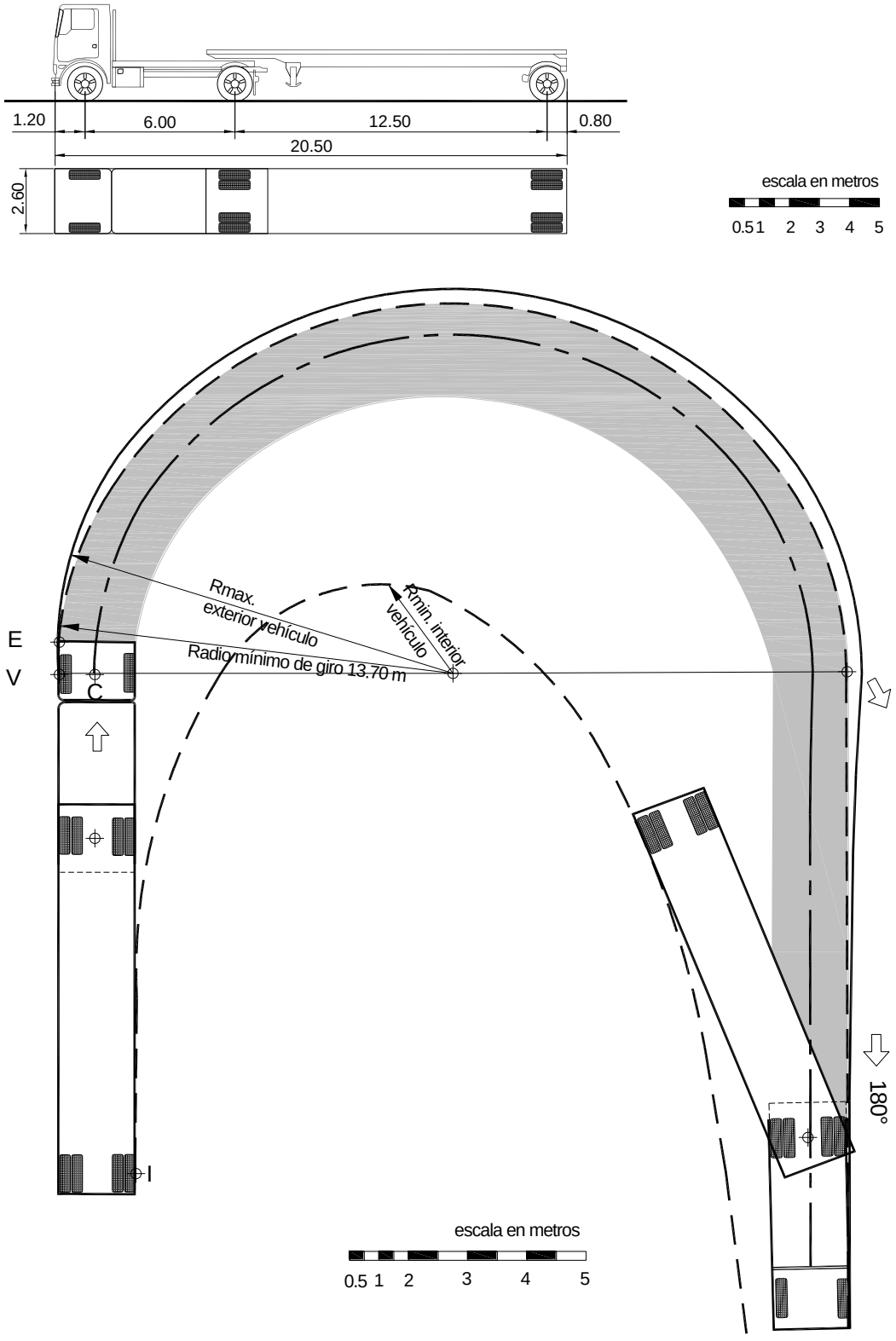


Tabla 202.08

Remolque simple (C2R1)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. exterior Vehículo (E)	R mín. interior Vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación camión	Ángulo máximo articulación remolque
30º	13,25 m	7,94 m	22,1º	5,6º	9,3º
60º	13,49 m	6,21 m	34,2º	10,6º	18,7º
90º	13,61 m	4,81 m	41,3º	14,6º	27,8º
120º	13,68 m	3,66 m	45,6º	17,8º	36,5º
150º	13,71 m	2,67 m	48,3º	20,3º	44,6º
180º	13,74 m	1,79 m	50,1º	22,2º	52,3º

Similar a "Minimum Turning Path for Double-Trailer Combination (WB-20D [WB-67D]) Design Vehicle" en la norma AASTHO.

Figura 202.37

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 30º

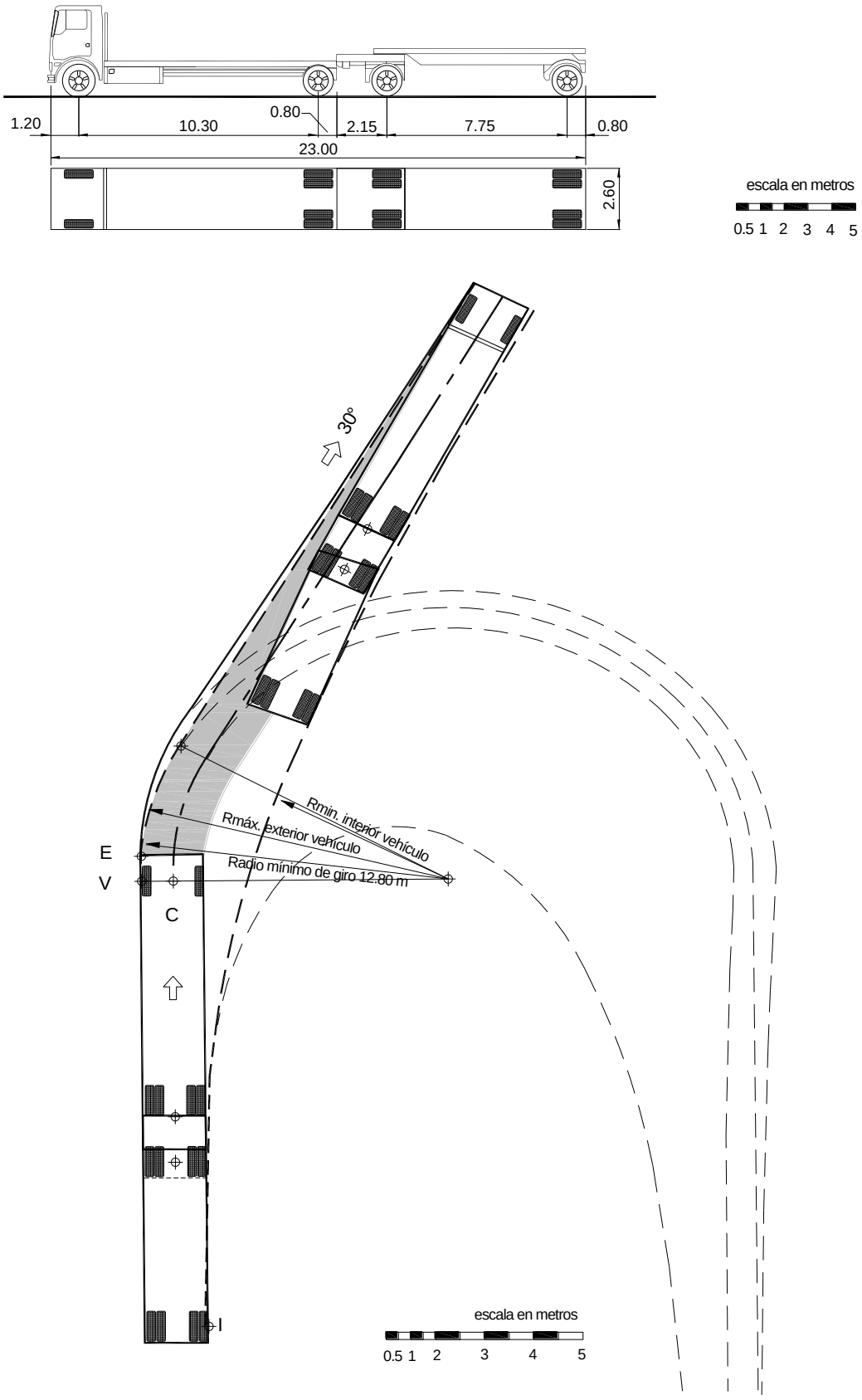


Figura 202.38

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 60º

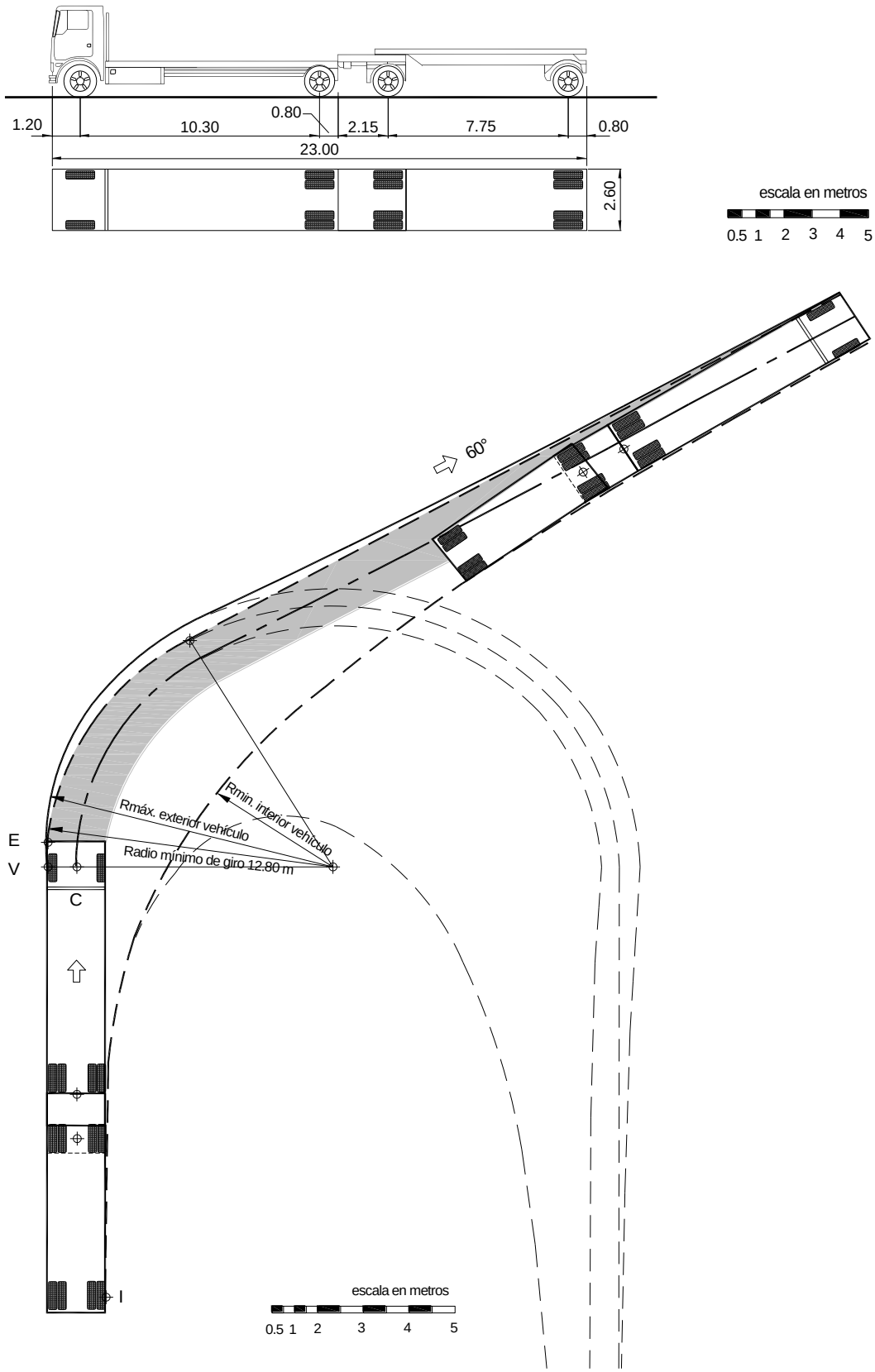


Figura 202.39

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 90º

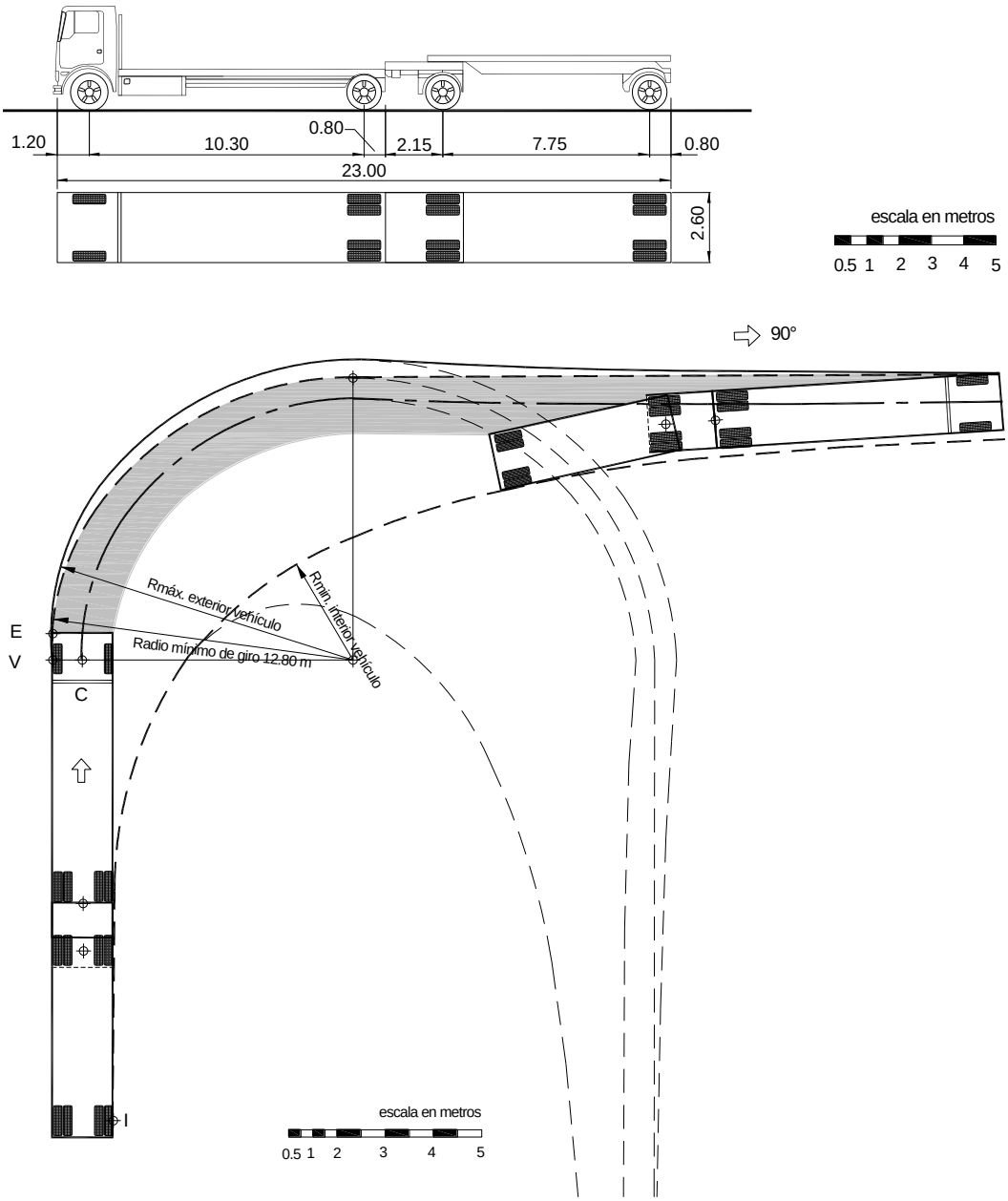


Figura 202.40

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 120º

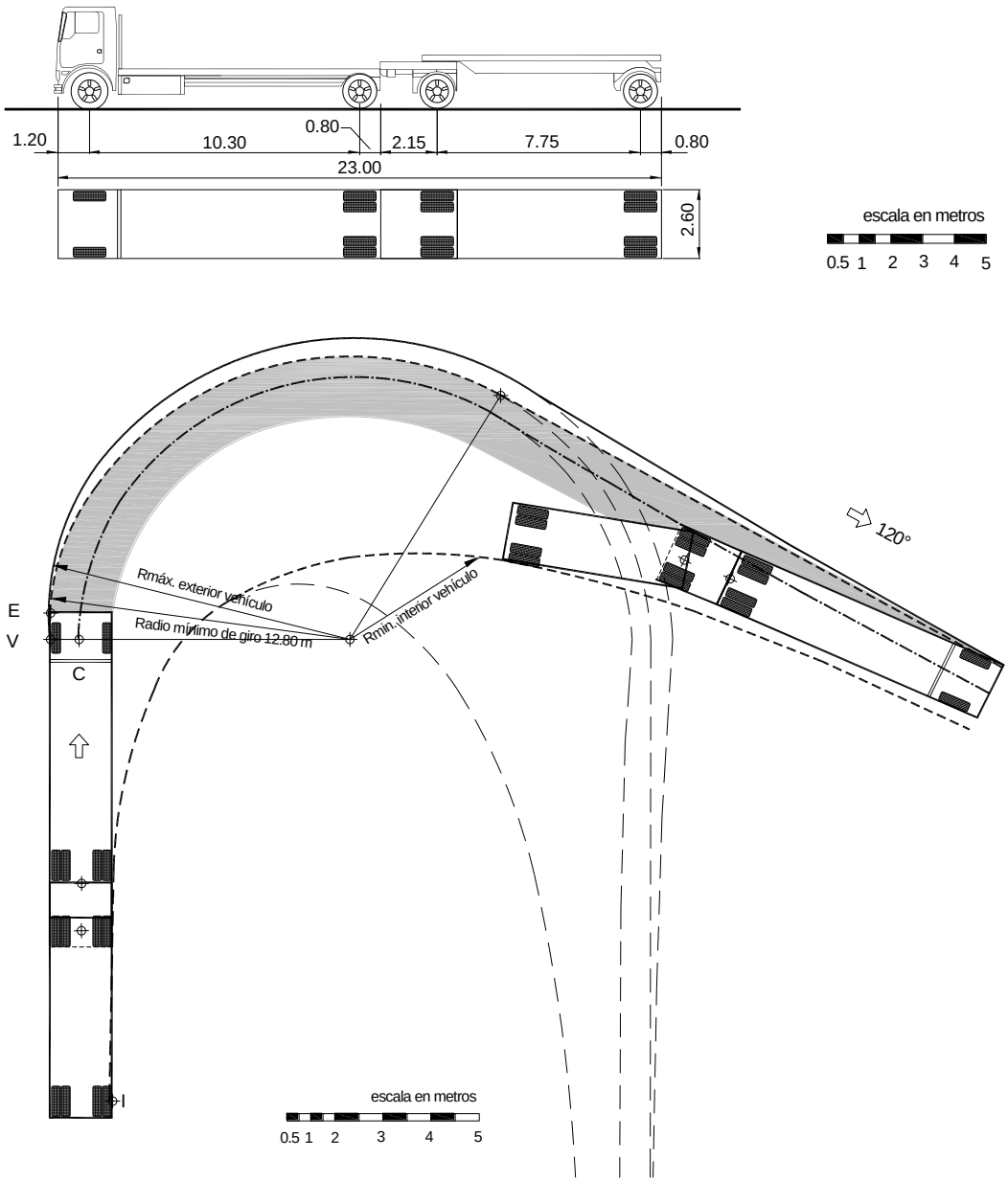


Figura 202.41

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 150º

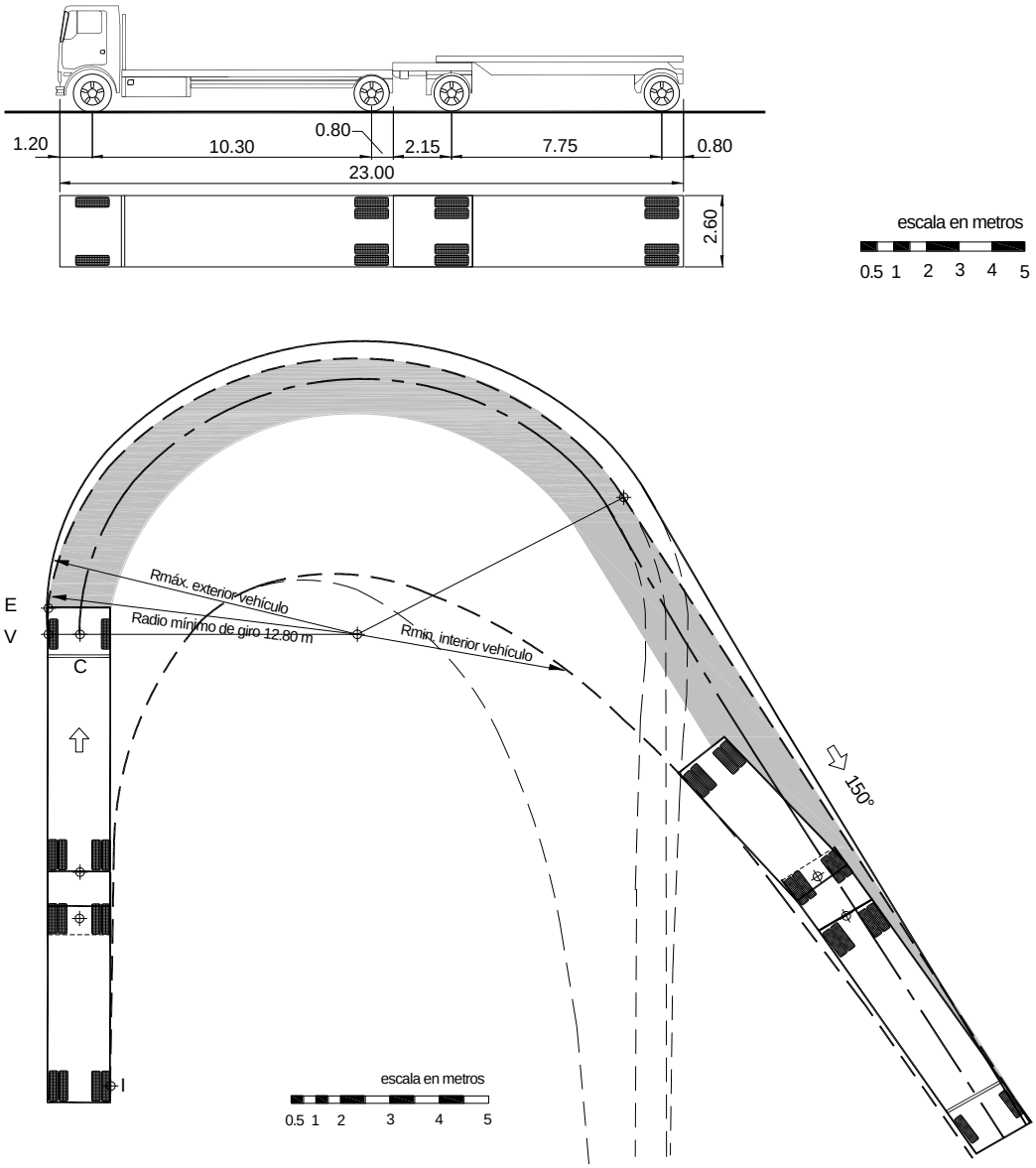


Figura 202.42

Giro mínimo para remolques simples (C2R1) Trayectoria 180º

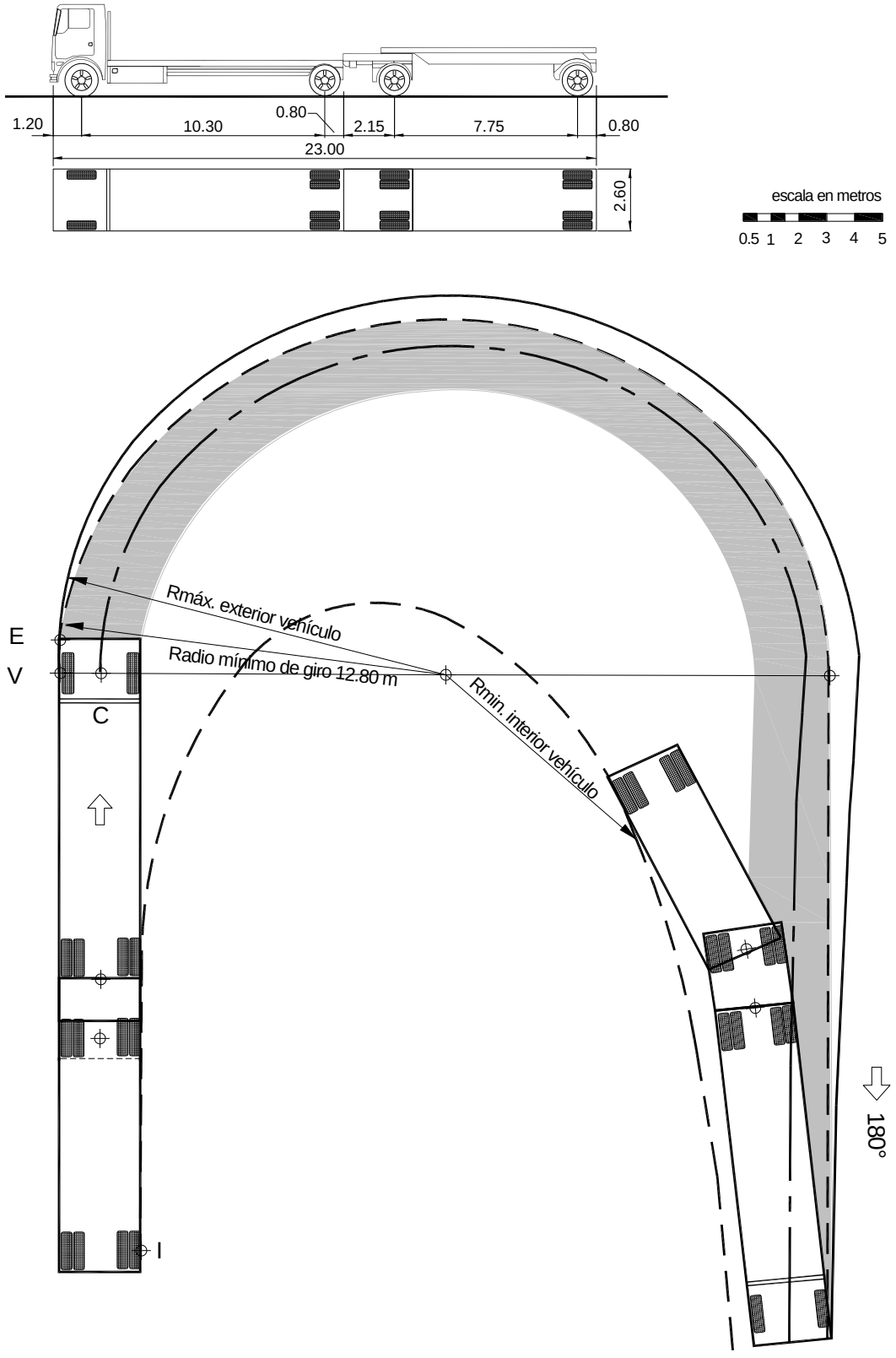


Tabla 202.09
Semirremolque doble (T3S2S2)
Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	Rmáx exterior vehículo (E)	Rmín interior vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación camión	Ángulo máximo articulación remolque
30º	14,06 m	9,25 m	16,7º	12,1º	10,5º
60º	14,17 m	7,95 m	21,3º	22,1º	20,6º
90º	14,20 m	7,02 m	22,7º	28,7º	29,5º
120º	14,21 m	6,35 m	23,0º	32,6º	36,9º
150º	14,21 m	5,87 m	23,2º	34,7º	42,7º
180º	14,22 m	5,53 m	23,2º	35,8º	47,0º

Figura 202.43

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 30º

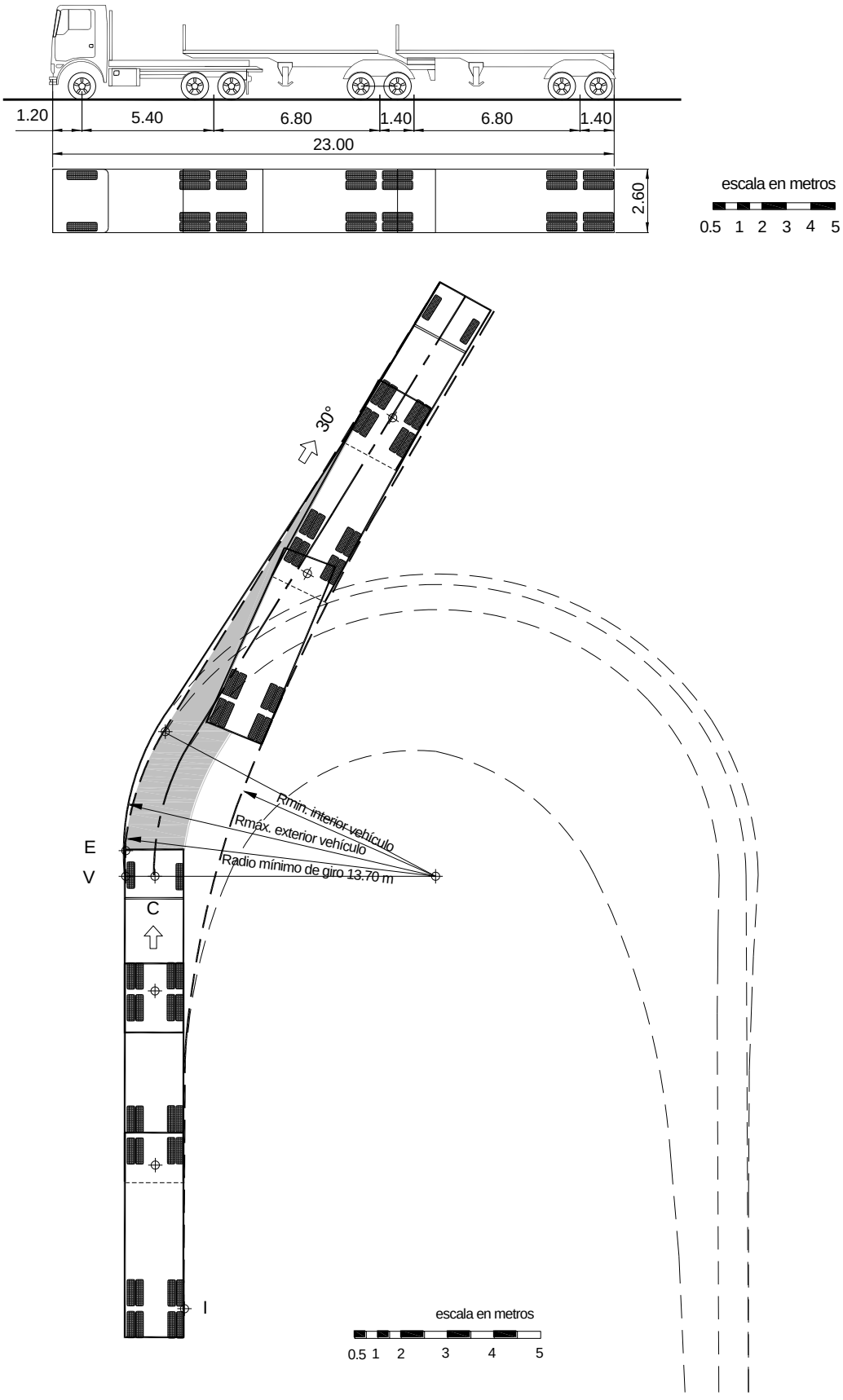


Figura 202.44

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 60º

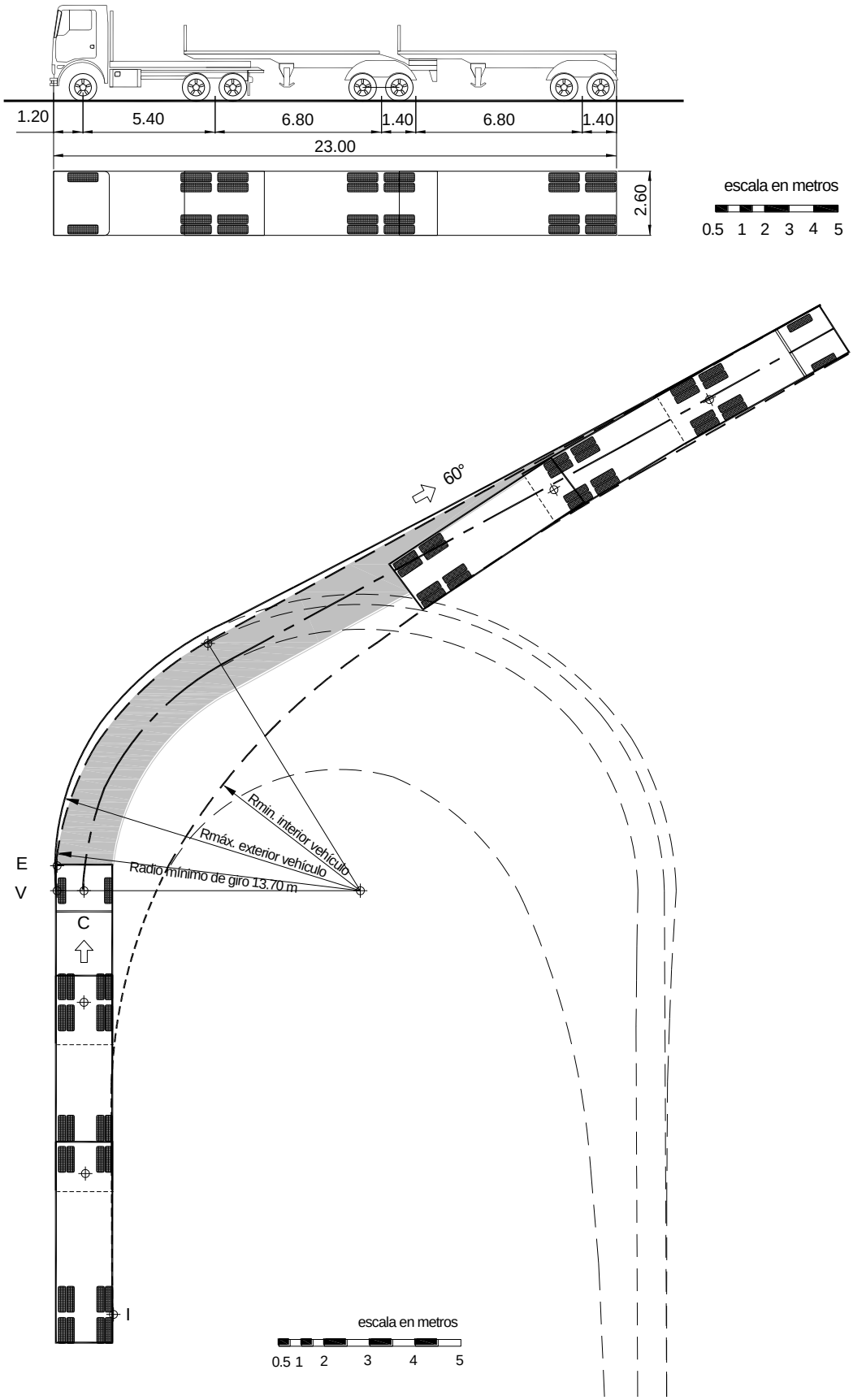


Figura 202.45

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 90º

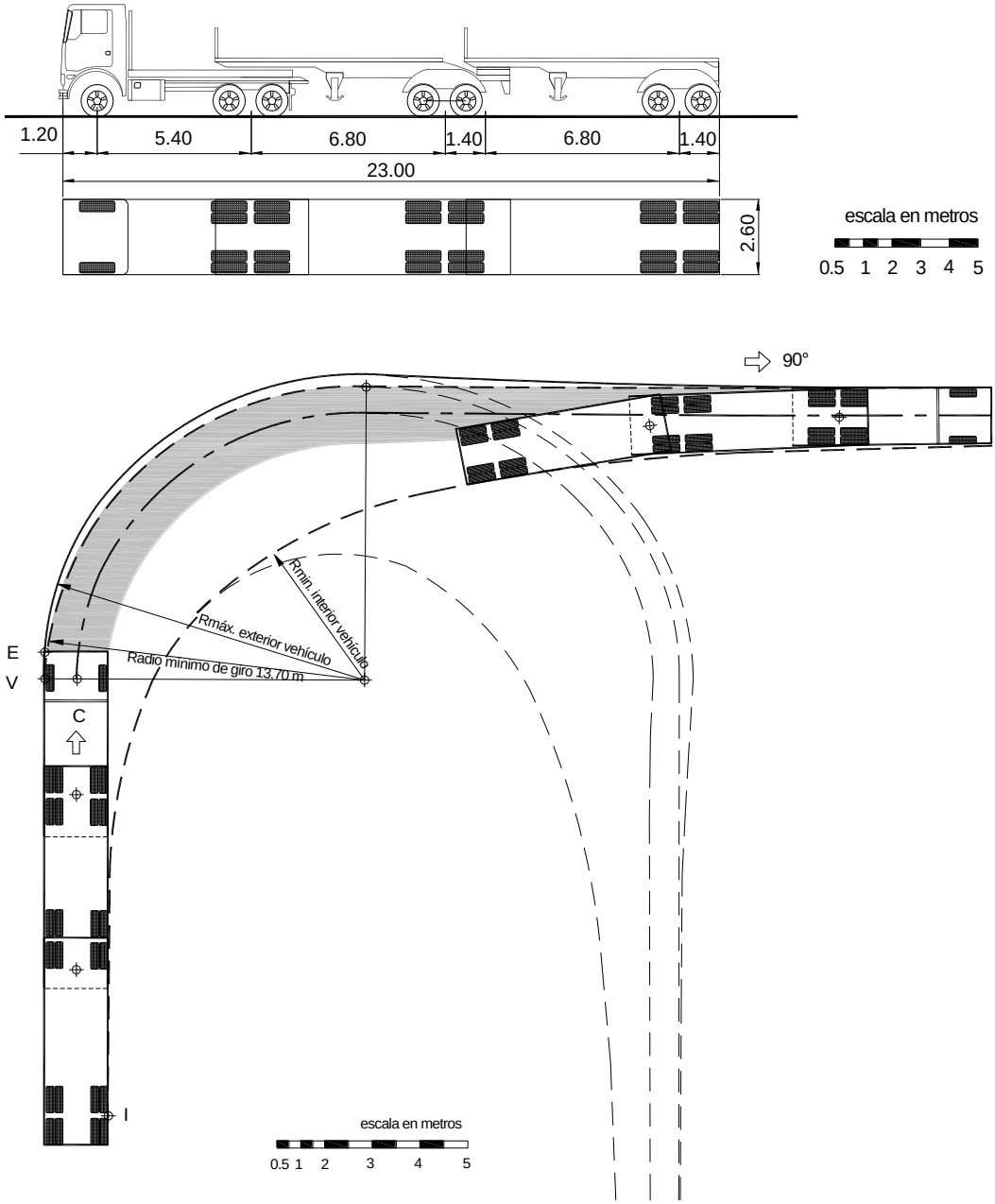


Figura 202.46

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 120º

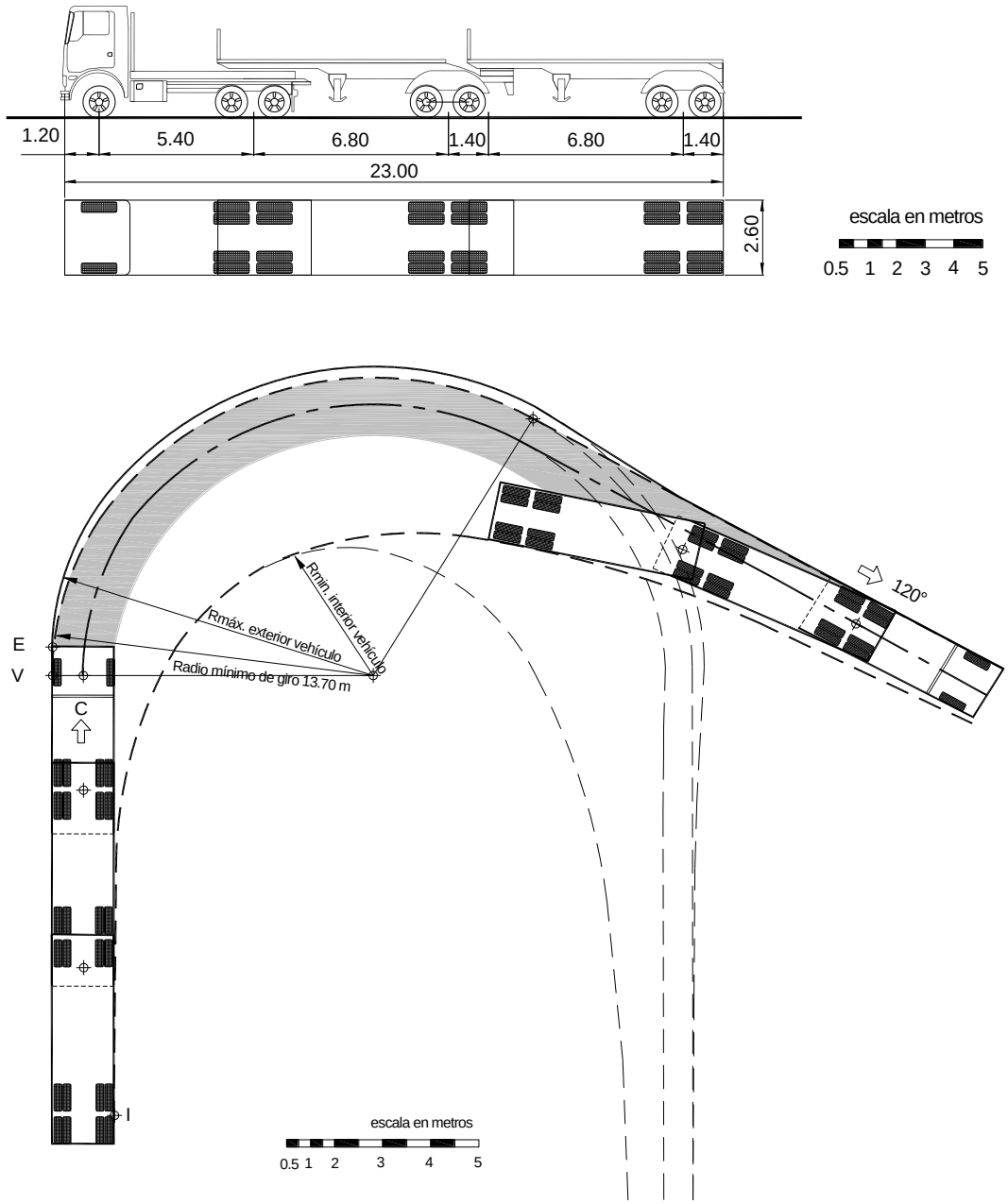


Figura 202.47

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 150º

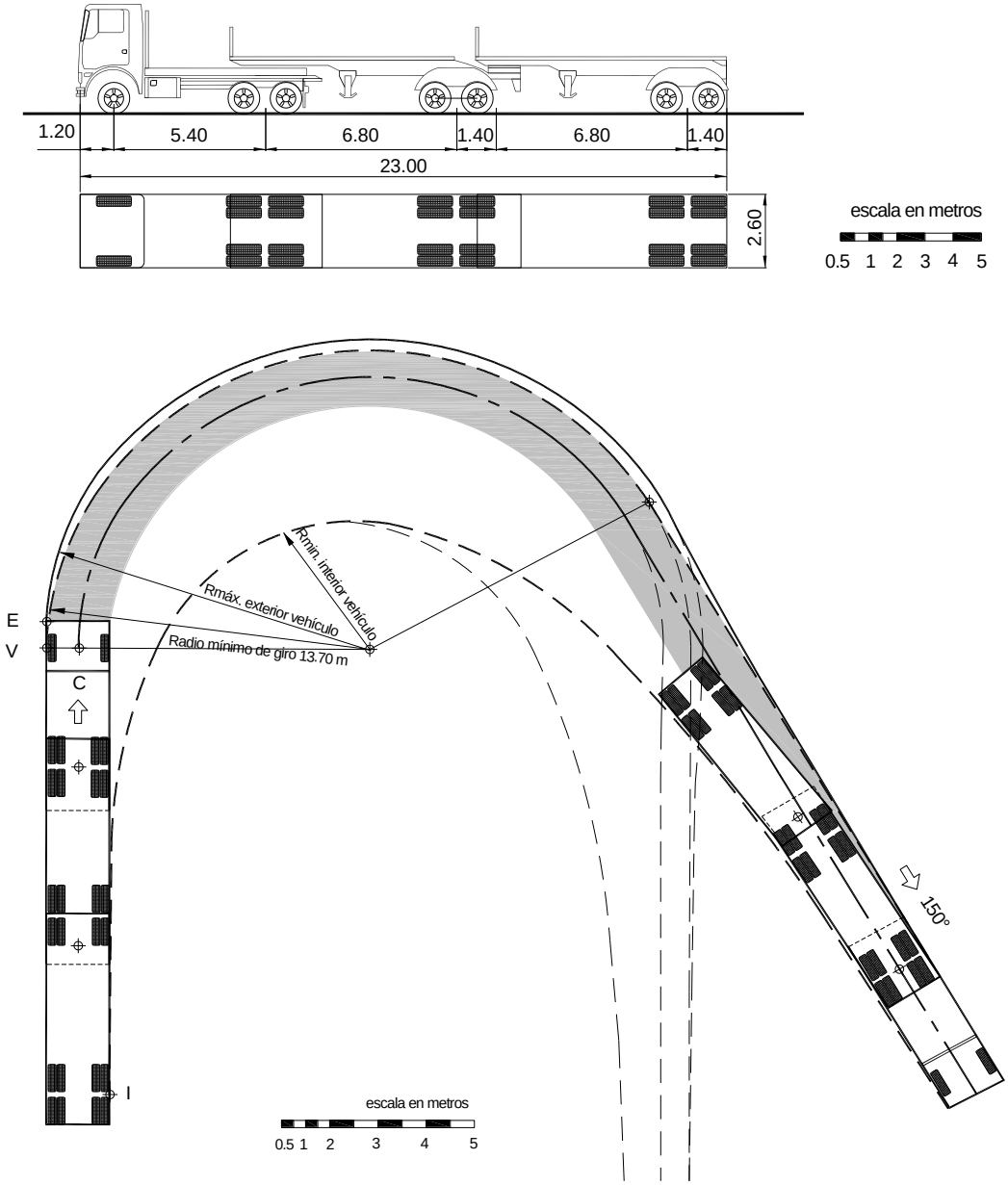


Figura 202.48

Giro mínimo para semirremolques dobles (T3S2S2) Trayectoria 180º

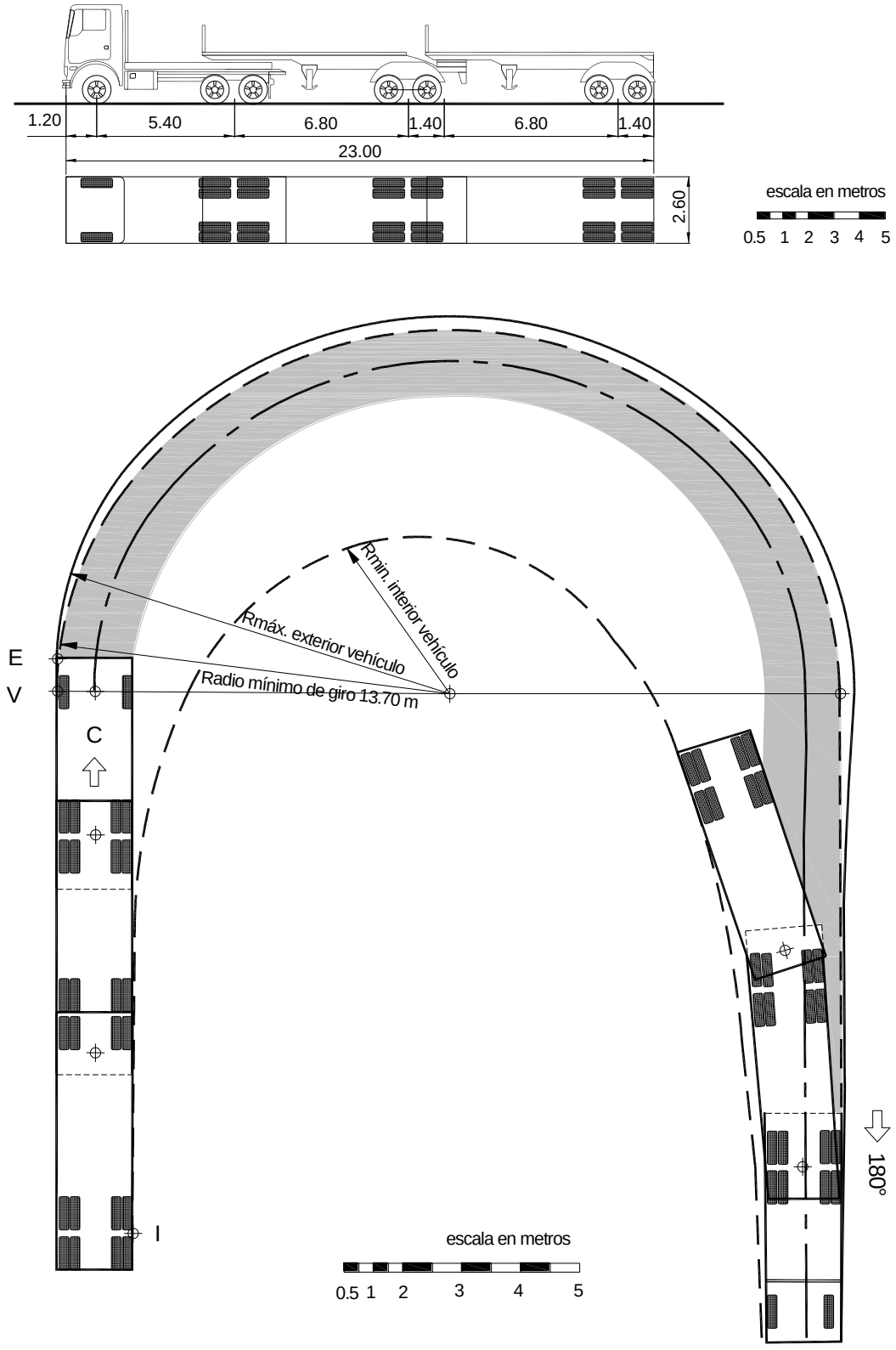


Tabla 202.10
Semirremolque-Remolque (T3S2S2)
Radios máximos/mínimos y ángulos

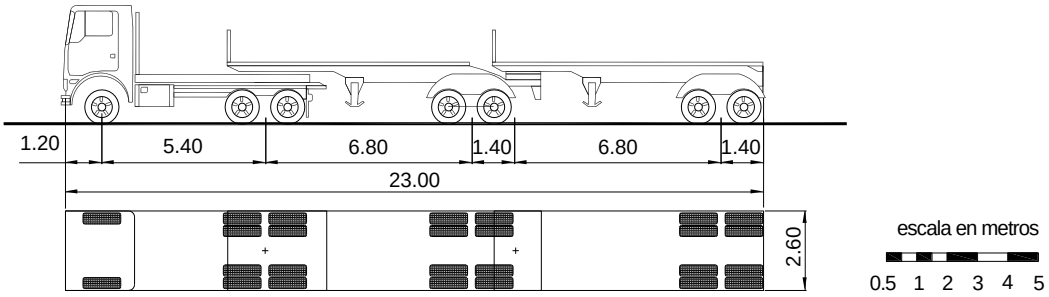
Ángulo trayectoria	R máx. exterior vehículo (E)	R mín. interior vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación camión	Ángulo máximo articulación semi-rremolque	Ángulo máximo articulación remolque
30º	14,06 m	9,46 m	16,8º	11,0º	6,4º	8,0º
60º	14,18 m	8,38 m	21,5º	19,7º	11,9º	15,5º
90º	14,21 m	7,65 m	22,9º	25,0º	15,8º	21,9º
120º	14,22 m	7,17 m	23,3º	27,9º	18,2º	26,9º
150º	14,22 m	6,87 m	23,4º	29,3º	19,6º	30,5º
180º	14,22 m	6,68 m	23,4º	29,9º	20,3º	32,9º

Similar a "Minimum Turning Path for Turnpike-Double Combination (WB-33D [WB-109D]) Design Vehicle" en la norma AASHTO.

Figura 202.49

Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)

Trayectoria 30º



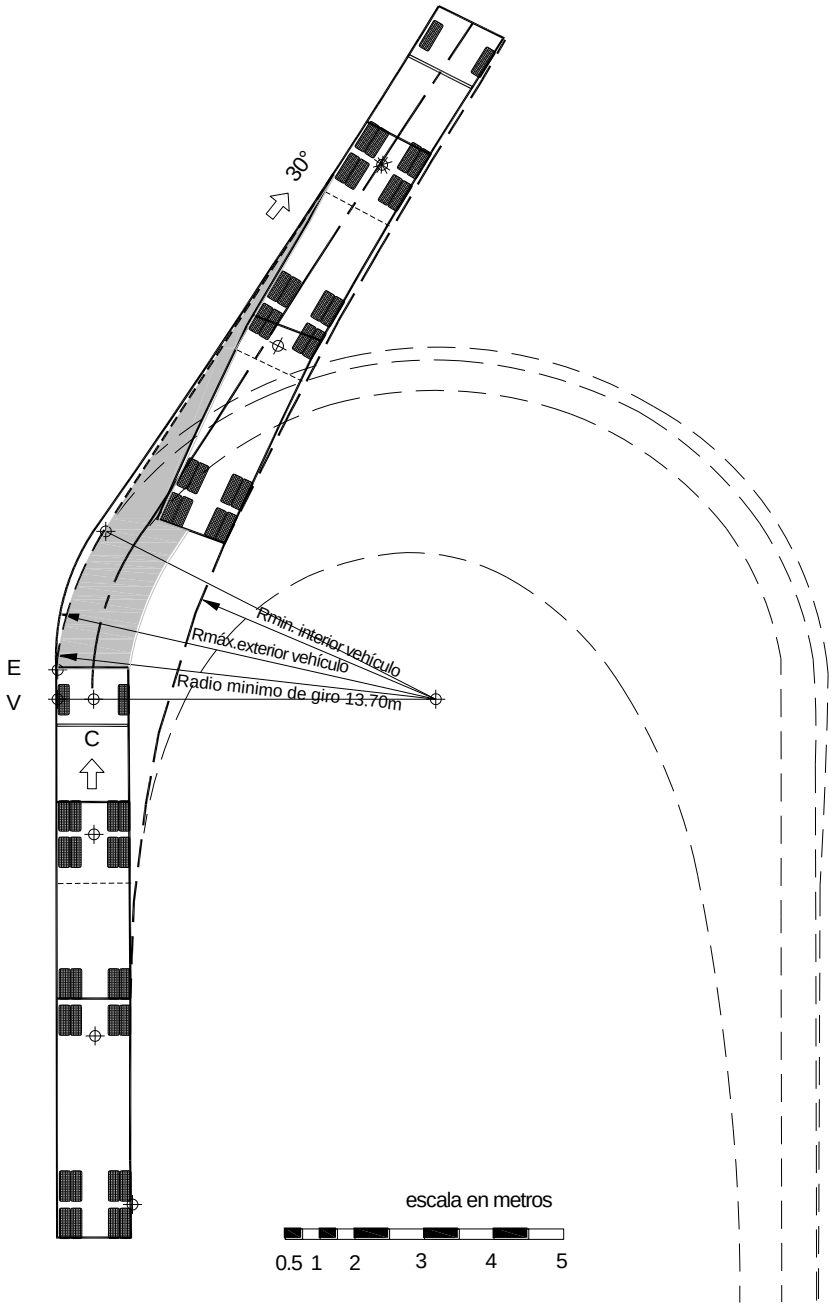


Figura 202.50

Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)

Trayectoria 60º

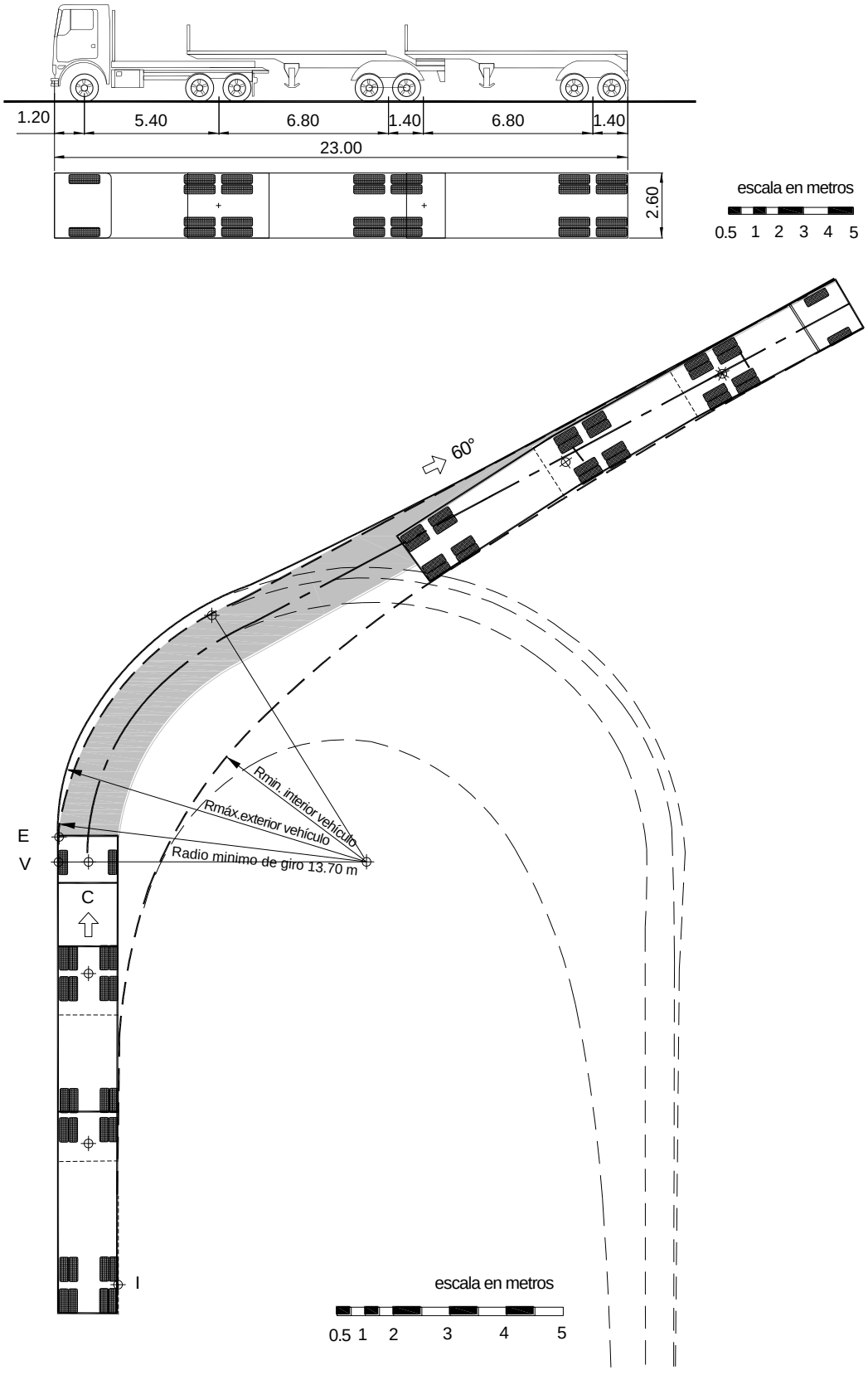


Figura 202.51

Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)

Trayectoria 90º

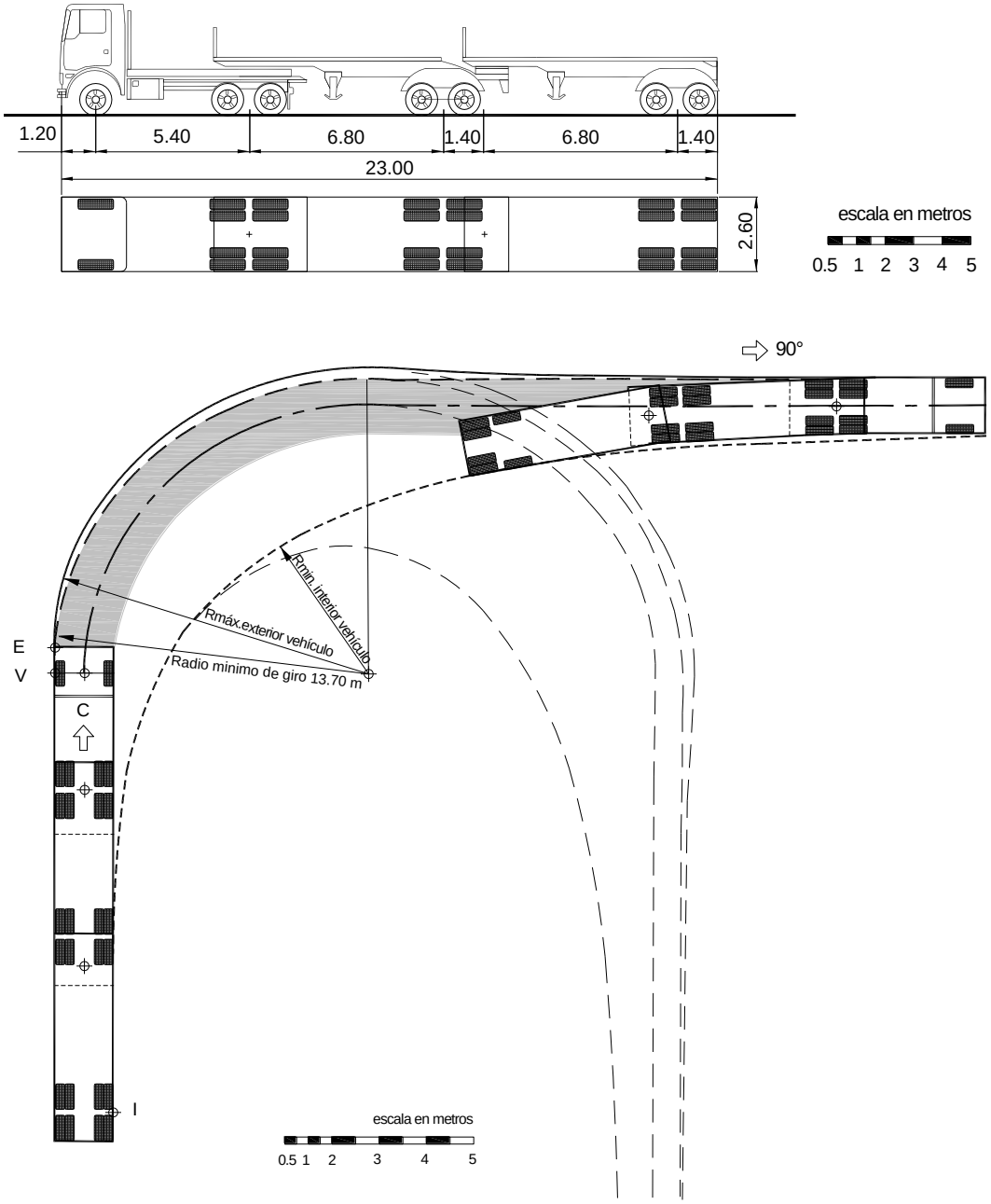


Figura 202.52
Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)
Trayectoria 120º

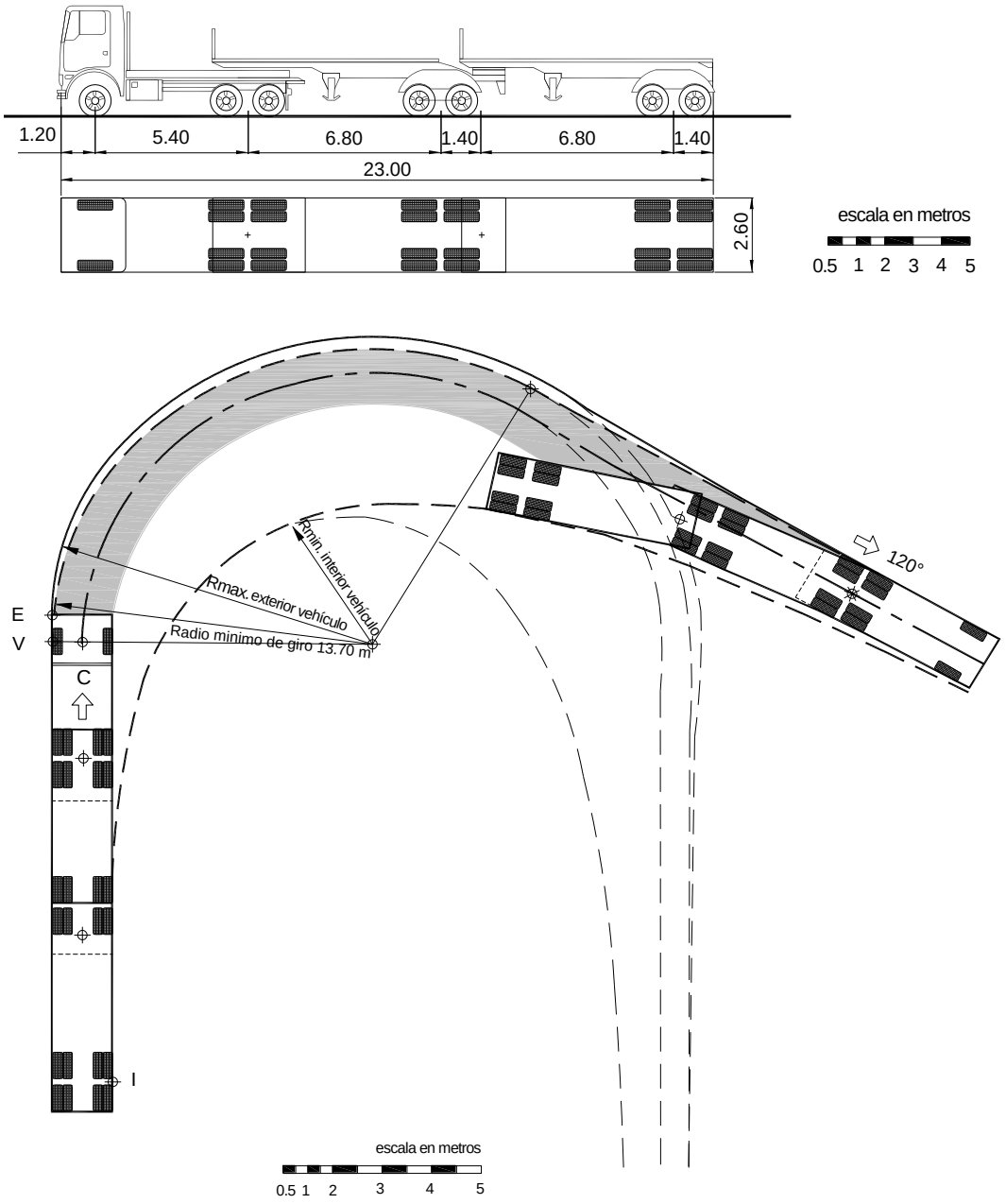


Figura 202.53

Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)

Trayectoria 150º

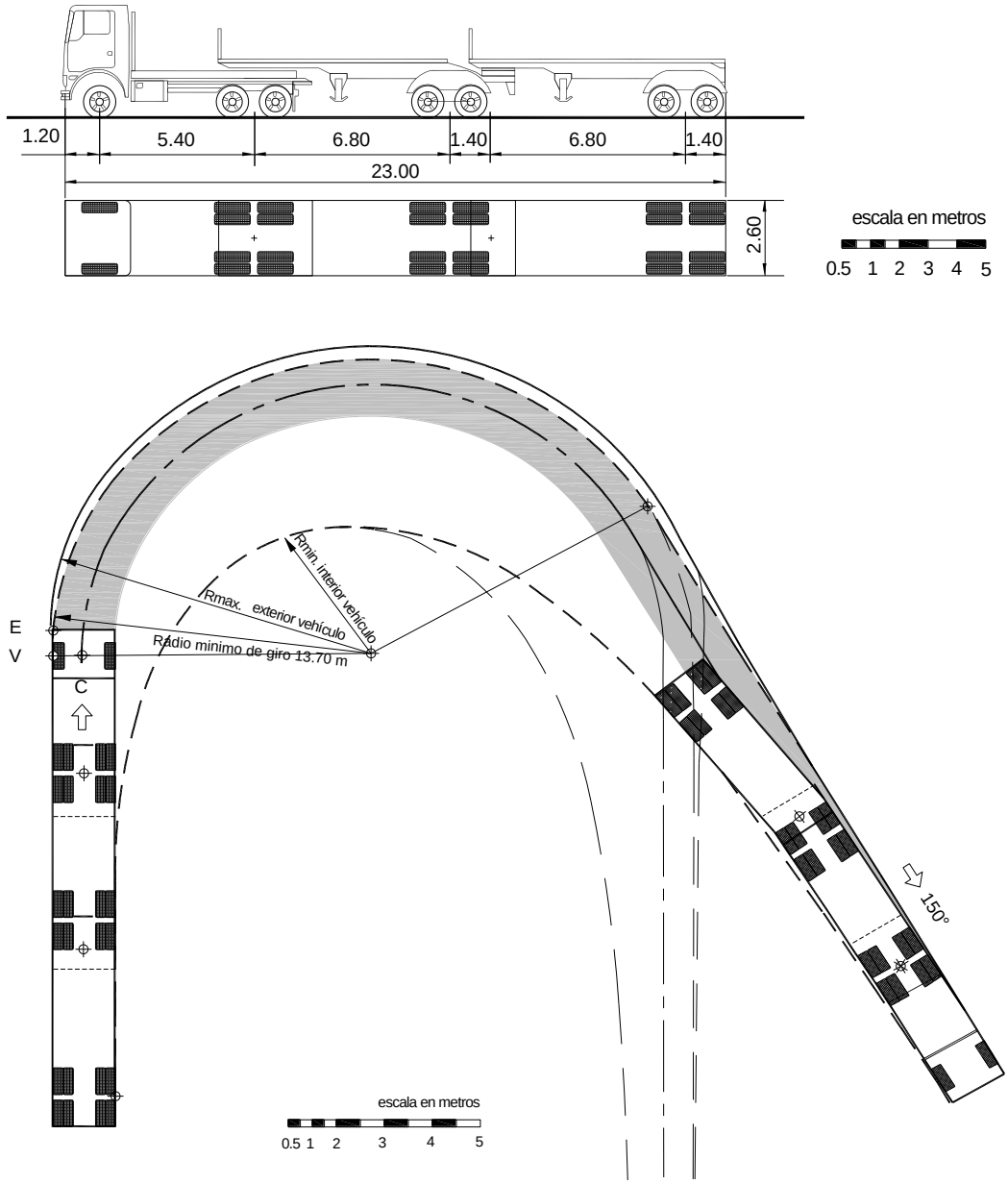
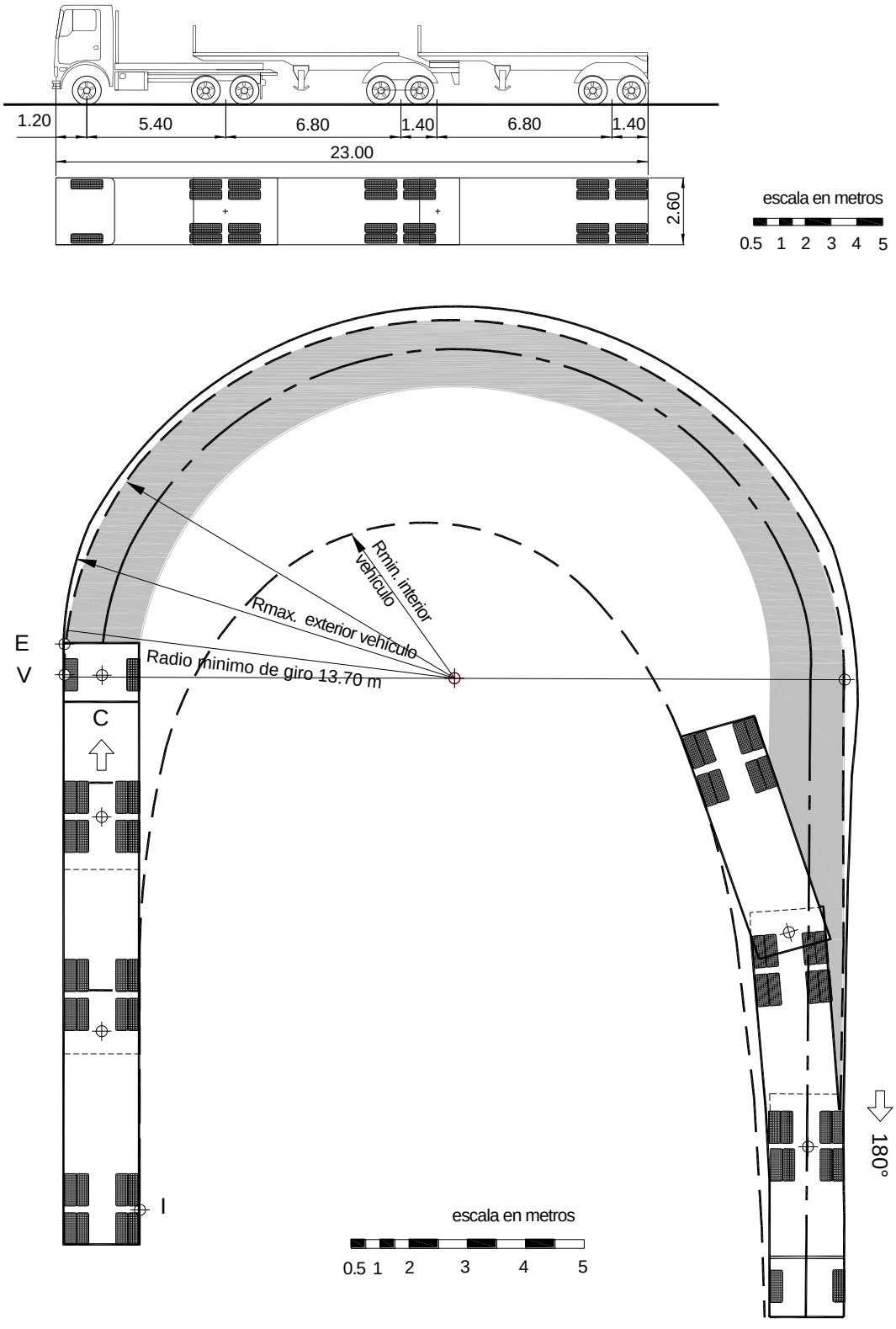


Figura 202.54

Giro mínimo para semirremolques remolques (T3S2S2)

Trayectoria 180º



La siguiente tabla contiene los datos del semirremolque simple T3S3. Para las trayectorias de giro mínimo de este vehículo, pueden utilizarse las correspondientes al semirremolque simple T2S1, ya que las del T3S3 están comprendidas dentro de ellas.

Tabla 202.11

Semirremolque simple (T3S3)

Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R máx. Exterior Vehículo (E)	R mín. interior vehículo (I)	Ángulo máximo dirección	Ángulo máximo articulación
30º	14,06 m	8,89 m	16,7º	15,5º
60º	14,17 m	7,22 m	21,3º	29,6º
90º	14,20 m	5,91 m	22,7º	41,0º
120º	14,21 m	4,85 m	23,1º	49,9º
150º	14,21 m	3,98 m	23,2º	56,7º
180º	14,22 m	3,24 m	23,2º	62,1º

SECCIÓN 203

Características del tránsito

203.01 Generalidades

Las características y el diseño de una carretera deben basarse, explícitamente, en la consideración de los volúmenes de tránsito y de las condiciones necesarias para circular por ella, con seguridad vial ya que esto le será útil durante el desarrollo de carreteras y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de definición geométrica, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transportes.

La financiación, la calidad de los terrenos, la disponibilidad de materiales, el costo del derecho de vía, y otros factores tienen una influencia importante en el diseño, sin embargo, el volumen de tránsito indica la necesidad de la mejora y afecta directamente a las características de diseño geométrico como son el número de carriles, anchos, alineaciones, etc.

Conjuntamente con la selección del vehículo de proyecto, se debe tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía, obtenida sobre la base de estudio de tráfico y sus proyecciones que consideren el desarrollo futuro de la zona tributaria de la carretera y la utilización que tendrá cada tramo del proyecto vial.

203.02 Índice medio diario anual (IMDA)

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual.

203.03 Clasificación por tipo de vehículo

Expresa, en porcentaje, la participación que le corresponde en el IMDA a las diferentes categorías de vehículos, que acorde al Reglamento Nacional de Vehículos, son las siguientes:

- **Categoría L**: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.
  - L1: Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm^3 y velocidad máxima de 50 km/h.
  - L2: Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm^3 y velocidad máxima de 50 km/h.
  - L3: Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm^3 o velocidad mayor a 50 km/h.
  - L4: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm^3 ó una velocidad mayor de 50 km/h.
  - L5: Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm^3 ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no exceda de una tonelada.
- **Categoría M**: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.
  - M1: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.
  - M2: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
  - M3: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

  Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:
  - Clase I: Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos.
  - Clase II: Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.
  - Clase III: Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.
- **Categoría N**: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.
  - N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.
  - N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.
  - N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

- **Categoría O**: Remolques (incluidos semirremolques).
  - O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.
  - O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.
  - O3: Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas.
  - O4: Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.
- **Categoría S** : Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:
  - SA : Casas rodantes
  - SB : Vehículos blindados para el transporte de valores
  - SC : Ambulancias
  - SD : Vehículos funerarios

  Los símbolos SA, SB, SC y SD deben ser combinados con el símbolo de la categoría a la que pertenece, por ejemplo: Un vehículo de la categoría N1 convertido en ambulancia será designado como N1SC.

Los tipos de vehículos indicados pueden variar, y por tanto para el diseño debe emplearse, los aprobados en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente.

203.04 Volumen horario de diseño (VHD)

El patrón de tráfico en cualquier carretera, muestra una variación considerable en los volúmenes de tránsito, durante las distintas horas del día y de cada hora durante todo el año.

En caminos de alto tránsito, es el volumen horario de diseño (VHD), y no el IMDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto, para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables. Por lo tanto, una decisión clave para el diseño, consiste en determinar cuál de estos volúmenes de tránsito por hora, debe ser utilizado como base para el diseño.

El VHD deberá obtenerse a partir de un ordenamiento decreciente, de los mayores volúmenes horarios registrados a lo largo de todo un año. Al graficar estos valores se podrá establecer el volumen horario de demanda máxima normal, que para la mayoría de los caminos de tránsito mixto (aquellos que no presentan un componente especializado preponderante, por ejemplo: turismo), coincide con el volumen asociado a la trigésima hora de mayor demanda. Los volúmenes asociados a las horas, que ocupan las primeras posiciones en el ordenamiento decreciente, se consideran máximos extraordinarios, en los que se acepta cierto grado de congestión al final de la vida útil del proyecto. El volumen asociado a la trigésima hora será mayor aunque muy similar, a los volúmenes previsibles en una gran cantidad de

horas al año que figuran a continuación de la trigésima hora, de allí su definición como máximo normal.

De esta forma, si se ordenan por magnitudes decrecientes los volúmenes horarios en ambos sentidos de circulación de las 8760 horas de un año, se denomina Volumen de la Hora Trigésima al que ocupa el rango trigésimo de dicho ordenamiento. En otros términos es el volumen horario que durante el transcurso del año sólo es superado 29 veces.

De lo anteriormente expuesto se infiere que el VHD considera las demandas críticas tomando en cuenta las variaciones estacionales y diarias que normalmente presenta una carretera. Por otra parte el VHD debe ser proyectado al término del período de diseño a fin de considerar su evolución en el tiempo.

El volumen horario de proyecto corresponde a un porcentaje entre el 12% y el 18% del IMDA estimado para el año horizonte del proyecto.

A falta de información estadística que permita elaborar el análisis detallado del comportamiento horario actual de una ruta existente o para estimar el VHD, de una nueva ruta, se podrá utilizar la relación empírica extensamente comprobada en caminos de tránsito mixto, que relaciona el IMDA con el VHD:

$$VHD_{año\ i} = 0{,}12 \sim 0{,}18\ IMDA_{año\ i}$$

Coeficientes del orden de 0,12 corresponden por lo general a carreteras de tránsito mixto con variaciones estacionales moderadas.

Coeficientes del orden de 0,18 se asocian a carreteras con variaciones estacionales marcadas, causadas normalmente por componentes de tipo turístico.

Es importante hacer notar que mientras no se prevea un cambio importante en las proporciones en que participan los diferentes componentes de tránsito (industrial, agrícola, minero, turístico, etc.), la relación entre el VHD y el IMDA se mantendrá razonablemente constante.

En cuanto a la composición por categoría de vehículo, es necesario tener presente que los volúmenes horarios máximos se producen por un incremento de los vehículos ligeros, y en los casos con componente turística, este incremento se da en días coincidentes con una baja en el volumen de camiones. En definitiva el VHD presentará una composición porcentual diferente de la que se observa para el IMDA, situación que deberá analizarse en cada caso particular.

203.05 Crecimiento del tránsito

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto.

No obstante, el establecimiento de la vida útil de una carretera, requiere la evaluación de las variaciones de los principales parámetros en cada segmento de la misma, cuyo análisis reviste cierta complejidad por la obsolescencia de la propia infraestructura o inesperados cambios en el uso de la tierra, con las consiguientes modificaciones en los volúmenes de tráfico, patrones, y

demandas. Para efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño un periodo de veinte años.

La definición geométrica de las nuevas carreteras, o en el caso de mejoras en las ya existentes, no debe basarse únicamente en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerar, el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro.

De esta forma, deberán establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño. Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente, elaborar un programa de construcción por etapas.

A continuación se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito:

$$P_f = P_0 (1+T_c)^n$$

Dónde:

P_f : tránsito final.

P_0 : tránsito inicial (año base).

T_c : tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

n : año a estimarse.

(*) La proyección debe también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos índices de crecimiento correspondientes a la región que normalmente cuenta con datos estadísticos de estas tendencias.

SECCIÓN 204

Velocidad de diseño

204.01 Definición

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazado, debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

El proyectista, para garantizar la consistencia de la velocidad, debe identificar a lo largo de la ruta, tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas, se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, denominada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo, es la base para la definición de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo. Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

1) La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3,0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4,0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).

2) La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).

No obstante lo anterior, si debido a un marcado cambio en el tipo de terreno en un corto sector de la ruta, es necesario establecer un tramo con longitud menor a la especificada, la diferencia de su Velocidad de Diseño con la de los tramos adyacentes no deberá ser mayor de diez kilómetros por hora (10 km/h).

204.02 Velocidad de diseño del tramo homogéneo

La Velocidad de Diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la Velocidad de Diseño en el rango que se indica en la **Tabla 204.01.**

Tabla 204.01

Rangos de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

CLASIFICACIÓN	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

204.03 Velocidad específica de los elementos que integran el trazado en planta y perfil

La velocidad máxima de un vehículo en un momento dado, está en función principalmente, a las restricciones u oportunidades que ofrezca el trazado de la carretera, el estado de la superficie de la calzada, las condiciones climáticas, la intensidad del tráfico y las características del vehículo.

En tal sentido, es necesario dimensionar los elementos geométricos de la carretera, en planta, perfil y sección transversal, en forma tal que pueda ser recorrida con seguridad, a la velocidad máxima asignada a cada uno de dichos elementos geométricos.

La velocidad máxima con que sería abordado cada elemento geométrico, es la Velocidad Específica con la que se debe diseñar. El valor de la Velocidad Específica de un elemento geométrico depende esencialmente de los siguientes parámetros:

- Del valor de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo en que se encuentra incluido el elemento. La condición deseable es que a la mayoría de los elementos geométricos que integran el tramo

homogéneo se les pueda asignar como Velocidad Específica, el valor de la Velocidad de Diseño del tramo

- De la geometría del trazado inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido en que el vehículo realiza el recorrido.

Para asegurar la mayor homogeneidad posible en la Velocidad Específica de curvas y tangentes, lo que necesariamente se traduce en mayor seguridad para los usuarios, requiere que las Velocidades Específicas de los elementos que integran un tramo homogéneo sean iguales a la Velocidad de Diseño del tramo o no superen esta velocidad en más de veinte kilómetros por hora.

La secuencia general para la asignación de la Velocidad Específica de los elementos geométricos en planta y perfil es la siguiente:

1) En el proceso de diseño en planta:

- Partiendo de la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo adoptada, asignar la Velocidad Específica a cada una de las curvas horizontales.

- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales, asignar la velocidad específica a las tangentes horizontales.

2) En el proceso de diseño en perfil:

- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las curvas horizontales y a las tangentes horizontales, asignar la Velocidad Específica a las curvas verticales

- Partiendo de la Velocidad Específica asignada a las tangentes horizontales, asignar la Velocidad Específica a las tangentes verticales.

204.04 Velocidad específica en las curvas horizontales

Para asignar la Velocidad Específica a las curvas horizontales incluidas en un Tramo homogéneo, se consideran los siguientes parámetros:

- La Velocidad de Diseño del Tramo homogéneo en que se encuentra la curva horizontal.
- El sentido en que el vehículo recorre la carretera.
- La Velocidad Específica asignada a la curva horizontal anterior.
- La longitud del segmento en tangente anterior. Para efectos de éste Manual, se considera segmento en tangente a la distancia horizontal medida entre los puntos medios de las espirales de las curvas al inicio y al final del segmento si éstas son espiralizadas o entre el PT y el PC de las curvas si son circulares.
- La deflexión en la curva analizada.

204.04.01 Criterios para la asignación de la velocidad Específica en las curvas horizontales

La Velocidad Específica de cada una de las curvas horizontales, se debe establecer atendiendo a los siguientes criterios:

1) La Velocidad Específica de una curva horizontal, no puede ser menor que la Velocidad de Diseño del tramo, ni superior a ésta en veinte kilómetros por hora.

2) La Velocidad Específica de una curva horizontal, debe ser asignada teniendo en cuenta la Velocidad Específica de la curva horizontal anterior y la longitud del segmento en tangente anterior.

3) La diferencia entre las Velocidades Específicas de la última curva horizontal de un tramo y la primera del siguiente, están en función de la Velocidad de Diseño de los tramos contiguos y de la longitud del segmento en tangente entre dichas curvas.
   Es necesario enfatizar que para no desvirtuar el valor asignado a la Velocidad de Diseño del Tramo, cada vez que las condiciones topográficas del terreno lo permitan, se debe plantear una propuesta del eje que conduzca, al momento de asignar la Velocidad Específica a las curvas horizontales, a que éstas Velocidades Específicas resulten lo más cercanas posible a la Velocidad de Diseño del tramo homogéneo.

204.04.02 Velocidad en la tangente horizontal

Para la verificación de la Distancia de visibilidad de adelantamiento, en una tangente horizontal y para la asignación de la Velocidad Específica de una curva vertical, incluida en dicha tangente, es necesario establecer la probable velocidad a la que circularían los vehículos por ella. En carreteras de una calzada, un vehículo puede ingresar a la tangente saliendo de la curva horizontal localizada en un extremo, que tiene una determinada Velocidad Específica, o saliendo de la curva localizada en el otro extremo, que también tiene su propia Velocidad Específica. Los vehículos van a circular por la tangente a la velocidad a la que salieron de la curva siendo críticos los que entraron a la tangente desde la curva horizontal que presenta la Velocidad Específica mayor. En consecuencia, la Velocidad Específica de la tangente horizontal, debe ser igual a la mayor de las dos Velocidades Específicas de las curvas horizontales extremas.

204.04.03 Velocidad específica de la curva vertical

La Velocidad Específica de la curva vertical, cóncava o convexa, es la máxima velocidad a la que puede ser recorrida en condiciones de seguridad. Con ella se debe elegir su longitud y verificar la Distancia de visibilidad de parada. Si la curva vertical coincide con una curva horizontal, que tiene una Velocidad Específica dada, la Velocidad Específica de la curva vertical debe ser igual a la Velocidad Específica de la curva horizontal. Si la curva vertical está localizada dentro de

una tangente horizontal con una Velocidad Específica dada, la Velocidad Específica de la curva vertical debe ser igual a la Velocidad Específica de la tangente horizontal.

204.04.04 Velocidad específica de la tangente vertical

La velocidad específica con la que se diseñen los elementos geométricos en perfil debe coincidir con la velocidad específica asignada a los elementos geométricos en planta. La pendiente máxima que se le puede asignar a una tangente vertical, es la asociada a la velocidad específica de la tangente horizontal coincidente. En consecuencia, la Velocidad Específica de la tangente vertical, es igual a la Velocidad Específica de la tangente horizontal.

204.05 Velocidad de marcha

Denominada también velocidad de crucero, es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, la vía y los dispositivos de control. Es una medida de la calidad del servicio que una vía proporciona a los conductores y varía durante el día, principalmente, por la modificación de los volúmenes de tránsito.

Es deseable que la velocidad de marcha de una gran parte de los conductores, sea inferior a la velocidad de diseño. La experiencia indica que la desviación de este objetivo es más evidente y problemática en las curvas horizontales más favorables. En particular, en las curvas con bajas velocidades de diseño (en relación a las expectativas del conductor) se suele conducir a velocidades mayores lo que implica menores condiciones de seguridad. Por tanto, es importante que la velocidad de diseño utilizada para la configuración de la curva horizontal sea un reflejo conservador de la velocidad que se espera de la instalación construida.

El promedio de la velocidad de marcha en una carretera determinada varía durante el día, dependiendo sobre todo del volumen de tránsito. Por tanto, cuando se hace referencia a una velocidad de marcha, se deberá indicar claramente si esta velocidad representa las horas de mayor demanda, fuera de las horas de mayor demanda, o un promedio para el día. Las horas de mayor demanda y el resto se utilizan en el proyecto y operación, mientras que la velocidad promedio de funcionamiento durante todo un día se utiliza en los análisis económicos.

El efecto del volumen de tránsito en la velocidad de marcha promedio puede ser determinado de la siguiente manera:

- En las autopistas de primera y segunda clase, la velocidad de marcha es relativamente insensible al volumen de tránsito. Sin embargo, cuando éste se aproxima al máximo de la carretera, la velocidad disminuye sustancialmente.
- En las carreteras de primera, segunda y tercera clase, la velocidad disminuye linealmente con el incremento del tránsito, en el rango existente entre cero y la capacidad de la carretera.

Cuando no se disponga de un estudio de campo bajo las condiciones prevalecientes a analizar, se tomarán como valores teóricos, los comprendidos entre el 85% y el 95% de la velocidad de diseño, tal como se muestran en la **Tabla 204.02**.

Tabla 204.02

Velocidades de marcha teóricas en función de la velocidad de diseño (km)

Velocidad de diseño	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0	120,0	130,0
Velocidad media de marcha	27,0	36,0	45,0	54,0	63,0	72,0	81,0	90,0	99,0	108,0	117,0
Rangos de velocidad media	25,5 @ 28,5	34,0 @ 38,0	42,5 @ 47,5	51,0 @ 57,0	59,5 @ 66,5	68,0 @ 76,0	76,5 @ 85,5	85,0 @ 95,0	93,5 @ 104,5	102,0 @ 114,0	110,5 @ 123,5

204.06 Velocidad de operación

Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente.

Si el tránsito y las interferencias son bajas, la velocidad de operación del vehículo es del orden de la velocidad de diseño por tramo homogéneo, no debiendo sobrepasar a ésta. A medida que el tránsito crece, la interferencia entre vehículos aumenta, tendiendo a bajar la velocidad de operación del conjunto. Este concepto es básico para evaluar la calidad del servicio que brinda una carretera, así como parámetro de comparación, entre una vía existente con características similares a una vía en proyecto, a fin de seleccionar una velocidad de diseño por tramos homogéneos, lo más acorde con el servicio que se desee brindar.

Un concepto utilizado para la mejor estimación de la velocidad de operación, es el denominado percentil 85 de la velocidad, que consiste en determinar la velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos. Considerando la velocidad de operación en cada punto del camino, es posible construir un diagrama de velocidad de operación: velocidad de operación – distancia, dónde se podrán apreciar aquellos lugares que puedan comprometer la seguridad en el trazado. El análisis del indicado diagrama, constituye el método más común, para evaluar la consistencia del diseño geométrico. En la **Tabla 204.03** (ecuaciones de Fitzpatrick), se puede apreciar estimaciones para la determinación de velocidades de operación.

Tabla 204.03
Ecuaciones de Fitzpatrick para la estimación de velocidades de operación

	Condiciones de alineamiento	Ecuación
1	Curva horizontal sobre pendiente (-9% < i < -4%)	$V85 = 102{,}10 - \frac{3077{,}13}{R}$
2	Curva horizontal sobre pendiente (-4% < i < 0%)	$V85 = 105{,}98 - \frac{3709{,}90}{R}$
3	Curva horizontal sobre pendiente (0% < i < 4%)	$V85 = 104{,}82 - \frac{3574{,}51}{R}$
4	Curva horizontal sobre pendiente (4% < i < 9%)	$V85 = 96{,}61 - \frac{2752{,}19}{R}$
5	Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag)	$V85 = 105{,}32 - \frac{3438{,}19}{R}$
6	Curva horizontal combinada con curvas convexas sin limitación de visibilidad	(Nota 2)
7	Curva horizontal combinada con curvas convexas con limitación de visibilidad (K≤ 43 m / %)	$V85 = 103{,}24 - \frac{3576{,}51}{R}$; (nota 2)
8	Curva vertical cóncava sobre recta horizontal	V85 se asume como la velocidad deseada
9	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad no limitada (K> 43 m / %) sobre recta horizontal	V85 se asume como la velocidad deseada
10	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad limitada (K≤ 43 m / %) sobre recta horizontal	$V85 = 105{,}08 - \frac{149{,}69}{K}$

Notas:

1) Usa la menor velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes).

2) Además, comparar con la velocidad estimada con las ecuaciones 1 o 2 (para pendientes descendentes) y 3 o 4 (para pendientes ascendentes) y usar la menor. Esto asegurará que la velocidad estimada a lo largo de curvas combinadas no será mejor que si sólo la curva horizontal está presente. Es decir, la inclusión de una curva convexa con visibilidad limitada resulte en una mayor velocidad.

V85 Percentil 85 de velocidad de automóviles (km/h)

R Radio de curva (m)

Teniendo como base los conceptos antes indicados, así como los criterios y parámetros técnicos de diseño establecidos en el presente Manual, en la **Tabla 204.04** se presentan valores de velocidades máximas de operación, en función a la clasificación de la carretera, el tipo de vehículo y las condiciones orográficas.

Tabla 204.04

Valores de velocidades máximas de operación

Clasificación de la carretera	Velocidad máxima de operación (km/h)		
	Vehículos ligeros	Vehículos pesados	
		Buses	Camiones (5)
Autopista 1ra clase	(1) 130	100	90
	(2) 120	90	80
	(3) 100	80	70
	(4) 90	70	60
Autopista 2da clase	(1) 120	90	80
	(2) 120	90	80
	(3) 100	80	70
	(4) 90	70	60
Carretera 1ra clase	(1) 100	90	80
	(2) 100	80	70
	(3) 90	70	60
	(4) 80	60	50

Notas:

1) Orografía plana (1)
2) Orografía ondulada (2)
3) Orografía accidentada (3)
4) Orografía escarpada (4)
5) Para vehículos de transporte de mercancía peligrosa la velocidad máxima de operación es 70 km/h, o la que establezca el Reglamento Nacional de Tránsito, vigente.
6) Las autoridades competentes, podrán fijar velocidades de operación inferiores a las indicadas en la tabla, en función a las particularidades de cada vía.
7) Las autoridades competentes, deben señalizar la máxima velocidad de operación, principalmente al inicio de cada Tramo Homogéneo.
8) Según las particularidades de las carreteras de Segunda Clase y Tercera Clase, las autoridades competentes establecerán las velocidades máximas de operación.

SECCIÓN 205

Distancia de visibilidad

205.01 Definición

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

- Visibilidad de parada.
- Visibilidad de paso o adelantamiento.
- Visibilidad de cruce con otra vía.

Las dos primeras influencian el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratadas en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme. Los casos con condicionamiento asociados a singularidades de planta o perfil se tratarán en las secciones correspondientes.

205.02 Distancia de visibilidad de parada

Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Dp = \frac{V\ t_p}{3{,}6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de diseño

t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

f : Coeficiente de fricción, pavimento húmedo

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i : Subidas respecto al sentido de circulación

-i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

El primer término de la fórmula representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (dt_p) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención (df).

El tiempo de reacción de frenado, es el intervalo entre el instante en que el conductor reconoce la existencia de un objeto, o peligro sobre la plataforma, adelante y el instante en que realmente aplica los frenos. Así se define que el tiempo de reacción mínimo adecuado será por lo menos de 2 segundos.

La distancia de frenado aproximada de un vehículo, sobre una calzada plana puede determinarse mediante la siguiente fórmula:

$$d = \frac{V^2}{254\ a}$$

Dónde:

d : distancia de frenado en metros

V : velocidad de diseño en km/h

a : deceleración en m/s^2 (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo)

Se considera obstáculo aquél de una altura ≥ a 0,15 m, con relación a los ojos de un conductor que está a 1,07 m sobre la rasante de circulación.

Si en una sección de la vía no es posible lograr la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de diseño, se deberá señalizar dicho sector con la velocidad máxima admisible, siendo éste un recurso excepcional que debe ser autorizado por la entidad competente.

Asimismo, la pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Ésta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada => a 6% y para velocidades de diseño > a 70 km/h.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será ≥ a la distancia de visibilidad de parada. La **Tabla 205.01** muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño y de la pendiente.

Tabla 205.01

Distancia de visibilidad de parada (metros)

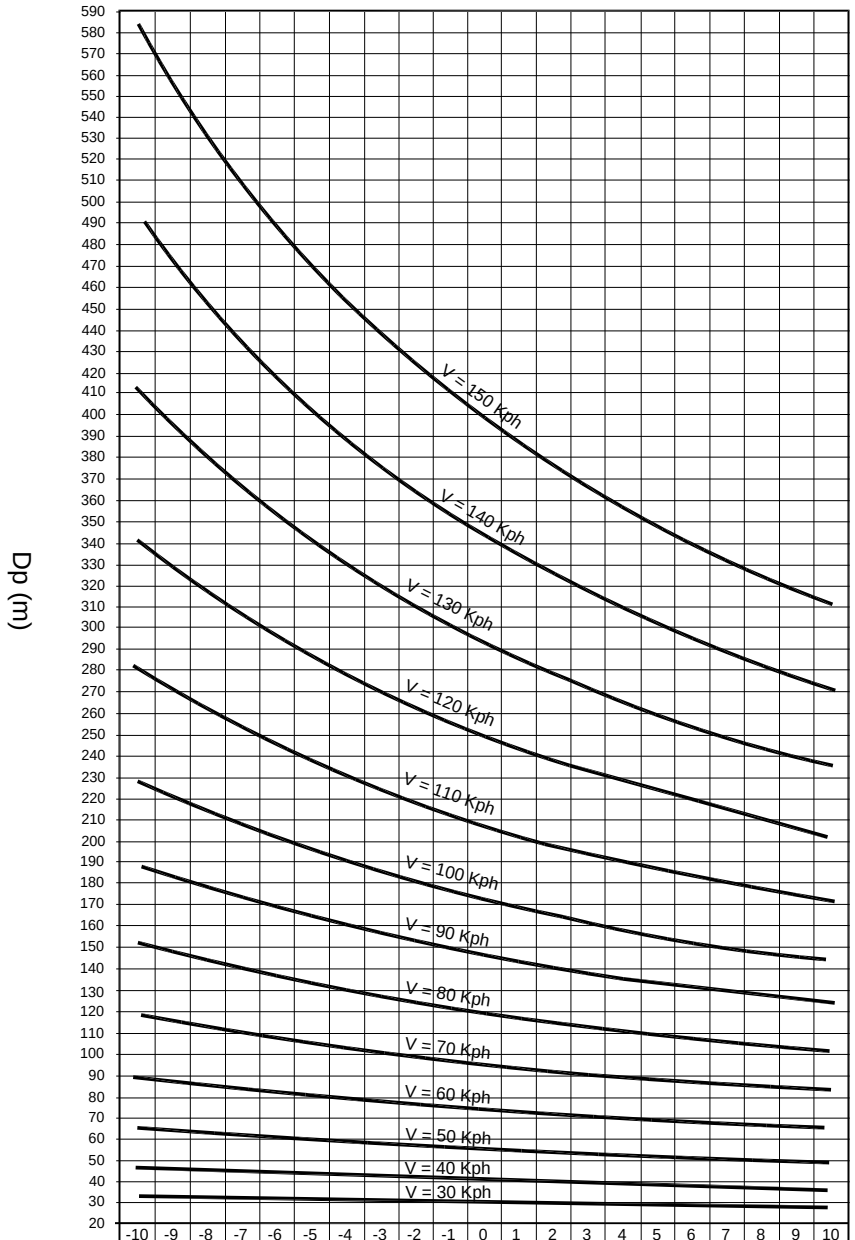
Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75
70	105	110	116	124	100	97	93
80	130	136	144	154	123	118	114
90	160	164	174	187	148	141	136
100	185	194	207	223	174	167	160
110	220	227	243	262	203	194	186
120	250	283	293	304	234	223	214
130	287	310	338	375	267	252	238

La distancia de visibilidad de parada también podrá determinarse de la **Figura 205.01**

Figura 205.01

Distancia de visibilidad de parada

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (Dp)



VELOCIDAD	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30 KPH	33	33	33	32	32	32	31	31	31	30	30	30	30	29	29	29	29	29	29	28	28
40 KPH	46	45	44	44	43	42	42	41	41	40	40	39	39	39	38	38	38	37	37	37	36
50 KPH	65	64	62	61	60	59	58	57	56	56	55	54	53	53	52	51	51	50	50	49	49
60 KPH	90	88	86	84	82	81	90	78	76	75	74	73	72	71	70	69	68	67	66	66	65
70 KPH	119	116	113	110	108	105	103	101	99	97	96	94	92	91	90	88	87	86	85	84	83
80 KPH	152	147	143	140	136	133	130	127	124	122	120	117	115	113	112	110	108	107	105	104	102
90 KPH	189	183	178	173	168	141	141	156	153	150	147	144	141	139	136	134	132	130	128	126	124
100 KPH	229	221	204	207	201	196	191	186	181	177	173	169	166	162	159	156	154	151	148	146	144
110 KPH	282	272	262	253	246	238	231	225	219	214	209	204	199	195	191	187	184	180	177	174	171
120 KPH	343	330	318	306	296	287	278	270	262	255	249	243	237	232	227	222	217	213	209	205	202
130 KPH	413	396	380	366	353	341	330	320	311	302	294	286	279	272	266	260	255	249	244	240	235
140 KPH	495	473	453	435	419	403	490	377	365	354	344	335	326	318	310	303	296	290	284	278	272
150 KPH	584	557	532	509	489	471	454	438	424	411	398	387	376	366	357	348	340	333	325	318	312

PENDIENTE (%)

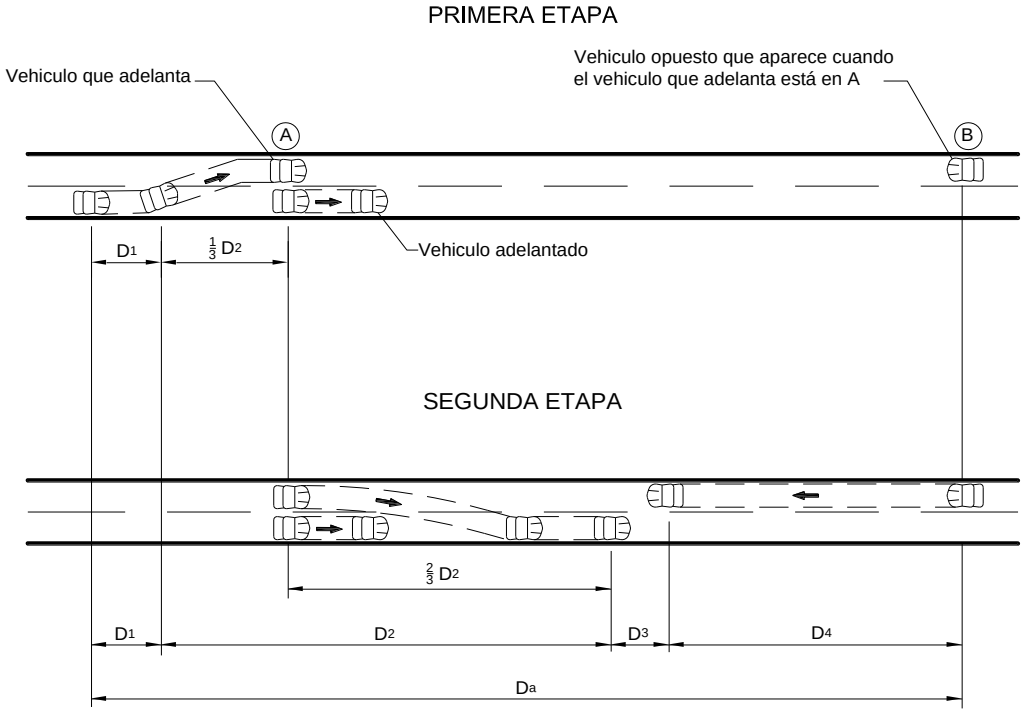
205.03 Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento

Es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Dichas condiciones de comodidad y seguridad, se dan cuando la diferencia de velocidad entre los vehículos que se desplazan en el mismo sentido es de 15 km/h y el vehículo que viaja en sentido contrario transita a la velocidad de diseño.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, dónde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto.

Figura 205.02

Distancia de visibilidad de adelantamiento



La distancia de visibilidad de adelantamiento, de acuerdo con la **Figura 205.02**, se determina como la suma de cuatro distancias, así:

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Dónde:

D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.

D_1 : Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros

D_2 : Distancia recorrida por el vehículo que adelante durante el tiempo

desde que invade el carril de sentido contrario hasta que regresa a sus carril, en metros.

D_3 : Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en sentido contrario, en metros.

D_4 : Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario (estimada en 2/3 de D_2), en metros.

Se utilizarán como guías para el cálculo de la distancia de visibilidad de adelantamiento la **Figura 205.02** y los valores indicados en el Manual AASHTO – 2004 que se presentan en la **Tabla 205.02** para cuatro (4) rangos de Velocidad Específica de la tangente.

Por seguridad, la maniobra de adelantamiento se calcula con la velocidad específica de la tangente en la que se efectúa la maniobra.

$$D_1 = 0{,}278\, t_1 \left(V - m + \frac{a\ t_1}{2} \right)$$

Dónde:

t_1 : Tiempo de maniobra, en segundos.

V : Velocidad del vehículo que adelante, en km/h.

a : Promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento, en km/h.

m : Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, igual a 15 km/h en todos los casos.

El valor de las anteriores variables se indica en la **Tabla 205.02** expresado para rangos de velocidades de 50-65, 66-80, 81-95 y 96-110 km/h. En la misma **Tabla 205.02** se presentan los ejemplos de cálculo para ilustrar el procedimiento.

$$D_2 = 0{,}278\ V\ t_2$$

Dónde:

V : Velocidad del vehículo que adelanta, en km/h.

t_2 : Tiempo empleado por el vehículo en realizar la maniobra para volver a su carril en segundos.

El valor de t_2 se indica en la **Tabla 205.02**

$$D_3 = \text{Distancia variable entre 30 y 90 m}$$

El valor de esta distancia de seguridad (D_3) para cada rango de velocidades se indica en la **Tabla 205.02**

$$D_4 = \frac{2}{3} D_2$$

Tabla 205.02

Elementos que conforman la distancia de adelantamiento y ejemplos de cálculo

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO	RANGO DE VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V(km/h)			
	56,2[1]	70[1]	84,5[1]	99,8[1]
Maniobra inicial:				
a: Promedio de aceleración (Km/h/s)	2,25	2,3	2,37	2,41
t_1: Tiempo (s)	3,6	4	4,3	4,5
d_1: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	45	66	89	113
Ocupación del carril contrario:				
t_2: Tiempo (s)	9,3	10	10,7	11,3
d_2: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	145	195	251	314
Distancia de seguridad:				
d_3: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	30	55	75	90
Vehículos en sentido opuesto:				
d_4: Distancia de recorrido en la maniobra (m)	97	130	168	209
$D_a = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$	317	446	583	726

[1] Valores típicos para efectos del ejemplo de cálculo de las distancias d_1, d_2, d_3, d_4 y Da.

En la **Tabla 205.03** se presentan los valores mínimos recomendados para la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, calculados con los anteriores criterios para carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación.

Tabla 205.03

Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de dos carriles dos sentidos

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO ADELANTADO (km/h)	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V (km/h)	MÍNIMA DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO D_A (m)	
			CALCULADA	REDONDEADA
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Se debe procurar obtener la máxima longitud posible en que la visibilidad de paso o adelantamiento sea superior a la mínima de la tabla anterior. Por tanto, como norma de diseño, se debe proyectar, para carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación, tramos con distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, de manera que en tramos de cinco kilómetros, se tengan varios subtramos de distancia mayor a la mínima especificada, de acuerdo a la velocidad del elemento en que se aplica.

De lo expuesto se deduce que la visibilidad de paso o adelantamiento se requiere sólo en carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación.

Para ordenar la circulación en relación con la maniobra de paso o adelantamiento, se pueden definir:

- Una zona de preaviso, dentro de la que no se debe iniciar un adelantamiento, pero sí, se puede completar uno iniciado con anterioridad.
- Una zona de prohibición propiamente dicha, dentro de lo que no se puede invadir el carril contrario.

En carreteras de dos carriles con doble sentido de circulación, debido a su repercusión en el nivel de servicio y, sobre todo, en la seguridad de la circulación, se debe tratar de disponer de las máximas longitudes con posibilidad de adelantamiento de vehículos más lentos, siempre que la intensidad de la circulación en el sentido opuesto lo permita. Dichas longitudes quedan definidas en la **Tabla 205.04** de este Manual.

Tanto los tramos en los que se pueda adelantar como aquellos en los que no se pueda deberán ser claramente señalizados.

Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1,30 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1,07 m.

Tabla 205.04

Máximas longitudes sin visibilidad de paso o adelantamiento

Categoría de vía	Longitud
Autopistas de primera y segunda clase	1.500 m
Carretera de Primera clase	2.000 m
Carretera de Segunda clase	2.500 m

Las distintas normativas existentes no introducen correcciones a la distancia de adelantamiento por efecto de la pendiente, sin embargo, la capacidad de aceleración es menor que en terreno llano y por ello resulta conveniente considerar un margen de seguridad para pendientes mayores del 6,0%, según se señala a continuación.

En pendientes mayores del 6,0% usar distancia de visibilidad de adelantamiento correspondiente a una velocidad de diseño de 10 km/h superior a la del camino en estudio.

Si la velocidad de diseño es 100 km/h, considerar en estos casos una distancia de visibilidad de adelantamiento ≥650 m.

Es decir, se adopta para esas situaciones, como valor mínimo de distancia de visibilidad de paso o adelantamiento, el correspondiente a una velocidad de diseño de 10 km/h superior a la del camino en estudio. Si en la zona que se analiza, no se dan las condiciones para adelantar requeridas por la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento corregida por pendiente, el proyectista considerará la posibilidad de reducir las características del elemento vertical que limita el paso o adelantamiento, a fin de hacer evidente que no se dispone de visibilidad para esta maniobra, quedando ello señalizado. En todo caso, dicho elemento vertical siempre deberá asegurar la distancia de visibilidad de parada.

Los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, deberán distribuirse lo más homogéneamente posible a lo largo del trazado. En un tramo de carretera de longitud superior a 5 km, emplazado en una topografía dada, se procurará que los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, respecto del largo total del tramo, se mantengan dentro de los porcentajes que se indican.

Tabla 205.05

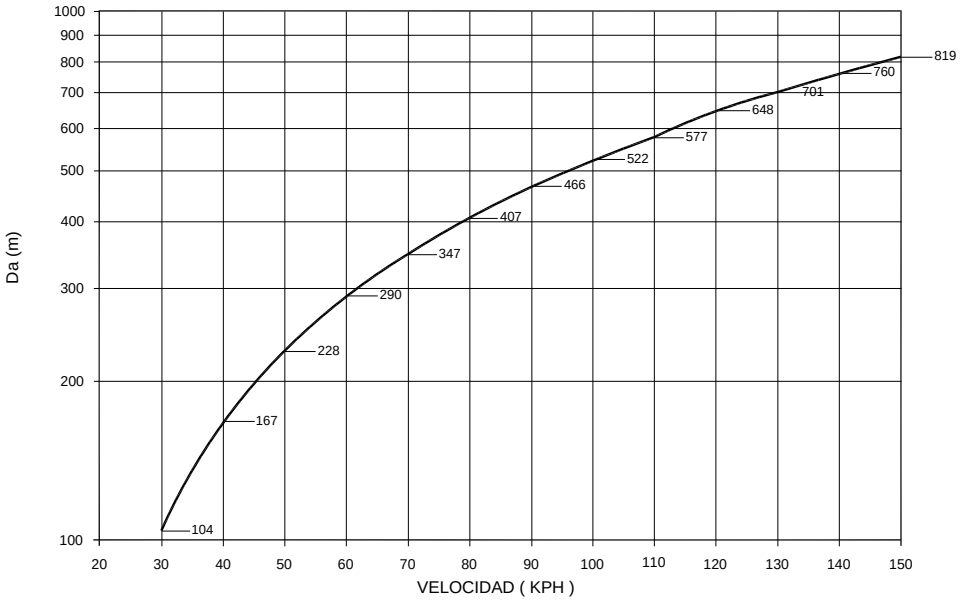
Porcentaje de la carretera con visibilidad adecuada para adelantar

Condiciones orográficas	% mínimo	% deseable
Terreno plano Tipo 1	50	> 70
Terreno ondulado Tipo 2	33	> 50
Terreno accidentado Tipo 3	25	> 35
Terreno escarpado Tipo 4	15	> 25

La distancia de visibilidad de paso también podrá determinarse de la ***Figura 205.03***

Figura 205.03

Distancia de visibilidad de paso (Da)



V (kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Da (m)	110	170	230	290	350	410	470	530	580	650	700	760	820

205.04 Distancia de visibilidad de cruce

La presencia de intersecciones a nivel, hace que potencialmente se puedan presentar una diversidad de conflictos entre los vehículos que circulan por una y otra vía. La posibilidad de que estos conflictos ocurran, puede ser reducida mediante la provisión apropiada de distancias de visibilidad de cruce y de dispositivos de control acordes.

El conductor de un vehículo que se aproxima por la vía principal a una intersección a nivel, debe tener visibilidad, libre de obstrucciones, de la intersección y de un tramo de la vía secundaria de suficiente longitud que le

permita reaccionar y efectuar las maniobras necesarias para evitar una colisión.

La distancia mínima de visibilidad de cruce considerada como segura, bajo ciertos supuestos sobre las condiciones físicas de la intersección y del comportamiento del conductor, está relacionada con la velocidad de los vehículos y las distancias recorridas durante el tiempo percepción - reacción y el correspondiente de frenado.

Por lo antes indicado, en las intersecciones a nivel deberá existir visibilidad continua a lo largo de las vías que se cruzan, incluyendo sus esquinas, que le permita a los conductores que simultáneamente se aproximan, verse mutuamente con anticipación y así evitar colisiones. Ante una situación de éstas, el conductor que circula por la vía secundaria deberá tener la posibilidad de disminuir la velocidad y parar en la intersección con la vía principal.

Las relaciones entre el espacio, el tiempo y la velocidad, definen el triángulo de visibilidad requerido, libre de obstrucciones, o el establecimiento de las modificaciones necesarias en la velocidad de aproximación a los accesos cuando se usa un triángulo de visibilidad de dimensiones menores a la requerida. El triángulo de visibilidad en la aproximación a los accesos de una intersección se muestra en la **Figura 205.04.** Por tanto, cualquier objeto ubicado dentro del triángulo de visibilidad, lo suficientemente alto, que se constituya en una obstrucción a la visibilidad lateral, deberá ser removido.

Por otra parte, después de que un vehículo se ha detenido en el acceso de una intersección por la presencia de una señal de "PARE", su conductor deberá tener la suficiente distancia de visibilidad para realizar una maniobra segura a través del área de la intersección, ya sea para cruzar de frente la vía principal o para girar a la derecha o izquierda.

Simultáneamente se deberá proveer la suficiente distancia de visibilidad a los conductores que viajan sobre la vía principal, la cual deberá ser al menos igual a la distancia que recorre el vehículo sobre la vía principal durante el tiempo que le toma al vehículo de la vía secundaria realizar su maniobra de cruce o giro.

La **Figura 205.04**, muestra el triángulo de visibilidad requerido bajo esta condición.

La distancia de visibilidad para una maniobra de cruce de la vía principal por un vehículo detenido en la vía secundaria, está basada en el tiempo que le toma a este vehículo en transponer la intersección, y la distancia que recorre un vehículo sobre la vía principal a la velocidad de diseño durante el mismo tiempo.

La distancia mínima de visibilidad de cruce necesaria a lo largo de la vía principal se debe calcular mediante la siguiente fórmula:

$$d = 0{,}278\ V_e\ (t_1 + t_2)$$

Dónde:

d : Distancia mínima de visibilidad lateral requerida a lo largo de la vía principal, medida desde la intersección, en metros. Corresponde a las distancias d_1 y d_2 de la **Figura 205.04**

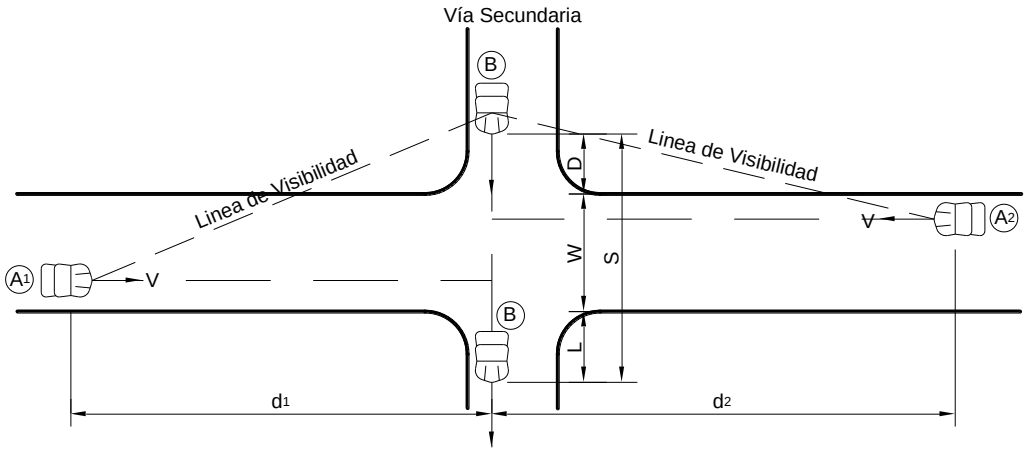
V_e : Velocidad Específica de la vía principal, en km/h. Corresponde a la Velocidad específica del elemento de la vía principal inmediatamente antes del sitio de cruce.

t_1 : Tiempo de percepción – reacción del conductor que cruza, adoptado en dos y medio segundos (2.5 s).

t_2 : Tiempo requerido para acelerar y recorrer la distancia S, cruzando la vía principal, en segundos.

Figura 205.04

Distancia de visibilidad en intersecciones. Triángulo mínimo de visibilidad



En el tiempo t_1 está incluido aquel necesario para que el conductor de un vehículo detenido por el "PARE" sobre la vía secundaria vea en ambas direcciones sobre la vía principal y deduzca si dispone del intervalo suficiente para cruzarla con seguridad.

El tiempo t_2 necesario para recorrer la distancia S depende de la aceleración de cada vehículo. La distancia S se calcula como la suma de:

$$S = D + W + L$$

Dónde:

D : Distancia entre el vehículo parado y la orilla de la vía principal, adoptada como tres metros (3,0 m).

W : Ancho de la vía principal, en metros.

L : Longitud total del vehículo, en metros.

Por tanto, el valor de t_2, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2(D + W + L)}{9{,}8\ a}}$$

Dónde:

D : Tres metros (3.0 m).

W : Ancho de la vía principal, en metros.

L : Depende del tipo de vehículo, así:
- 20,50 m para vehículos articulados (tracto camión con semirremolque).
- 12,30 m para camión de dos ejes
- 5,80 m para vehículos livianos

a : Aceleración del vehículo que realiza la maniobra de cruce, en m/s2.
- 0,055 para vehículos articulados.
- 0,075 para camiones de dos ejes (2).
- 0,150 para vehículos livianos.

En la **Tabla 205.06** se presentan las distancias mínimas de visibilidad, requeridas para cruzar con seguridad la intersección en ángulo recto de una vía principal de 7,20 metros de ancho de superficie de rodadura, partiendo desde la posición de reposo en la vía secundaria ante una señal de "PARE", para diferentes tipos de vehículos.

Tabla 205.06

Distancias mínimas de visibilidad requeridas a lo largo de una vía con ancho 7,20 m, con dispositivo de control en la vía secundaria

VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA VÍA PRINCIPAL km/h	DISTANCIA A LO LARGO DE LA VÍA PRINCIPAL A PARTIR DE LA INTERSECCIÓN d_1, d_2		
	TIPO DE VEHÍCULO QUE REALIZA EL CRUCE		
	LIVIANO L = 5,80 m	CAMIÓN DE DOS EJES L = 12,30 m	TRACTO CAMIÓN DE TRES EJES CON SEMIREMOLQUE DE DOS EJES L = 20.50 m
40	80	112	147
50	100	141	184
60	120	169	221
70	140	197	158
80	160	225	259
90	180	253	332
100	200	281	369
110	219	316	403
120	239	344	440
130	259	373	475

SECCIÓN 206

Control de accesos

206.01 Generalidades

Se define por control de accesos a la acción por la cual se limita parcial o totalmente el ingreso a una carretera, a los ocupantes de las propiedades adyacentes o de las personas en tránsito.

Las principales ventajas del control de accesos, es la preservación del nivel del servicio proyectado y la seguridad vial.

La principal diferencia operacional o funcional, entre una calle o carretera con control parcial de accesos, es el grado de interferencia con el tránsito directo por parte de otros vehículos o peatones que entran, salen o cruzan la carretera.

Con control de accesos, las entradas y las salidas están ubicadas en los puntos adecuados, para un mejor ordenamiento del tránsito y del uso del terreno adyacente, diseñándose para que los vehículos puedan entrar o salir de la vía con seguridad y generando una mínima interferencia con el tránsito directo.

206.02 Accesos directos

Cuando una autopista cruce un área urbana, la frecuencia media de cada acceso directo no deberá sobrepasar 1.000 m, pudiendo variar esta distancia entre 500 m y 1.500 m. En áreas rurales y suburbanas, el promedio de separación será de 2.500 m, pudiendo fluctuar entre 1.500 y 3.500 m.

En áreas rurales se deberán tener presente los siguientes criterios con respecto al control parcial de acceso:

- Cuando las propiedades tengan acceso a un camino existente, se diseñará para que el acceso a la carretera sólo sea a través de las intersecciones construidas para tal objetivo.
- Si tras la construcción de una carretera quedan aisladas varias propiedades contiguas, se construirá una vía para darles conexión con otra vía existente.

206.03 Caminos laterales o de servicios

Un camino lateral es el que se construye adyacente a una carretera para servir los siguientes objetivos:

- Controlar el acceso a la vía construida, procurando así la seguridad vial y libertad deseada para el tránsito de paso.
- Proveer acceso a la propiedad colindante.
- Mantener la continuidad del sistema local de caminos o calles.

- Evitar recorridos largos, provocados por la construcción de la vía.

206.04 Control de acceso y nuevos trazados

Los alineamientos de las autopistas sobre nuevos trazados o caminos existentes, deben realizarse en lo posible, de modo que las propiedades divididas queden con acceso a la red de vías existentes.

La integración de las vías urbanas ubicadas en los lados adyacentes a la nueva autopista, debe efectuarse por medio de vías laterales que serán previstas en el diseño del proyecto.

206.05 Materialización del control de accesos

Se proyectará, implementará y mantendrá las instalaciones que sean necesarias para el control de accesos en una vía.

SECCIÓN 207

Instalaciones al lado de la carretera

207.01 Generalidades

La actividad que se desarrolla en una carretera da origen a la instalación de una serie de dispositivos y obras dentro del Derecho de Vía, las que deben proyectarse y ubicarse de modo que no afecten la normal operación y la seguridad vial. En carreteras con control de accesos, deberán considerarse las normas especificadas en la **Sección 206**.

El diseño de estas instalaciones, debe tener en consideración, la ubicación de los accesos, áreas de estacionamiento, edificaciones, abastecimiento de servicios públicos, áreas de mantenimiento y otros de la zona dónde se desarrolla el proyecto; así como, los aspectos de seguridad vial.

Los tipos de instalaciones al lado de la carretera, más comunes son:

- Instalaciones telefónicas de emergencia.
- Estaciones de peaje y pesaje.
- Servicios de emergencia (grúa, ambulancia y otros).
- Puestos de control de la PNP, SUNAT, SENASA, ADUANA y otros.
- Estaciones gasolineras, restaurantes, hospedajes y otros servicios.
- Paraderos, puentes peatonales, lugares de descanso, miradores y otros.

207.02 Ubicación y frecuencia de las instalaciones

La autoridad competente responsable de otorgar las autorizaciones del uso del Derecho de Vía, determinará la ubicación y frecuencia de las instalaciones laterales, las cuales no deben afectar el buen funcionamiento y seguridad vial de la carretera.

207.03 Condiciones de uso del Derecho de Vía

Las prohibiciones y autorizaciones para la instalación de dispositivos y obras dentro del Derecho de Vía de las carreteras, se rigen por lo establecido en el artículo 37° del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial vigente, que entre otros, está referido a la prohibición de colocación de avisos publicitarios; así como, a las normas y requisitos para otorgar autorizaciones de uso del Derecho de Vía.

207.04 Conexión de las instalaciones laterales con la vía

Todas las instalaciones laterales que se realicen dentro o fuera del Derecho de Vía, estarán conectadas con la vía y deberán construirse de acuerdo a las normas aplicables vigentes y deberán contar con la autorización de la autoridad competente. Según sea el caso, en las autopistas y carreteras de

primera clase se incluirán carriles auxiliares de deceleración y aceleración, y demás elementos de diseño necesarios para una conexión segura.

En las conexiones, sólo se permitirá una vía de entrada y una de salida. En las autopistas no se permitirá el cruce del separador central de una calzada a otra.

207.05 Obstrucciones a la visibilidad

Las edificaciones, arborizaciones u otros elementos que formen parte de las instalaciones dentro o fuera del Derecho de Vía, no deberán obstruir o limitar la visibilidad de la carretera.

SECCIÓN 208

Instalaciones fuera del Derecho de Vía

208.01 Generalidades

La carretera como parte del sistema multimodal de transporte, también cumple la función de facilitar el acceso a otras infraestructuras públicas o privadas de servicios, producción, plataformas logísticas en sus diferentes tipos, plataformas de embarque y desembarque de carga y pasajeros, habilitaciones urbanas y otros, las mismas que, a pesar de estar ubicadas fuera del Derecho de Vía de la carretera, por la naturaleza de la actividad que desarrollan, pueden originar externalidades que atenten contra la seguridad y nivel de servicio de la misma.

En estos casos, el diseño de los accesos a la vía principal, deberá cumplir con los estándares y requisitos mínimos establecidos en la normatividad vigente sobre la materia, que incluirá el Estudio de Impacto Vial correspondiente.

208.02 Autorización para la ubicación, diseño y construcción de los accesos

Las autoridades competentes de la gestión de las tres redes viales, que conforman el SINAC, otorgarán las autorizaciones para la ubicación, diseño y construcción de los accesos a las instalaciones fuera del Derecho de Vía de la carretera, para lo cual, los solicitantes presentarán los estudios técnicos correspondientes, acorde a la normatividad vigente sobre la materia, a fin de no afectar el buen funcionamiento y seguridad vial de la carretera.

En lo que corresponde a la Red Vial Nacional, las indicadas autorizaciones, serán otorgadas por PROVIAS NACIONAL del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

208.03 Seguridad vial en las conexiones con la vía principal

Las conexiones de los accesos con la vía principal, deben efectuarse tomando las previsiones del caso en materia de seguridad vial, de manera que tanto las vías de entrada como de salida, estén dotadas de los elementos y dispositivos necesarios para un adecuado funcionamiento, tales como: carriles auxiliares de deceleración y aceleración, señalización, dispositivos de seguridad y otros. Para el caso de autopistas no se permitirá el cruce del separador central.

SECCIÓN 209

Facilidades para peatones

209.01 Generalidades

Están referidas a la ejecución de obras complementarias o reposición de las existentes e instalaciones auxiliares, necesarias en el desarrollo de un proyecto carretero, con la finalidad de facilitar el tránsito de los peatones con seguridad vial.

209.02 En zonas urbanas

De acuerdo a la categoría de la carretera materia de un proyecto, se preverán las obras o instalaciones auxiliares necesarias, tales como puentes peatonales, veredas, pasos peatonales a nivel, facilidades especiales para el uso de personas discapacitadas, y otros, las que se ejecutarán de acuerdo a las normas aplicables vigentes y serán debidamente señalizadas, acorde a las normas de seguridad vial.

209.03 En zonas rurales

De acuerdo a la categoría de la carretera materia de un proyecto, en las zonas rurales, se preverán las obras o instalaciones auxiliares necesarias, con la finalidad de facilitar el tránsito peatonal y el desarrollo de actividades en zonas laterales que generen concentración de personas, con seguridad vial. Estas obras pueden ser: puentes peatonales, paraderos, pasos peatonales a nivel, facilidades especiales para el uso de personas discapacitadas y otros.

SECCIÓN 210

Valores estéticos y ecológicos

210.01 Generalidades

En el diseño de una carretera se tendrá en cuenta, no sólo su incorporación al paisaje, sino también el aprovechamiento de las bellezas naturales, dichos valores estéticos y ecológicos deberán considerarse conjuntamente con la utilidad, economía, seguridad y demás factores del proyecto. Por tanto, el alineamiento, el perfil y la sección transversal deben guardar armonía con las condiciones del medio, evitando así un quiebre de los factores ecológicos.

210.02 Consideraciones generales

Para lograr los efectos deseados, deberá tenerse en consideración, entre otros aspectos, los que se enumeran a continuación:

- El trazado de la carretera deberá ser tal que el proyecto en ejecución, proteja el medio ambiente y destaquen las bellezas naturales existentes.
- En lo posible, el trazado y el perfil de la carretera deberán acomodarse a las características del terreno, con la finalidad de disminuir el movimiento de tierras.
- Es esencial evitar la destrucción de la vegetación en general.
- Ante la situación de grandes cortes y terraplenes, deberá tenerse presente la posibilidad de diseñar viaductos, túneles o muros.
- Las estructuras deberán ser ubicadas y diseñadas para que, además de prestar su servicio, ofrezcan la mejor estética posible.
- Los taludes, cada vez que sea posible y conveniente, deberán alabearse y tenderse como una manera de disimular las líneas de construcción y permitir el arraigo de la vegetación, de acuerdo a la sección transversal encontrada.
- Las áreas de intersección, deberán proyectarse de tal manera que sus formas se adapten a los contornos naturales.

Sección 211

Capacidad y Niveles de Servicio

Deberá realizarse un análisis de la capacidad de la vía y de los niveles de servicio esperados, según el volumen de demanda y las condiciones reales del proyecto, lo que servirá para evaluar las características y/o restricciones de tránsito, geométricos, ambientales y de calidad del servicio que ofrecerá la vía a los usuarios, con el fin de realizar los ajustes necesarios en los factores y/o parámetros considerados en el diseño geométrico.

Para la ejecución de dicho análisis se presenta a continuación los conceptos generales de capacidad y niveles de servicio, a tener en cuenta para el diseño geométrico.

211.01 Generalidades

La teoría de Capacidad de Carreteras desarrollada por el Transportation Research Board (TRB), a través del Comité de Capacidad de Carreteras y Calidad del Servicio de los Estados Unidos, Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual - HCM vigente), constituye una herramienta para analizar la calidad del servicio que cabe esperar para el conjunto de vehículos que operan en una carretera de características dadas.

A continuación se resumen los principios básicos y se dan algunas tablas elaboradas para ilustrar el concepto de capacidad y nivel de servicio en situaciones particulares. Los valores que aquí se muestran deben ser considerados sólo como indicadores que permiten ilustrar órdenes de magnitud para las condiciones particulares del Perú.

211.02 Tratamiento según tipo de vía

La teoría de Capacidad de Carreteras, da un tratamiento diferente al problema según se trate de:

- Carreteras de dos carriles con tránsito bidireccional: En estos casos se considera que la vía no tiene control de accesos, pero tiene prioridad sobre todas las demás vías que la empalman o cruzan. En caso existan vías de mayor importancia, deberá sectorizarse el camino y analizar por separado los sectores así determinados; posiblemente el punto de cruce pasará a ser un punto crítico.
- Carreteras que cuentan por lo menos con dos carriles adyacentes por calzada para cada sentido de tránsito, sin control de accesos, puede tratarse de una sola calzada sin separación central, o dos calzadas separadas.
- Carreteras de dos o más carriles para tránsito unidireccional por calzada, con control total o parcial de accesos, corresponde al caso de autopistas que cumplan con las condiciones descritas.

211.03 Condiciones ideales o de referencia

A fin de establecer las condiciones que permitan obtener los máximos volúmenes para una cierta calidad del flujo, se definen las condiciones ideales

respecto del tránsito y de las características de la vía. Para condiciones que se apartan de las ideales, la metodología define coeficientes de corrección que permiten calcular los volúmenes máximos asociados a una calidad de flujo, bajo las condiciones prevalecientes. Las condiciones ideales o de referencia son:

- Flujo de Tránsito Continuo. Libre de interferencias.
- Flujo de Tránsito Existente. El Método considera solamente vehículos ligeros (automóviles, camionetas), ello implica la aplicación de factores de corrección por la presencia de vehículos pesados, en función a la topografía del terreno.
- Carriles de 3,6 m, con bermas iguales o mayores a 1,8 m libres de obstáculos. Se considera obstáculo cualquier elemento de más de 0,15 m de alto y su influencia será diferente si se trata de obstáculos continuos o aislados.
- El Alineamiento horizontal y vertical, debe tener una "Velocidad Promedio del Camino" (VDC: velocidad de diseño de sus diversos elementos geométricos ponderada por la longitud), igual o mayor a 110 km/h. En carreteras de dos carriles con tránsito bidireccional debe contarse, además, con distancias de visibilidad adecuadas para adelantar, en forma continua, a lo largo de todo el sector en estudio.

En la práctica, la segunda condición es de rara ocurrencia, ya que lo normal es que en el flujo existan camiones (cualquier vehículo de carga con seis o más ruedas) y buses para el transporte público. La presencia de estos vehículos implica un factor de corrección, cuyo valor base está determinado para trazados que se desarrollan por terrenos de topografía plana. Cuando la topografía es en general ondulada o montañosa la metodología requiere efectuar correcciones adicionales.

211.04 Capacidad de la vía

Se define como el número máximo de vehículos por unidad de tiempo, que pueden pasar por una sección de la vía, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito. Normalmente, se expresa como un volumen horario, cuyo valor no debe sobrepasarse a no ser que las condiciones prevalecientes cambien.

Como valores de referencia se cita a continuación la **Tabla 211.01** "Capacidad en condiciones ideales".

Tabla 211.01
Capacidad en condiciones ideales

Sentido de Tránsito	Clase de vía		Capacidad Ideal
Unidireccional	Carretera	2 carriles por sentido	2.200 VL/h/carril
		3 o más carriles por sentido	2.300 VL/h/carril
	Multicarril		2.200 VL/h/carril
Bidireccional	Dos carriles		2.800 VL/h/ambos sentidos

Como puede observarse, la unidireccionalidad del tránsito, que evita tener que compartir los carriles para efectos de adelantamiento, tiene una importancia capital en la capacidad de una carretera. Las cifras mencionadas representan valores medios determinados, mediante procesos de medición directa y son actualmente aceptadas como válidas internacionalmente.

En las carreteras de dos carriles, la capacidad está afectada por el reparto del tránsito por sentidos, siendo el reparto ideal 50/50; en caso que la situación ideal se presente, la capacidad de ambos sentidos quedará reducida como se indica en la **Tabla 211.02**:

Tabla 211.02
Capacidad de carreteras de dos carriles

Reparto por sentidos	Capacidad total (VL/h)	Relación Capacidad/Capacidad ideal
50/50	2.800	1,00
60/40	2.650	0,94
70/30	2.500	0,89
80/20	2.300	0,86
90/10	2.100	0,75
100/0	2.000	0,71

211.05 Niveles de servicio

Acorde a la teoría de Capacidad de Carreteras, cuando el volumen del tránsito es del orden de la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son malas, aún cuando el tránsito y el camino presenten características ideales. En efecto, la velocidad de operación considerada fluctúa alrededor de 48 km/h para la totalidad de los usuarios y la continuidad del flujo será inestable, pudiendo en cualquier momento interrumpirse, pasando de un flujo máximo a un flujo cero, durante el período de detención.

Es necesario por tanto, que el volumen de demanda sea menor que la capacidad de la carretera, para que ésta proporcione al usuario un nivel de servicio aceptable. La demanda máxima que permite un cierto nivel o calidad de servicio es lo que se define como Volumen de Servicio.

La metodología desarrollada por el TRB define cuatro Niveles de Servicio (**A**, **B**, **C** y **D**) que permiten condiciones de operación superior a las antes descritas. Cuando la carretera opera a capacidad se habla de Nivel **E** y cuando se tiene flujo forzado se le denomina Nivel **F**.

Cuantitativamente, los Niveles de Servicio se establecen a partir de la Velocidad de Operación que permiten y la densidad (VL/km/carril), para las condiciones prevalecientes en la carretera. Dicho de otro modo, el límite inferior de un Nivel de Servicio queda definido por el volumen máximo que permite alcanzar la velocidad de operación especificada como propia de ese nivel.

Los niveles de servicio abarcan un rango de volúmenes menores que el volumen de servicio, que permiten velocidades de operación mayores que la mínima exigida para cada nivel. Cuando el volumen disminuye y la velocidad de operación aumenta hasta el rango definido para el nivel superior, indica que se ha alcanzado dicho nivel; por el contrario, si el volumen aumenta y la velocidad disminuye, se pasa a las condiciones definidas para el nivel inferior.

Las características principales de operación correspondientes a cada nivel son:

Nivel A: Corresponde a las condiciones de libre flujo vehicular. Las maniobras de conducción no son afectadas por la presencia de otros vehículos y están condicionadas únicamente por las características geométricas de la carretera y las decisiones del conductor. Este nivel de servicio ofrece comodidad física y psicológica al conductor. Las interrupciones menores para circular son fácilmente amortiguadas sin que exijan un cambio en la velocidad de circulación.

Nivel B: Indica condiciones buenas de libre circulación, aunque la presencia de vehículos que van a menor velocidad pueden influir en los que se desplazan más rápido. Las velocidades promedio de viaje son las mismas que en el **nivel A,** pero los conductores tienen menor libertad de maniobra. Las interrupciones menores son todavía fácilmente absorbibles, aunque los deterioros locales del nivel de servicio, pueden ser mayores que en el nivel anterior.

Nivel C: En este nivel, la influencia de la densidad de tráfico en la circulación vehicular determina un ajuste de la velocidad. La capacidad de maniobra y las posibilidades de adelantamiento, se ven reducidas por la presencia de grupos de vehículos. En las carreteras de varios carriles con velocidades de circulación mayores a 80 Km/h, se reducirá el libre flujo sin llegar a la detención total. Las interrupciones menores pueden causar deterioro local en el nivel de servicio y se formarán colas de vehículos ante cualquier interrupción significativa del tráfico.

Nivel D: La capacidad de maniobra se ve severamente restringida, debido a la congestión del tránsito que puede llegar a la detención. La velocidad de viaje se reduce por el incremento de la densidad vehicular, formándose colas que impiden el adelantamiento a otros vehículos. Solo las interrupciones menores pueden ser absorbibles, sin formación de colas y deterioro del servicio.

Nivel E: La intensidad de la circulación vehicular se encuentra cercana a la capacidad de la carretera. Los vehículos son operados con un mínimo de espacio entre ellos, manteniendo una velocidad de circulación uniforme. Las interrupciones no pueden ser disipadas de inmediato y frecuentemente causan colas, que ocasionan que el nivel de servicio se deteriore hasta llegar al **nivel F**. Para el caso de las carreteras de varios carriles con velocidad de flujo libre entre 70 y 100 km/h, los vehículos desarrollan velocidades menores, que son variables e impredecibles.

Nivel F: En este nivel, el flujo se presenta forzado y de alta congestión, lo que ocurre cuando la intensidad del flujo vehicular (demanda) llega a ser mayor que la capacidad de la carretera. Bajo estas condiciones, se forman colas en las que se experimenta periodos cortos de movimientos seguidos de paradas. Debe notarse que el **nivel F** se emplea para caracterizar tanto el punto de colapso, como las condiciones de operación dentro de la cola vehicular.

Cabe destacar que la descripción cualitativa dada anteriormente, es válida tanto para carreteras de tránsito bidireccional como para las unidireccionales con o sin control de accesos.

CAPITULO III

DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA, PERFIL Y SECCIÓN TRANSVERSAL

SECCIÓN 301

Generalidades

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Lo antes indicado, se logra haciendo que el proyecto sea gobernado por un adecuado valor de velocidad de diseño; y, sobre todo, estableciendo relaciones cómodas entre este valor, la curvatura y el peralte. Se puede considerar entonces que el diseño geométrico propiamente dicho, se inicia cuando se define, dentro de criterios técnico – económicos, la velocidad de diseño para cada tramo homogéneo en estudio.

Existe en consecuencia una interdependencia entre la geometría de la carretera y el movimiento de los vehículos (dinámica del desplazamiento), y entre dicha geometría y la visibilidad y capacidad de reacción que el conductor tiene al operar un vehículo. Dicho de otra manera, no basta que el movimiento de los vehículos sea dinámicamente posible en condiciones de estabilidad, sino asegurar que el usuario en todos los puntos de la vía, tenga suficiente tiempo para adecuar su conducción a la geometría de ésta y a las eventualidades que puedan presentarse.

En ese contexto, las presentes normas establecen por lo general valores mínimos, es decir, las menores exigencias de diseño. Deberán usarse las mejores características geométricas dentro de los límites razonables de economía, haciendo lo posible por superar los valores mínimos indicados, utilizándolos sólo cuando el mayor costo de mejores características sea injustificado o prohibitivo.

Valores mínimos o máximos deseables pueden considerarse aquellos que corresponden a una velocidad de 10 km/h superior a la velocidad de diseño adoptada para la carretera que se esté proyectando.

Así mismo, las presentes normas no serán consideradas inflexibles y podrá hacerse excepciones, diseñando proyectos con características geométricas por debajo de las especificadas, con la condición de obtener previamente la autorización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En los tramos de carreteras que atraviesan zonas urbanas, también puede haber excepciones a la norma, debido a las restricciones de velocidad, condiciones de las rasantes de las calles en las intersecciones, ubicación de las tapas de buzones de las obras de saneamiento y otros.

SECCIÓN 302

Diseño geométrico en planta

302.01 Generalidades

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

En proyectos de carreteras de calzadas separadas, se considerará la posibilidad de trazar las calzadas a distinto nivel o con ejes diferentes, adecuándose a las características del terreno.

La definición del trazado en planta se referirá a un eje, que define un punto en cada sección transversal. En general, salvo en casos suficientemente justificados, se adoptará para la definición del eje:

En autopistas

- El centro del separador central, si éste fuera de ancho constante o con variación de ancho aproximadamente simétrico.
- El borde interior de la vía a proyectar en el caso de duplicaciones.
- El borde interior de cada vía en cualquier otro caso.

En carreteras de vía única

- El centro de la superficie de rodadura.

302.02 Consideraciones de diseño

Algunos aspectos a considerar en el diseño en planta:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.

- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazado deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas.

- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5º, los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

$$L > 30\ (10 - \Delta),\ \Delta < 5^{o}$$

(L en metros; Δ en grados)

No se usará nunca ángulos de deflexión menores de 59' (minutos).

La longitud mínima de curva (L) será:

Carretera red nacional	L (m)
Autopista de primer y segunda clase	6 V
Primera , segunda y tercera clase	3 V

V = Velocidad de diseño (km/h)

- En carreteras de tercera clase no será necesario disponer curva horizontal cuando la deflexión máxima no supere los valores del siguiente cuadro:

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2º 30´
40	2º 15´
50	1º 50´
60	1º 30´
70	1º 20´
80	1º 10´

En estas carreteras de tercera clase y para evitar la apariencia de alineamiento quebrado o irregular, es deseable que, para ángulos de deflexión mayores a los indicados en el cuadro anterior, la longitud de la curva sea por lo menos de 150 m. Si la velocidad de diseño es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5º, se considera como longitud de curva mínima deseada la longitud obtenida con la siguiente fórmula L = 3V (L = longitud de curva en metros y V = velocidad en km/h). Es preferible no diseñar longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

- Al final de las tangentes extensas o tramos con leves curvaturas, o incluso dónde siga inmediatamente un tramo homogéneo con velocidad de diseño inferior, las curvas horizontales que se introduzcan deberán concordar con la precedente, proporcionando una sucesión de curvas con radios gradualmente decrecientes para orientar al conductor. En estos casos, siempre deberá considerarse el establecimiento de señales adecuadas.

- No son deseables dos curvas sucesivas en el mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo en tangente. Será preferible sustituir por una curva extensa única o, por lo menos, la tangente intermedia por un arco circular, constituyéndose entonces en curva compuesta. Si no es posible adoptar

estas medidas, la tangente intermedia deberá ser superior a 500 m. En el caso de carreteras de tercera clase la tangente podrá ser inferior o bien sustituida por una espiral o una transición en espiral dotada de peralte.

- Las curvas sucesivas en sentidos opuestos, dotadas de curvas de transición, deberán tener sus extremos coincidentes o separados por cortas extensiones en tangente.

  En el caso de curvas opuestas sin espiral, la extensión mínima de la tangente intermedia deberá permitir la transición del peralte.

- En consecuencia, deberá buscarse un trazo en planta homogéneo, en el cual tangentes y curvas se sucedan armónicamente.

- No se utilizarán desarrollos en Autopistas y se tratará de evitar estos en carreteras de Primera clase. Las ramas de los desarrollos tendrán la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible, evitando en lo posible, la superposición de ellas sobre la misma ladera.

302.03 Tramos en tangente

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, serán las indicadas en la **Tabla 302.01**.

Tabla 302.01
Longitudes de tramos en tangente

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Dónde:

$L_{mín.s}$: Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).
$L_{mín.o}$: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).
$L_{máx}$: Longitud máxima deseable (m).
V : Velocidad de diseño (km/h)

Las longitudes de tramos en tangente presentada en la **Tabla 302.01**, están calculadas con las siguientes fórmulas:

$L_{min.s}$: 1,39 V

$L_{min.o}$: 2,78 V

$L_{máx}$: 16,70 V

302.04 Curvas circulares

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

302.04.01 Elementos de la curva circular

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

P.C. : Punto de inicio de la curva

P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas

P.T. : Punto de tangencia

E : Distancia a externa (m)

M : Distancia de la ordenada media (m)

R : Longitud del radio de la curva (m)

T : Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)

L : Longitud de la curva (m)

L.C : Longitud de la cuerda (m)

Δ : Ángulo de deflexión (º)

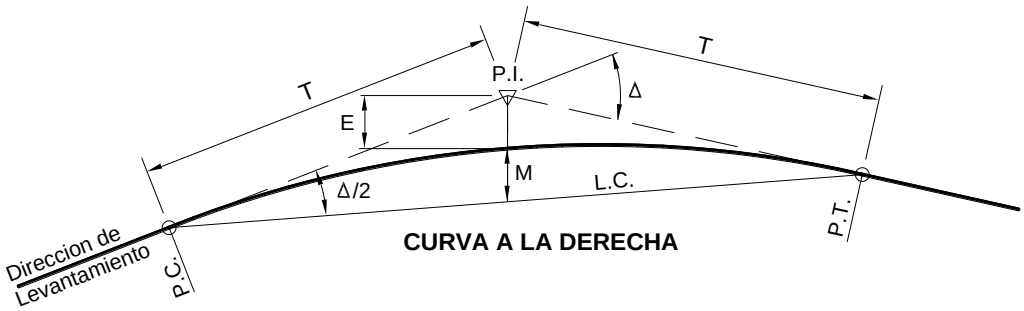
p : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)

Sa : Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

Nota: Las medidas angulares se expresan en grados sexagesimales.

En la **Figura 302.01** se ilustran los indicados elementos y nomenclatura de la curva horizontal circular.

Figura 302.01
Simbología de la curva circular



P.C. = Punto de Inicio de la Curva
P.I. = Punto de Intersección
P.T. = Punto de Tangencia
E = Distancia a Externa (m.)
M = Distancia de la Ordenada Media (m.)
R = Longitud del Radio de la Curva (m.)
T = Longitud de la Subtangente (P.C. a P.I. a P.T.) (m.)
L = Longitud de la Curva (m.)
L.C. = Longitud de la Cuerda (m.)
Δ = Angulo de Deflexión

$T = R \tan \frac{\Delta}{2}$

$L.C. = 2\ R\ sen \frac{\Delta}{2}$

$L = 2\pi R \frac{\Delta}{360}$

$M = R[1-\cos(\Delta/2)]$

$E = R[\sec(\Delta/2)-1]$

302.04.02 Radios mínimos

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$Rmín = \frac{V^2}{127\ (Pmáx + fmáx.)}$$

Dónde:

Rmín : Radio Mínimo

V : Velocidad de diseño

Pmáx: Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

$f$máx: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

El resultado de la aplicación de la indicada fórmula se aprecia en la **Tabla 302.02**.

Tabla 302.02
Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	Þ máx. (%)	ƒ máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4,00	0,17	33,7	35
	40	4,00	0,17	60,0	60
	50	4,00	0,16	98,4	100
	60	4,00	0,15	149,2	150
	70	4,00	0,14	214,3	215
	80	4,00	0,14	280,0	280
	90	4,00	0,13	375,2	375
	100	4,00	0,12	835,2	495
	110	4,00	0,11	1.108,9	635
	120	4,00	0,19	872,2	875
	130	4,00	0,08	1,108,9	1,110
Área rural (con peligro de hielo)	30	6,00	0,17	30,8	30
	40	6,00	0,17	54,8	55
	50	6,00	0,16	89,5	90
	60	6,00	0,15	135,0	135
	70	6,00	0,14	192,9	195
	80	6,00	0,14	252,9	255
	90	6,00	0,13	437,4	335
	100	6,00	0,12	560,4	440
	110	6,00	0,11	755,9	560
	120	6,00	0,09	950,5	755
	130	6,00	0,08	1.187,2	950

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	Þ máx. (%)	ƒ máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (plano u ondulada)	30	8,00	0,17	28,3	30
	40	8,00	0,17	50,4	55
	50	8,00	0,16	82,0	90
	60	8,00	0,15	123,2	135
	70	8,00	0,14	175,4	195
	80	8,00	0,14	229,1	255
	90	8,00	0,13	303,7	335
	100	8,00	0,12	393,7	440
	110	8,00	0,11	501,5	560
	120	8,00	0,09	667,0	755
	130	8,00	0,08	831,7	950
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12,00	0,17	24,4	25
	40	12,00	0,17	43,4	45
	50	12,00	0,16	70,3	70
	60	12,00	0,15	105,0	105
	70	12,00	0,14	148,4	150
	80	12,00	0,14	193,8	195
	90	12,00	0,13	255,1	255
	100	12,00	0,12	328,1	330
	110	12,00	0,11	414,2	415
	120	12,00	0,09	539,9	540
	130	12,00	0,08	665,4	665

En general en el trazo en planta de un tramo homogéneo, para una velocidad de diseño, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo; se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones críticas.

302.04.03 Relación del peralte, radio y velocidad específica de diseño

Las **Figuras 302.02, 302.03, 302.04** y **302.05**, permiten obtener el peralte y el radio, para una curva que se desea proyectar, con una velocidad específica de diseño.

Figura 302.02
Peralte en cruce de áreas urbanas

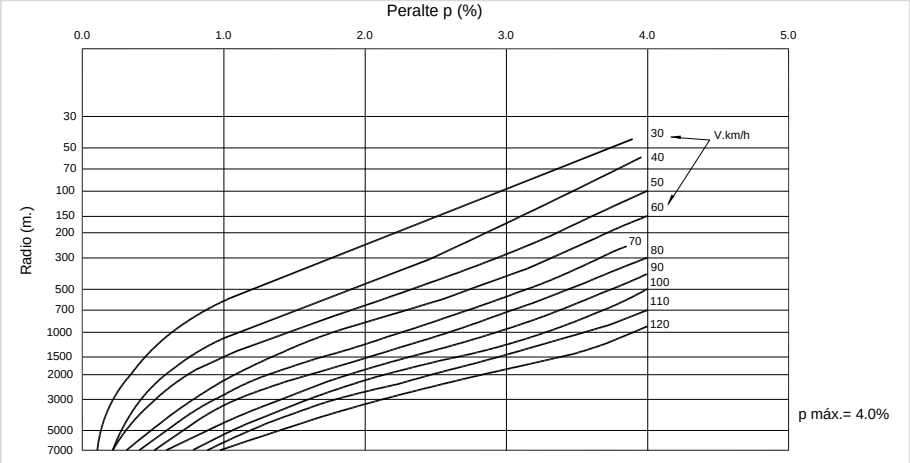


Figura 302.03

Peralte en zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)

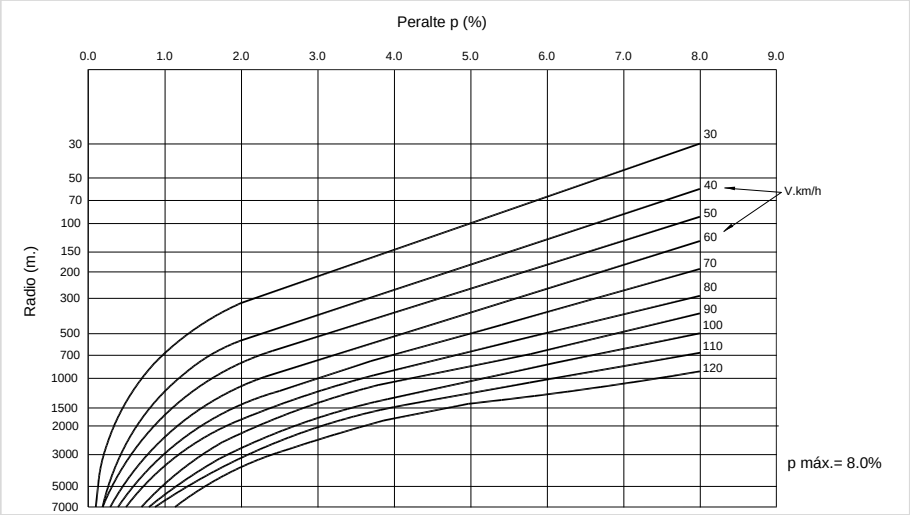


Figura 302.04
Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4)

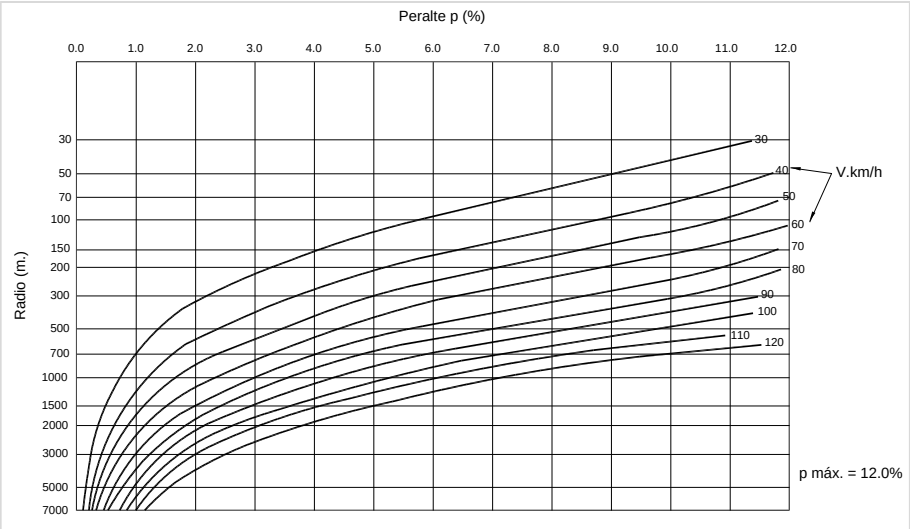
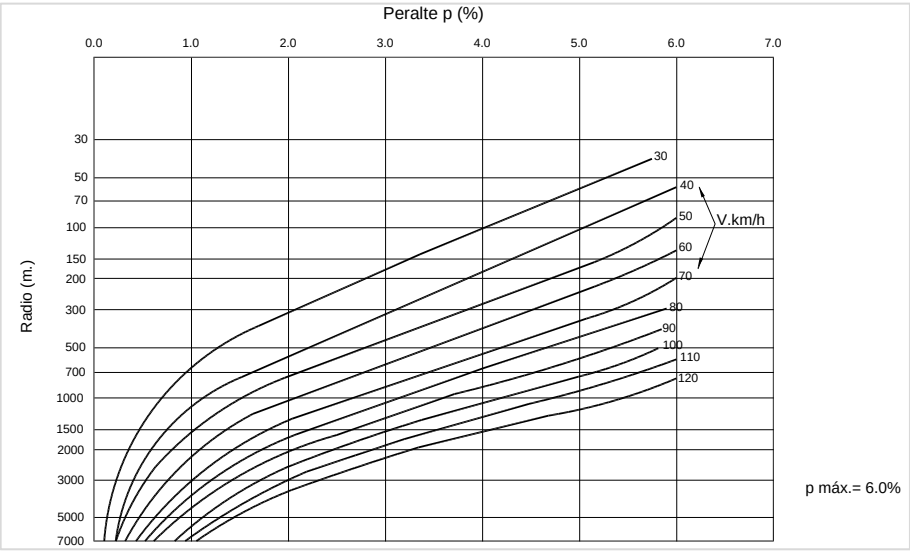


Figura 302.05
Peralte en zonas con peligro de hielo



Para el caso de carreteras de Tercera Clase, aplicando la fórmula que a continuación se indica, se obtienen los valores precisados en las **Tablas 302.03** y **302.04**.

$$R_{mín} = \frac{V^2}{127\,(0.01\,e_{máx} + f_{máx})}$$

Dónde:

$R_{mín}$	:	mínimo radio de curvatura.
$e_{máx}$	:	valor máximo del peralte.
$f_{máx}$	:	factor máximo de fricción.
V	:	velocidad específica de diseño

Tabla 302.03
Fricción transversal máxima en curvas

Velocidad de diseño Km/h	$f_{máx}$
20	0,18
30	0,17
40	0,17
50	0,16
60	0,15

Tabla 302.04
Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peraltes máximos y valores límites de fricción.

Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{máx.}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4,0	0,18	14,3	15
30	4,0	0,17	33,7	35
40	4,0	0,17	60,0	60
50	4,0	0,16	98,4	100
60	4,0	0,15	149,1	150
20	6,0	0,18	13,1	15
30	6,0	0,17	30,8	30
40	6,0	0,17	54,7	55
50	6,0	0,16	89,4	90
60	6,0	0,15	134,9	135
20	8,0	0,18	12,1	10
30	8,0	0,17	28,3	30
40	8,0	0,17	50,4	50
50	8,0	0,16	82,0	80
60	8,0	0,15	123,2	125
20	10,0	0,18	11,2	10
30	10,0	0,17	26,2	25
40	10,0	0,17	46,6	45
50	10,0	0,16	75,7	75
60	10,0	0,15	113,3	115
20	12,0	0,18	10,5	10
30	12,0	0,17	24,4	25
40	12,0	0,17	43,4	45
50	12,0	0,16	70,3	70
60	12,0	0,15	104,9	105

302.04.04 Curvas en contraperalte

Sobre ciertos valores del radio, es posible mantener el bombeo normal de la vía, resultando una curva que presenta, en uno o en todos sus carriles, un contraperalte en relación al sentido de giro de

la curva. Puede resultar conveniente adoptar esta solución cuando el radio de la curva es igual o mayor que el indicado en la **Tabla 302.05**, en alguna de las siguientes situaciones:

- La pendiente longitudinal es muy baja y la transición de peralte agudizará el problema de drenaje de la vía.
- Se desea evitar el escurrimiento de agua hacia el separador central.
- En zonas de transición dónde existen ramales de salida o entrada asociados a una curva amplia de la carretera, se evita el quiebre de la arista común entre ellas.

El criterio empleado para establecer los radios límites que permiten el uso del contraperalte se basa en:

- Bombeo considerado = -2,5%
- Coeficiente de fricción lateral aceptable f = $f$máx/2

Por lo tanto:

$$\text{R límite contraperalte} = \frac{V^2}{127\left(\frac{f\text{máx}}{2} - 0{,}025\right)}$$

Para velocidades menores a 80 km/h, el radio mínimo con contraperalte se elevó sustancialmente en prevención de velocidades de operación muy superiores a las de diseño. Para las demás velocidades esta eventualidad está ampliamente cubierta por el factor de seguridad aplicado al factor "$f$máx".

Tabla 302.05

Radio límites en contraperalte vías pavimentadas

Velocidad (km/h)	60	70	80	90	100	110	120	130
(f máx/2-0,0250)	0,05	0,05	0,045	0,04	0,04	0,035	0,03	0.25
RL Calculado	567	772	1.120	1.560	1.970	2.722	3.780	5.322
RL Adoptado	1.000	1.000	1.200	1.600	2.000	2.800	4.000	5.500

En sectores singulares del trazado, tales como transiciones de dos vías a una vía, o bien, dónde se deba modificar el ancho de la mediana para crear carriles auxiliares de tránsito rápido, situaciones que deberán señalizarse con la debida anticipación y con indicación de la velocidad máxima aceptable, se podrán diseñar curvas en contraperalte, pero en ese caso se respetarán los radios iguales o mayores que los especificados en la **Tabla 302.06**.

Tabla 302.06

Vs	Radio mínimo en contraperalte	
Km/h	P = -2.0%	P = -2.5%
60	550	600
70	750	800
80	1100	1200
90	1500	1600
100	1900	2100
110	2600	3000
120	3500	4100
130	4700	5300

Vs = V señalizada, con Vs mínima = V – 10 km/h

En caminos de velocidad de diseño inferior a 60 km/h o cuya vía no cuente con pavimento, no se usarán contraperaltes.

302.04.05 Coordinación entre curvas circulares

Para todo tipo de carretera, cuando se enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia, así como mediante tangente de longitud menor o igual a 200 m, la relación de radios de las curvas circulares no sobrepasará los valores obtenidos a partir de las **Figuras 302.06** y **302.07**, para los siguientes grupos:

- Grupo 1: Autopistas y carreteras de Primera Clase.
- Grupo 2: Carreteras de Segunda y Tercera Clase.

Figura 302.06

Relación de radios - Grupo 1

Relación entre radios que enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia
Así como mediante tangente de longitud o igual que 200 m para carreteras del grupo 1

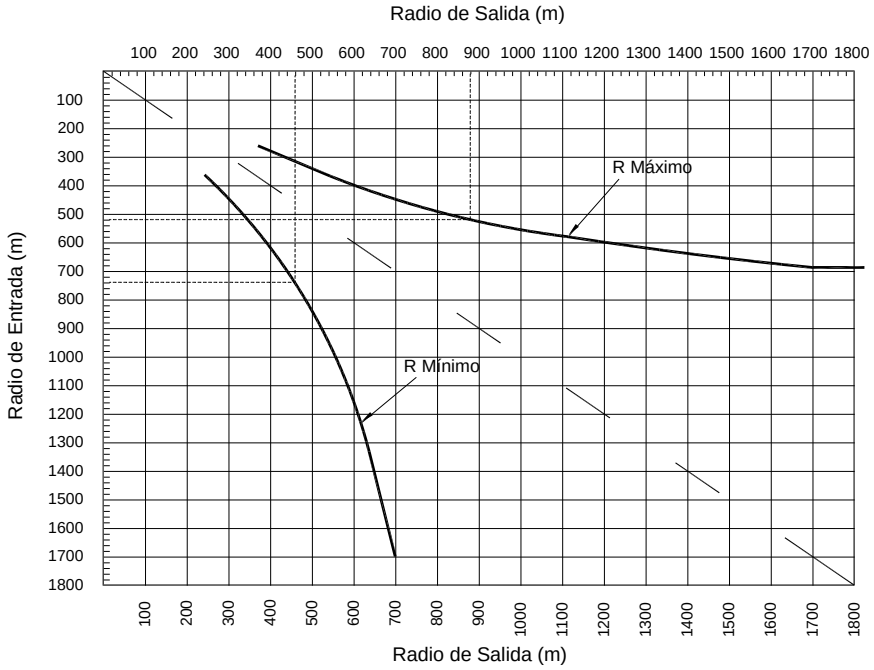
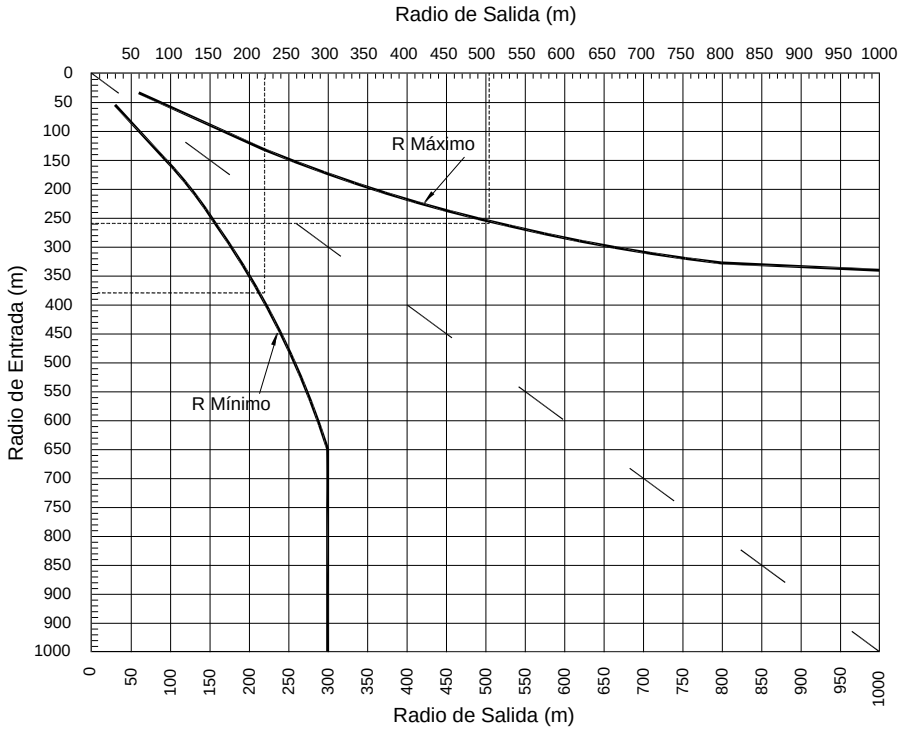


Figura 302.07

Relación de radios - Grupo 2

Relación entre radios que enlacen curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia
Así como mediante tangente de longitud menor o igual que 200 m para carreteras del grupo 2



La relación entre radios consecutivos correspondientes a las figuras que anteceden, se aprecian en las **Tablas 302.07** y **302.08**:

Tabla 302.07

Relación entre radios consecutivos – grupo 1

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
250	375	250	820	> 1720	495
260	390	250	840	> 1720	503
270	405	250	880	> 1720	510
280	420	250	880	> 1720	517
290	435	250	900	> 1720	524
300	450	250	920	> 1720	531
310	466	250	940	> 1720	537
320	481	250	960	> 1720	544
330	497	250	980	> 1720	550
340	513	250	1000	> 1720	558
350	529	250	1020	> 1720	561
360	545	250	1040	> 1720	567
370	562	250	1060	> 1720	572
380	579	253	1080	> 1720	578
390	596	260	1100	> 1720	583
400	614	267	1120	> 1720	588
410	633	273	1140	> 1720	593
420	652	280	1160	> 1720	598
430	671	287	1180	> 1720	602
440	692	293	1200	> 1720	607
450	713	300	1220	> 1720	611
460	735	306	1240	> 1720	616
470	758	313	1260	> 1720	620
480	781	319	1280	> 1720	624
490	806	326	1300	> 1720	628
500	832	332	1320	> 1720	632
510	859	338	1340	> 1720	636
520	887	345	1360	> 1720	640

Tabla 302.07

Relación entre radios consecutivos – grupo 1

(Continuación)

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
530	917	351	1380	> 1720	644
540	948	357	1400	> 1720	648
550	981	363	1420	> 1720	651
560	1015	369	1440	> 1720	655
570	1051	375	1460	> 1720	659
580	1089	381	1480	> 1720	662
590	1128	386	1500	> 1720	666
600	1170	392	1520	> 1720	669
610	1214	398	1540	> 1720	672
620	1260	403	1560	> 1720	676
640	1359	414	1580	> 1720	679
660	1468	424	1600	> 1720	682
680	1588	434	1620	> 1720	685
700	1720	444	1640	> 1720	688
720	> 1720	453	1660	> 1720	691
740	> 1720	462	1680	> 1720	694
760	> 1720	471	1700	> 1720	697
780	> 1720	479	1720	> 1720	700
800	> 1720	488		> 1720	

Tabla 302.08

Relación entre radios consecutivos – grupo 2

Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)		Radio Entrada (m)	Radio Salida (m)	
	Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo
40	60	50	360	> 670	212
50	75	50	370	> 670	216
60	90	50	380	> 670	220
70	105	50	390	> 670	223
80	120	53	400	> 670	227
90	135	60	410	> 670	231
100	151	67	420	> 670	234
110	166	73	430	> 670	238
120	182	80	440	> 670	241
130	198	87	450	> 670	244
140	215	93	460	> 670	247
150	232	100	470	> 670	250
160	250	106	480	> 670	253
170	269	112	490	> 670	256
180	289	119	500	> 670	259
190	309	125	510	> 670	262
200	332	131	520	> 670	265
210	355	137	530	> 670	267
220	381	143	540	> 670	270
230	408	149	550	> 670	273
240	437	154	560	> 670	275
250	469	160	570	> 670	278
260	503	165	580	> 670	280
270	540	171	590	> 670	282
280	580	176	600	> 670	285
290	623	181	610	> 670	287
300	670	186	620	> 670	289
310	> 670	190	640	> 670	294
320	> 670	195	660	> 670	298
330	> 670	199	680	> 670	302
340	> 670	204	700	> 670	306
350	> 670	208		> 670	

En autopistas, cuando se enlacen curvas circulares consecutivas con una recta intermedia de longitud superior a cuatrocientos metros (400 m), el radio de la curva circular de salida, en el sentido de la marcha, será igual o mayor que setecientos metros (700 m).

302.05 Curvas de transición

302.05.01 Generalidades

Las curvas de transición, son espirales que tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado.

Con tal finalidad y a fin de pasar de la sección transversal con bombeo (correspondiente a los tramos en tangente), a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobreancho, es necesario intercalar un elemento de diseño, con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

302.05.02 Tipo de curva de transición

Se adoptará en todos los casos, la clotoide como curva de transición cuyas ventajas son:

- El crecimiento lineal de su curvatura permite una marcha uniforme y cómoda para el usuario, de tal modo que la fuerza centrífuga aumenta o disminuye en la medida que el vehículo ingresa o abandona la curva horizontal, manteniendo inalterada la velocidad y sin abandonar el eje de su carril.
- La aceleración transversal no compensada, propia de una trayectoria en curva, puede controlarse graduando su incremento a una magnitud que no produzca molestia a los ocupantes del vehículo.
- El desarrollo del peralte se logra en forma también progresiva, consiguiendo que la pendiente transversal de la calzada aumente en la medida que aumenta la curvatura.
- La flexibilidad de la clotoide permite acomodarse al terreno sin romper la continuidad, mejorando la armonía y apariencia de la carretera.

La ecuación de la clotoide (Euler) está dada por:

$$R\ L = A^2$$

Dónde:

R : radio de curvatura en un punto cualquiera.

L : Longitud de la curva entre su punto de inflexión (R =∞) y el punto de radio R.

A : Parámetro de la clotoide, característico de la misma.

En el punto de origen, cuando L = 0, R = ∞, y a su vez, cuando L = ∞, R = 0

Por otro lado:

Radianes (rad) = $L^2 / 2A^2 = 0,5\ L / R$
Grados centesimales (g) = $31,831\ L / R$

1 rad = 63,662g.

302.05.03 Determinación del parámetro para una curva de transición

Para determinar el parámetro mínimo ($A_{mín}$), que corresponde a una clotoide calculada para distribuir la aceleración transversal no compensada, a una tasa **J** compatible con la seguridad y comodidad, se emplea la siguiente fórmula.

$$A_{mín} = \sqrt{\frac{VR}{46656\ J}\left(\frac{V^2}{R} - 1,27p\right)}$$

Dónde:

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio de curvatura (m)

J : Variación uniforme de la aceleración (m/s^3)

P : Peralte correspondiente a V y R. (%)

Se adoptarán para **J** los valores indicados en la **Tabla 302.09**.

Tabla 302.09
Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V >120
J (m/s^3)	0,5	0,4	0,4	0,4
Jmáx (m/s^3)	0,7	0,8	0,5	0,4

Sólo se utilizarán los valores de Jmáx en casos debidamente justificados.

302.05.04 Determinación de la longitud de la curva de transición

Los valores mínimos de longitud de la curva de transición se determinan con la siguiente fórmula:

$$L_{mín} = \frac{V}{46,656\ j}\left[\frac{V^2}{R} - 1,27p\right]$$

Dónde:

V : (km/h)

R : (m)

J : m / s^3

P : %

En la **Tabla 302.10**, se muestran algunos valores mínimos de longitudes de transición (L).

Tabla 302.10

Longitud mínima de curva de transición

Velocidad Km/h	Radio mín. m	J m/s^3	Peralte máx. %	A mín. m	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada M
30	24	0,5	12	26	28	30
30	26	0,5	10	27	28	30
30	28	0,5	8	28	28	30
30	31	0,5	6	29	27	30
30	34	0,5	4	31	28	30
30	37	0,5	2	32	28	30
40	43	0,5	12	40	37	40
40	47	0,5	10	41	36	40
40	50	0,5	8	43	37	40
40	55	0,5	6	45	37	40
40	60	0,5	4	47	37	40
40	66	0,5	2	50	38	40
50	70	0,5	12	55	43	45
50	76	0,5	10	57	43	45
50	82	0,5	8	60	44	45
50	89	0,5	6	62	43	45
50	98	0,5	4	66	44	45
50	109	0,5	2	69	44	45
60	105	0,5	12	72	49	50
60	113	0,5	10	75	50	50
60	123	0,5	8	78	49	50
60	135	0,5	6	81	49	50
60	149	0,5	4	86	50	50
60	167	0,5	2	90	49	50
70	148	0,5	12	89	54	55

Velocidad Km/h	Radio mín. m	J m/s^3	Peralte máx. %	A mín. m	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada M
70	161	0,5	10	93	54	55
70	175	0,5	8	97	54	55
70	193	0,5	6	101	53	55
70	214	0,5	4	107	54	55
70	241	0,5	2	113	53	55
80	194	0,4	12	121	75	75
80	210	0,4	10	126	76	75
80	229	0,4	8	132	76	75
80	252	0,4	6	139	77	75
80	280	0,4	4	146	76	75
80	314	0,4	2	155	76	75
90	255	0,4	12	143	80	80
90	277	0,4	10	149	80	80
90	304	0,4	8	155	79	80
90	336	0,4	6	163	79	80
90	375	0,4	4	173	80	80
90	425	0,4	2	184	80	80
100	328	0,4	12	164	82	85
100	358	0,4	10	171	82	85
100	394	0,4	8	179	81	85
100	437	0,4	6	189	82	82
100	492	0,4	4	200	81	85
100	582	0,4	2	214	81	85
110	414	0,4	12	185	83	90
110	454	0,4	10	193	82	90
110	501	0,4	8	203	82	90
110	560	0,4	6	215	83	90
110	635	0,4	4	229	83	90
110	733	0,4	2	246	83	90
120	540	0,4	12	169	73	75
120	597	0,4	10	209	73	75
120	667	0,4	8	221	73	75
120	756	0,4	6	236	74	75
120	872	0,4	4	253	73	75
120	1031	0,4	2	275	73	75
130	700	0,4	12	208	62	65
130	783	0,4	10	220	62	65
130	887	0,4	8	234	62	65
130	1024	0,4	6	252	62	65
130	1210	0,4	4	274	62	65
130	1479	0,4	2	303	62	65

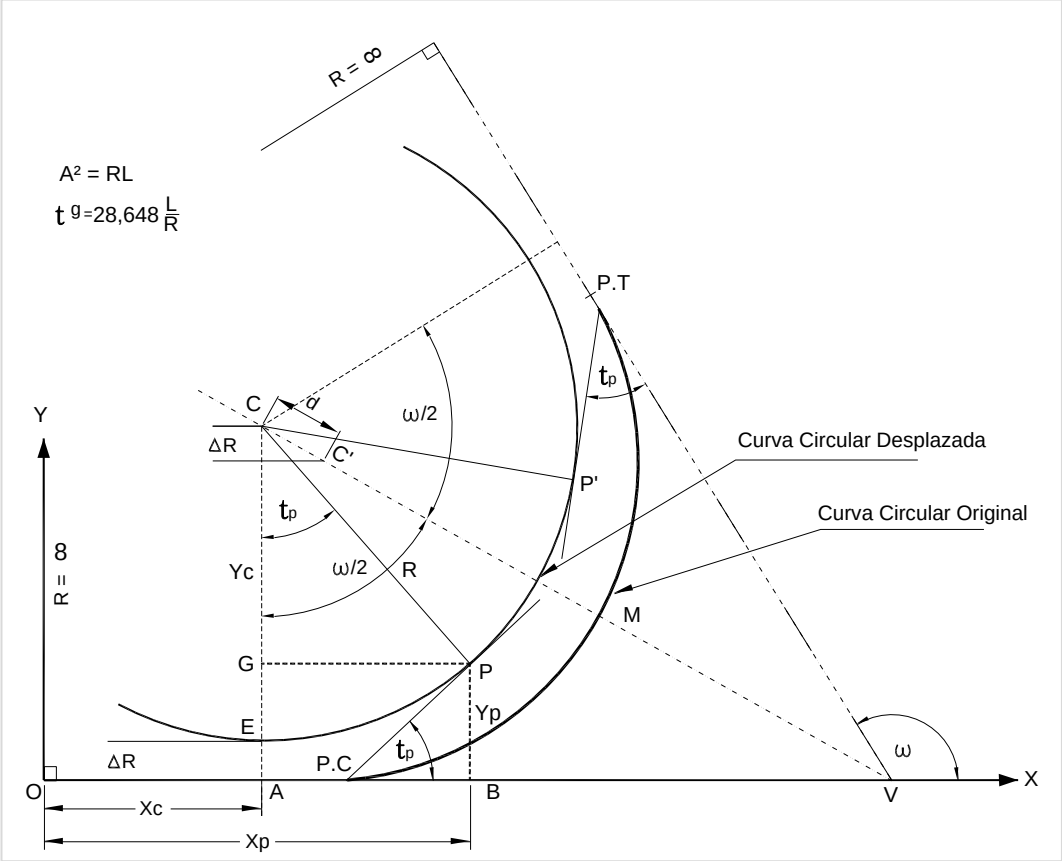
Nota: En ningún caso se adoptarán longitudes de transición menores a 30 m.

302.05.05 Elementos y características de la curva de transición

Las **Figuras 302.08** y **302.09**, ilustran los elementos y las características generales de la curva de transición:

Figura 302.08

Elementos de la curva de transición-curva circular

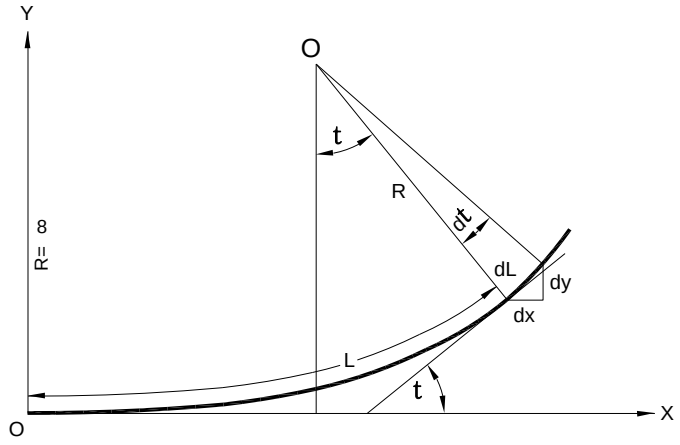


	$CE = CP = C'M = R$
Desplazamiento :	$\Delta R = EA = (PB - GE)$
	$\Delta R = Yp - R(1 - \cos t_p)$
Desplazamiento Centro :	$d = CC' = \dfrac{\Delta R}{\cos\frac{\omega}{2}}$
Origen Curva Enlace :	$OV = Xp + AV - AB$
	$OV = Xp + (R + \Delta R)\tan\dfrac{\omega}{2} - R\,\text{sen}\,t_p$
Coordenada de c :	$Xc = Xp - R\,\text{sen}\,t_p$
	$Yc = Yp + R\cos t_p = R + \Delta R$
Desarrollo Circular :	$PP' = \dfrac{R(\omega - 2t_p)}{57.296}$

Figura 302.09

Características generales de la clotoide

a) Relaciones Geométricas Fundamentales



$$A^2 = RR$$

$$Rdt = dL \qquad (1)$$

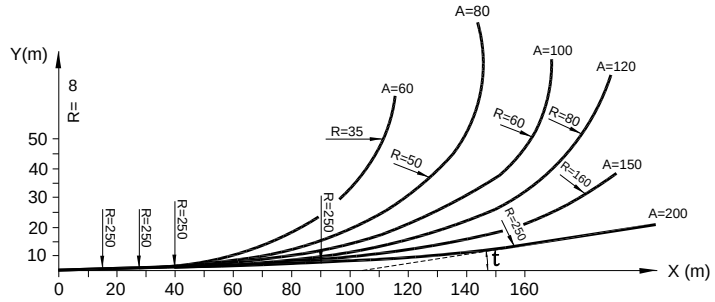
$$\int dt = \int \frac{LdL}{A^2}$$

$$t = \frac{L^2}{A^2} + cte.$$

$$L = 0, t = 0 \ldots cte = 0$$

$$t = \frac{L^2}{2A^2} = 0{,}5\frac{L}{R} = 0{,}5\frac{A^2}{R^2} \qquad (2)$$

b) Familia de Clotoides Magnitudes Según Parámetro



EFECTO VARIACIÓN DEL PARAMETRO PARA R CONSTANTE					
A	R	L	tg	X	Y
60	250	14,40	1,8335	14,399	0,138
80	250	25,60	3,2595	25,593	0,437
100	250	40,00	5,0930	39,975	1,066
120	250	57,60	7,3339	57,624	2,210
150	250	90,00	11,4592	89,709	5,388
200	250	160,00	20,3718	158,369	16,942

Dónde:

R (m) : Radio de la curva circular que se desea enlazar

d (m) : Desplazamiento del centro de la curva circular original (C), a lo largo de la bisectriz del ángulo interior formado por las alineaciones, hasta (C), nueva posición del centro de la curva circular desplazada.

ΔR (m) : Desplazamiento de la curva circular enlazada, medido sobre la normal a la alineación considerada, que pasa por el centro de la circunferencia desplazada de radio R.

Xp;Yp (m) : Coordenada de "P", punto de tangencia de la clotoide con la curva circular enlazada, en que ambos poseen un radio común R; referidas a la alineación considerada y a la normal a ésta en el punto "O", que define el origen de la clotoide y al que corresponde radio infinito.

Xc; Yc (m) : Coordenada del centro de la curva circular desplazada, referidas al sistema anteriormente descrito.

tp : Ángulo comprendido entre la alineación considerada y la tangente en el punto P común a ambas curvas.

Mide la desviación máxima la clotoide respecto a la alineación.

w : Deflexión angular entre las alineaciones consideradas.

OV (m) : Distancia desde el vértice al origen de la clotoide, medida a lo largo de la alineación considerada.

Dc : Desarrollo de la curva circular, desplazada entre los puntos PP".

a. Ecuaciones cartesianas

De la **Figura 302.09**:

$$dx = dL \cos(dt)$$

$$dy = dL \, sen(dot)$$

A su vez:

$$R = dL/dt \text{ y } t = L/2R$$

Mediante algunos reemplazos:

$$dL = \frac{Adt}{\sqrt{2t}}$$

Sustituyendo en dx; dy se llega a las integrales de Fresnel:

$$X = \frac{A}{\sqrt{2}} \int \frac{\cos \tau}{\sqrt{\tau}} dt$$

$$Y = \frac{A}{\sqrt{2}} \int \frac{\text{sen } \tau}{\sqrt{\tau}} dt$$

Quedando en definitiva X e Y expresados como desarrollos en serie

$$X = A\sqrt{2\tau}\left[\tau - \frac{\tau^2}{10} + \frac{\tau^4}{216} - \frac{\tau^6}{9360} + \cdots\cdots\cdots\right]$$

$$Y = A\sqrt{2\tau}\left[\frac{\tau}{3} - \frac{\tau^3}{42} + \frac{\tau^5}{1320} - \frac{\tau^7}{75800} + \cdots\cdots\cdots\right]$$

Los valores de X e Y se obtienen de tablas o mediante programas de computación.

Para los valores menores de t < 0.5 radianes (28.648°), se recomienda evaluar los tres primeros términos de las series.

b. Expresiones Aproximadas

Dado que las expresiones cartesianas de la clotoide son desarrollos en serie en función de ζ, para ángulos pequeños es posible despreciar a partir del segundo término de la serie y obtener expresiones muy

simples que sirven para efectuar tanteos preliminares en la resolución de algunos casos en que se desea combinar clotoides entre sí, clotoides entre dos curvas circulares. Los cálculos definitivos deberán efectuarse, sin embargo, mediante las expresiones exactas.

De las ecuaciones cartesianas para X e Y se observa que:

$$A\sqrt{2\tau} = L$$

(Relación paramétrica exacta)

Despreciando a partir del segundo término de la serie:

$$X \cong L \qquad Y = \frac{L\tau}{3} = \frac{L^2}{6R}$$

El desplazamiento ΔR puede también expresarse en forma exacta como un desarrollo en serie:

$$\Delta R = \left[\frac{L^2}{24R} - \frac{L^4}{2688R^3} + \frac{L^6}{50688R^5} - \cdots\right]$$

Si se desprecia a partir del segundo término, se tiene:

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$$

Combinando las ecuaciones aproximadas para ΔR e Y se tiene:

$$Y = 4\Delta R$$

Finalmente las coordenadas aproximadas del centro de la curva desplazada serán:

$$X_c = \frac{L}{2} = \tau R \qquad Y_c = R + \Delta R = R\frac{L^2}{24R}$$

302.05.06 Parámetros mínimos y deseables

La longitud de la curva de transición deberá superar la necesaria para cumplir las limitaciones que se indican a continuación.

- Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal.

El criterio empleado para relacionar el parámetro de una clotoide, con la función que ella debe cumplir en la curva de transición en carreteras, se basa en el cálculo del desarrollo requerido por la clotoide para distribuir a una tasa uniforme J(m/s³), la aceleración transversal no compensada por el peralte, generalmente en la curva circular que se desea enlazar, según la fórmula siguiente:

$$R = \frac{V^2}{12{,}96\ g(p_{max}+f_{min})} \qquad gf = \frac{V^2}{12{,}96\ R - gp(**)}$$

Dónde:

g_f : representa la aceleración transversal no compensada que se desea distribuir uniformemente a lo largo del desarrollo de la clotoide.

J : es definida como la tasa de crecimiento de aceleración transversal, por unidad de tiempo, para un vehículo circulando a la velocidad de proyecto.

- Limitación de la variación por estética y guiado óptico.

Para que la presencia de una curva de transición resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir que:

$$R/3 \leq A \leq R$$

La condición A > R / 3 corresponde al parámetro mínimo que asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva de transición. Ello implica utilizar un valor $t_{mín} > 3{,}5g$

La condición A < R asegura la adecuada percepción de la existencia de la curva circular.

El cumplimiento de estas condiciones se debe verificar para toda velocidad de proyecto.

- Por Condición de desarrollo del peralte.

Para curvas circulares diseñadas de acuerdo al criterio de las normas, el límite para prescindir de curva de transición puede también expresarse en función del peralte de la curva:

Si R requiere p>3%. Se debe usar curva de transición.

Si R requiere p<3%. Se puede prescindir de la curva de transición para V<100km/h.

Si R requiere p<2,5%. Se puede prescindir de la curva de transición para V≥110km/h.

En el caso de carreteras de tercera clase y cuando se use curva de transición, la longitud de la espiral no será menor que $L_{mín}$ ni mayor que $L_{máx}$, según las siguientes fórmulas:

$$L_{mín} = 0{,}0178 \frac{V^3}{R} \qquad L_{máx.} = (24R)^{0.5}$$

Dónde:

R : Radio de la curvatura circular horizontal.

$L_{mín}$: Longitud mínima de la curva de transición.

$L_{máx}$: Longitud máxima de la curva de transición en metros.

V : Velocidad específica en km/h.

- Valores Máximos

La longitud máxima de cada curva de transición, no será superior a 1,5 veces su longitud mínima.

302.05.07 Radios que permiten prescindir de la curva de transición

Cuando no existe curva de transición, el desplazamiento instintivo que ejecuta el conductor respecto del eje de su carril disminuye a medida que el radio de la curva circular crece.

Se estima que un desplazamiento menor que 0,1 m, es suficientemente pequeño como para prescindir de la curva de transición que lo evitaría.

Los radios circulares límite calculados, aceptando un Jmáx de 0,4 m/s³ y considerando que al punto inicial de la curva circular se habrá desarrollado sólo un 70% de peralte necesario, son los que se muestran en las **Tablas 302.11 A** y **302.11 B**.

Tabla 302.11 A

Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

La anterior tabla no significa que para radios superiores a los indicados se deba suprimir la curva de transición.

En el caso de carreteras de Tercera Clase y cuando el radio de las curvas horizontales sea superior al señalado en la **Tabla 302.11 B**, se podrá prescindir de curvas de transición.

Tabla 302. 11 B

Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

302.06 Curvas compuestas

302.06.01 Definición

Consisten en dos o más curvas simples de diferente radio, orientadas en la misma dirección, y dispuestas una a continuación de la otra.

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva. Esta limitación será especialmente observada en el caso de carreteras de Tercera Clase.

302.06.02 Caso excepcional

En caso excepcional se podrá usar curvas compuestas, aclarando las razones, técnico-económicas u otras, que justifican el empleo de dos curvas continuas de radio diverso.

En el caso de usar una curva compuesta de tres centros denominada policéntrica, deberán respetarse las siguientes condiciones:

- El radio de una de las curvas no será mayor de 1,5 veces el radio de la otra.
- Para armonizar los valores del peralte y sobreancho de cada una de las curvas vecinas, se empleará una transición de peralte determinada acorde a lo establecido en el **Tópico 302.08.**
- Para una sucesión de curvas de radio decreciente cada curva debe ser de longitud suficiente para permitir una desaceleración gradual.

302.06.03 Curvas vecinas del mismo sentido

En general se evitará el empleo de curvas del mismo sentido, cuando estén separadas por un tramo en tangente de una longitud menor a 400 m, en longitudes menores excepcionalmente puede utilizarse una curva policéntrica.

Configuraciones recomendables

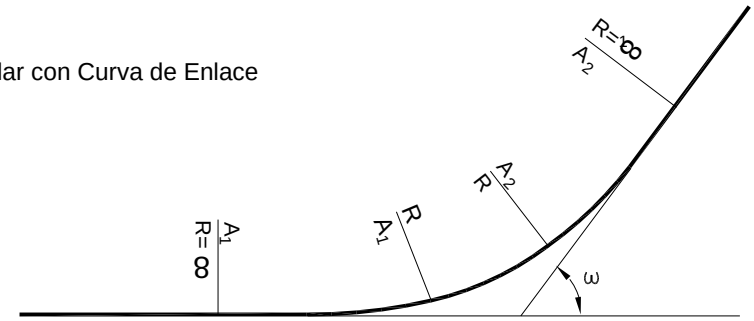
La **Figura 302.10** incluye configuraciones que ayudan a resolver con seguridad y elegancia situaciones de común ocurrencia en el trazado.

Figura 302.10

Configuraciones recomendables

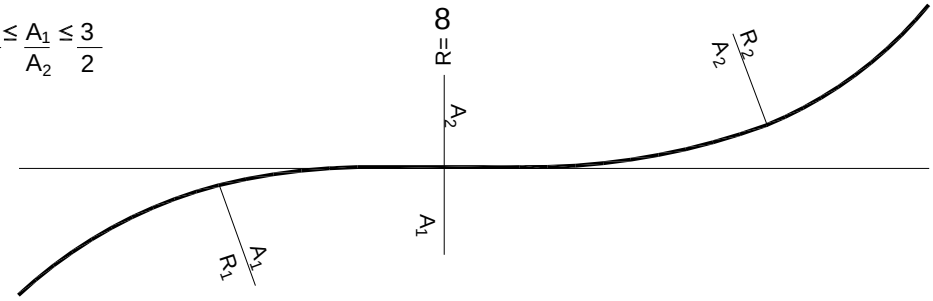
I. Curva Circular con Curva de Enlace

$$\frac{2}{3} \le \frac{A_1}{A_2} \le \frac{3}{2}$$



II. Curva de Inflexion o Curva en S

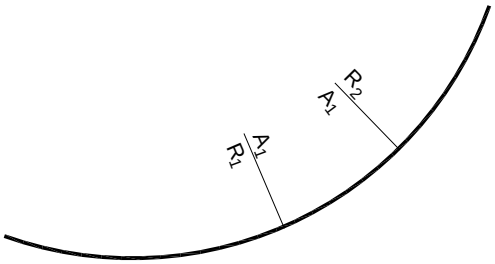
$$\frac{2}{3} \le \frac{A_1}{A_2} \le \frac{3}{2}$$



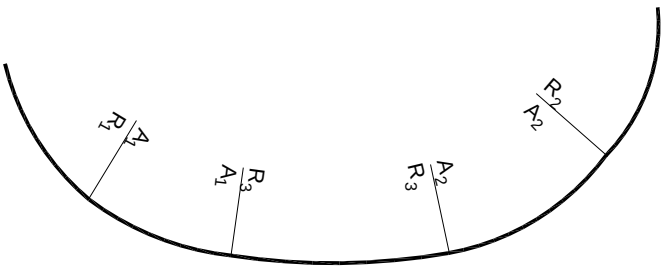
III. Ovoide

$R_1 > R_2$

$$\frac{R_1}{3} \le A_1 \le R_2$$



IV. Ovoide Doble



$$\frac{R_3}{3} \le A_1 \le R_1$$

$$\frac{R_3}{3} \le A_2 \le R_2$$

$$\frac{2}{3} \le \frac{A_1}{A_2} \le \frac{3}{2}$$

a) Curva circular con curva de transición.

Los parámetros A_1 y A_2 son normalmente iguales o lo más parecidos posible y no superará el rango señalado en la **figura 302.10 a**. Cuanto más larga sea la recta asociada y más ancha la calzada, mayor debe ser el parámetro, pero siempre A<R
En el caso en que: $w < t_1 + t_2$, no existe solución de transición entre las clotoides correspondientes y el radio circular elegido. En estos casos w corresponde a una deflexión moderada asociada a un radio amplio respecto de la velocidad de diseño, que, generalmente no requiere de curva de transición, en todo caso para encontrar una solución manteniendo la deflexión será necesario aumentar el radio.

b) Curva de inflexión o curva en "S"

Podrá o no existir un tramo en tangente entre las clotoides de parámetros A_1 y A_2, los cuales deberán cumplir con las normas generales respecto de la velocidad de diseño y radio enlazado, pudiendo ser iguales o del mismo orden de magnitud, respetando la relación indicada en la **figura 302.10 b**.

A falta de espacio o dificultad para conseguir una tangencia exacta en el punto de radio infinito, se puede aceptar una leve longitud de traslape de las clotoides, o la generación de un tramo en tangente de ajuste. La longitud de traslape o ajuste no deberá superar:

$$\Delta L_{(m)} = 0{,}05\frac{A_1 + A_2}{2}$$

c) Ovoide

Constituye la solución adecuada para enlazar dos curvas circulares del mismo sentido muy próximas entre sí. Para poder aplicar esta configuración es necesario que uno de los círculos sea interior al otro y que no sean concéntricos. Deberán respetarse las relaciones entre parámetros y radio consignados en la **Figura 302.10 c**. La transición de peralte se dará en la clotoide de transición.

d) Ovoide Doble

Si las curvas circulares de igual sentido se cortan o son exteriores, deberán recurrir a un círculo auxiliar "R_3", dando origen a un doble ovoide para alcanzar la solución deseada. Las relaciones a observar entre el radio y parámetros se indican en la **Figura 302.10 d**.

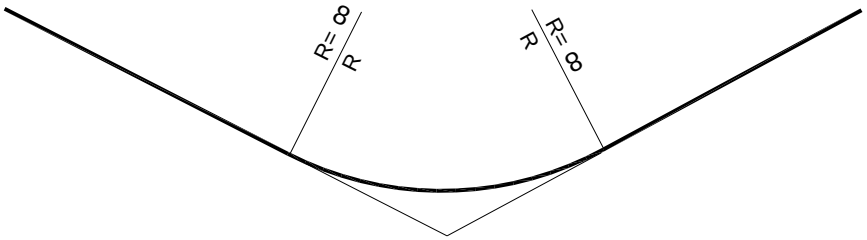
Configuraciones límite

Constituyen casos particulares de las soluciones generales antes expuestas y se presentan en la **Figura 302.11**.

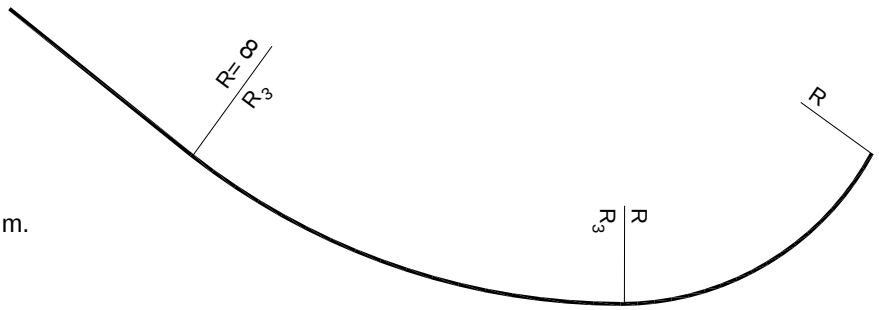
Figura 302.11

Configuraciones límite

I. Curva Circular Amplia sin Curvas de Enlace



II. Reemplazo de la Clotoide de Enlace por un Circulo

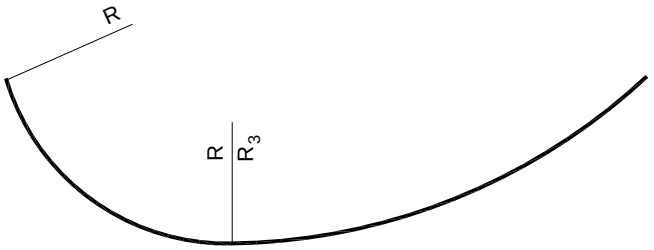


$R_3 > 250$ m.

$R_3 \geq R$

$\frac{R_3}{R} < 2$

III. Curvas Circulares Contiguas



$R_3 > 250$ m.

$\frac{R_3}{R} < 2$

302.06.04 Configuraciones no recomendables

Las curvas compuestas que se incluyen en la **Figura 302.12**, deben ser evitadas, ya que en la práctica se ha comprobado, que una carretera presenta zonas donde no existe una clara definición de la curvatura del elemento que se está recorriendo, o bien, los elementos inducen al conductor a maniobras que pueden ser erráticas.

Figura 302.12

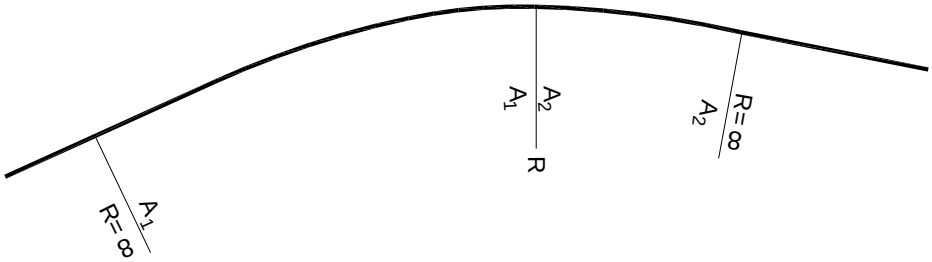
Configuraciones no recomendables

I. Clotoide de Vértice sin Arco Circular

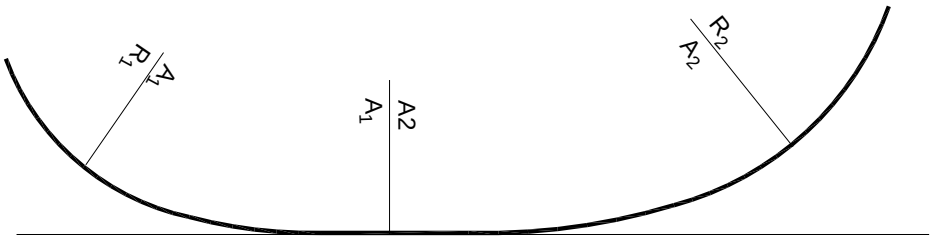
En casos inevitables

$A_1 \approx A_2$

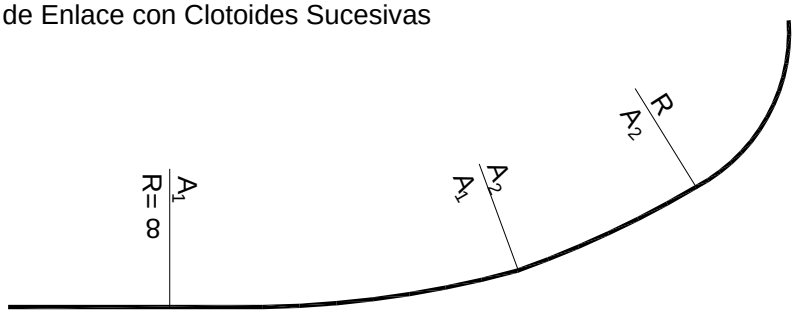
$R \geq 1.4$ R minimo



II. Falso Ovoide



III. Curva de Enlace con Clotoides Sucesivas



302.07 Curvas de vuelta

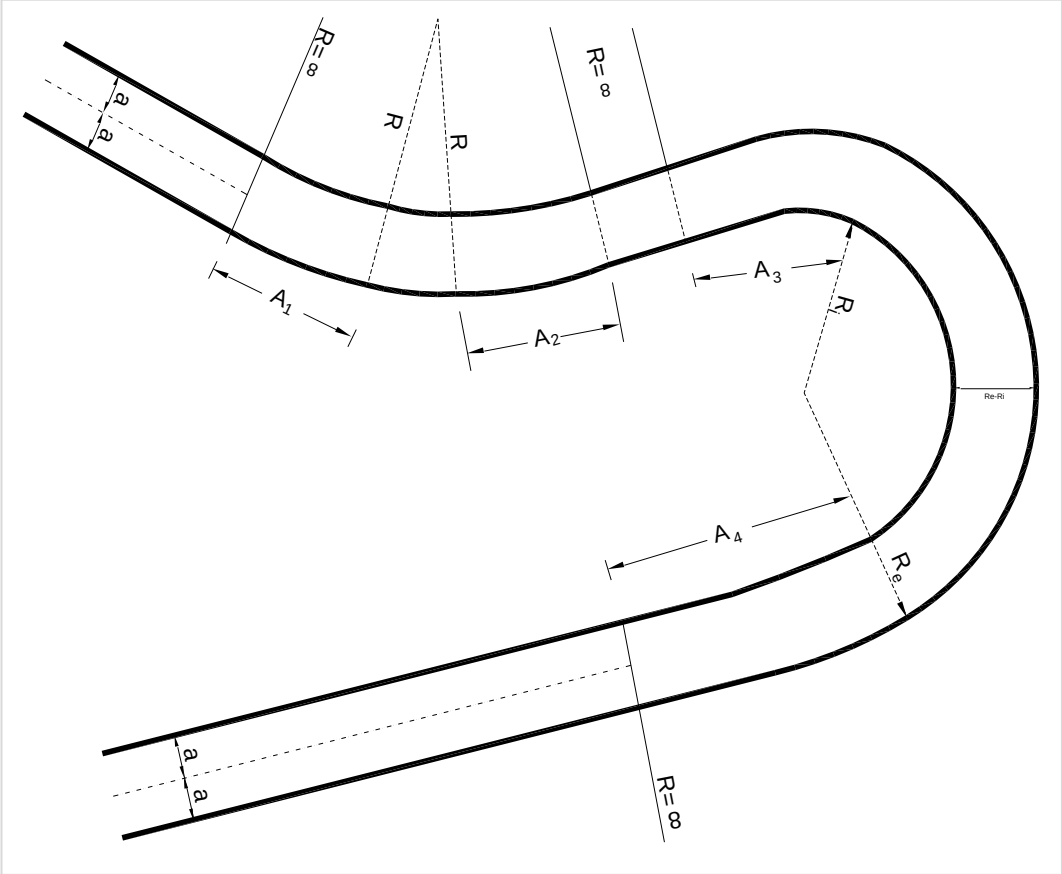
Son aquellas curvas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de obtener o alcanzar una cota mayor, sin sobrepasar las pendientes máximas, y que no es posible lograr mediante trazados alternativos.

Este tipo de curvas no se emplearán en autopistas, en tanto que en carreteras de Primera Clase podrán utilizarse en casos excepcionales justificados técnica y económicamente, debiendo ser 20 m. el radio interior mínimo.

Por lo general, las ramas pueden ser alineamientos rectos con sólo una curva de enlace intermedia, y según el desarrollo de la curva de vuelta, dichos alineamientos pueden ser paralelas entre sí, divergentes, etc. En tal sentido, la curva de vuelta quedará definida por dos arcos circulares de radio interior "Ri" y radio exterior "Re".

La **Figura 302.13**, ilustra un caso en que los alineamientos de entrada y salida de la curva de vuelta, presentan una configuración compleja.

Figura 302.13



La **Tabla 302.12**, contiene los valores posibles para "Ri" y "Re" según las maniobras de los vehículos tipo que se indican a continuación:

T2S2 : Un camión semirremolque describiendo la curva de retorno. El resto del tránsito espera en la alineación recta.

C2 : Un camión de 2 ejes puede describir la curva simultáneamente con un vehículo ligero (automóvil o similar).

C2 + C2 : Dos camiones de dos ejes pueden describir la curva simultáneamente.

Tabla 302.12

Radio exterior mínimo correspondiente a un radio interior adoptado

Radio interior R_i (m)	Radio Exterior Mínimo R_e (m). según maniobra prevista		
	T2S2	C2	C2+C2
6,0	14,00	15,75	17,50
7,0	14,50	16,50	18,25
8,0	15,25	17,25	19,00
10,0	16,75*	18,75	20,50
12,0	18,25*	20,50	22,25
15,0	21,00*	23,25	24,75
20,0	26,00*	28,00	29,25

* La tabla considera un ancho de calzada de 6 m. en tangente, en caso de que ella sea superior, Re deberá aumentarse consecuentemente hasta que Re - Ri = Ancho Normal Calzada

El radio interior de 8 m, representa un mínimo normal.

El radio interior de 6 m, representa un mínimo absoluto y sólo podrá ser usado en forma excepcional.

302.08 Transición de peralte

Siendo el peralte la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo, la transición de peralte viene a ser la traza del borde de la calzada, en la que se desarrolla el cambio gradual de la pendiente de dicho borde, entre la que corresponde a la zona en tangente, y la que corresponde a la zona peraltada de la curva.

Para efectos de la presente norma, el peralte máximo se calcula con la siguiente fórmula:

$$ip_{máx} = 1{,}8 - 0{,}01\,V$$

Dónde:

$ip_{máx}$: Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía (%).

V : Velocidad de diseño (km/h).

La longitud del tramo de transición del peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la fórmula:

$$L_{mín} = \frac{p_f - p_i}{ip_{máx}} B$$

Dónde:

$L_{mín}$: Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).

p_f : Peralte final con su signo (%)

p_i : Peralte inicial con su signo (%)

B : Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

En carreteras de Tercera Clase, se tomarán los valores que muestra la **Tabla 302.13** para definir las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición de peralte en función a la velocidad de diseño y valor del peralte.

Tabla 302.13

Velocidad de diseño (Km/h)	Valor del peralte						Longitud mínima de transición de bombeo (m)**
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud mínima de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	58	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	33	44	55	66	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	65	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14
90	15	31	46	61	77	92	15

* Longitud de transición basada en la rotación de un carril

** Longitud basada en 2% de bombeo

La transición del peralte deberá llevarse a cabo combinando las tres condiciones siguientes:

- Características dinámicas aceptables para el vehículo
- Rápida evacuación de las aguas de la calzada.
- Sensación estética agradable.

En las **Tablas 302.14**, **302.15**, **302.16**, **302.17** y **302.18**, se presentan valores de longitudes mínimas de transición, para combinaciones de velocidad de diseño y anchos de calzada más comunes, con el eje de giro de peralte al borde de la calzada y al centro de una vía de dos carriles.

Tabla 302.14

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Velocidad específica: 30 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 6 m
Eje de giro al borde de la calzada: 6 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
3%	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60
4%	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64
5%	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68
6%	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72
7%	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76
8%	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80
9%	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84
10%	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88
11%	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
12%	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96

Tabla 302.15

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Velocidad específica: 60 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7,20 m
Eje de giro al borde de la calzada: 7,20 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	23	29	35	41	47	53	58	64	70	76	82
3%	29	35	41	47	53	58	64	70	76	82	88
4%	35	41	47	53	58	64	70	76	82	88	93
5%	41	47	53	58	64	70	76	82	88	93	99
6%	47	53	58	64	70	76	82	88	93	99	105
7%	53	58	64	70	76	82	88	93	99	105	111
8%	58	64	70	76	82	88	93	99	105	111	117
9%	64	70	76	82	88	93	99	105	111	117	123
10%	70	76	82	88	93	99	105	111	117	123	128
11%	76	82	88	93	99	105	111	117	123	128	134
12%	82	88	93	99	105	111	117	123	128	134	140

Tabla 302.16

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

Velocidad específica: 60 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7,20 m
Eje de giro al borde de la calzada: 3,60 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	12	15	18	20	23	26	29	32	35	38	41
3%	15	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44
4%	18	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47
5%	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50
6%	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53
7%	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	55
8%	29	32	35	38	41	44	47	50	53	55	58
9%	32	35	38	41	44	47	50	53	55	58	61
10%	35	38	41	44	47	50	53	55	58	61	64
11%	38	41	44	47	50	53	55	58	61	64	67
12%	41	44	47	50	53	55	58	61	64	67	70

Tabla 302.17

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del Peralte

Velocidad específica: 80 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7,20 m
Eje de giro al borde de la calzada: 7,20 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	29	36	43	50	58	65	72	79	88	94	101
3%	36	43	50	58	65	72	79	88	94	101	108
4%	43	50	58	65	72	79	88	94	101	108	115
5%	50	58	65	72	79	88	94	101	108	115	122
6%	58	65	72	79	88	94	101	108	115	122	130
7%	65	72	79	88	94	101	108	115	122	130	137
8%	72	79	88	94	101	108	115	122	130	137	144
9%	79	88	94	101	108	115	122	130	137	144	151
10%	88	94	101	108	115	122	130	137	144	151	158
11%	94	101	108	115	122	130	137	144	151	158	166
12%	101	108	115	122	130	137	144	151	158	166	173

Tabla 302.18

Longitud de transición del peralte según velocidad y posición del eje del peralte

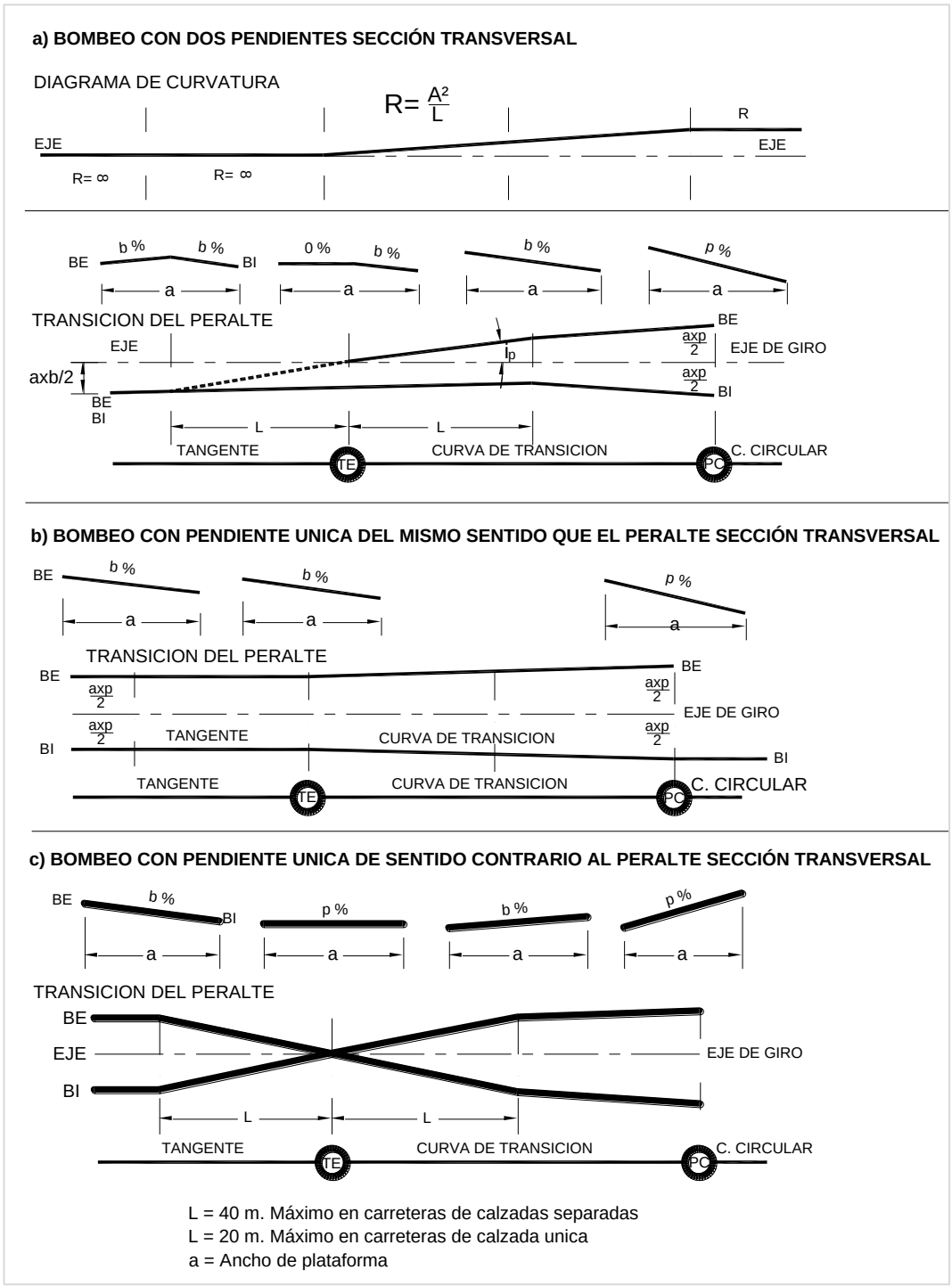
Velocidad específica: 100 km/h
Ancho de calzada o superficie de rodadura: 7,20 m
Eje de giro al borde de la calzada: 7,20 m

Peraltes Final / Inicial	-2%	-3%	-4%	-5%	-6%	-7%	-8%	-9%	-10%	-11%	-12%
2%	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126
3%	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135
4%	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144
5%	63	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153
6%	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162
7%	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171
8%	90	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171
9%	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	189
10%	99	99	108	117	126	135	144	153	162	171	189
11%	99	108	117	126	135	144	153	162	171	189	207
12%	108	117	126	135	144	153	162	171	189	207	216

En las figuras siguientes se muestran los procedimientos de transición del peralte (paso de bombeo a peralte) con y sin curvas de transición, **Figuras 302.14** y **302.15** respectivamente y paso de peralte de curvas de sentido inverso con y sin curvas de transición, **Figuras 302.16** y **302.17**.

Figura 302.14

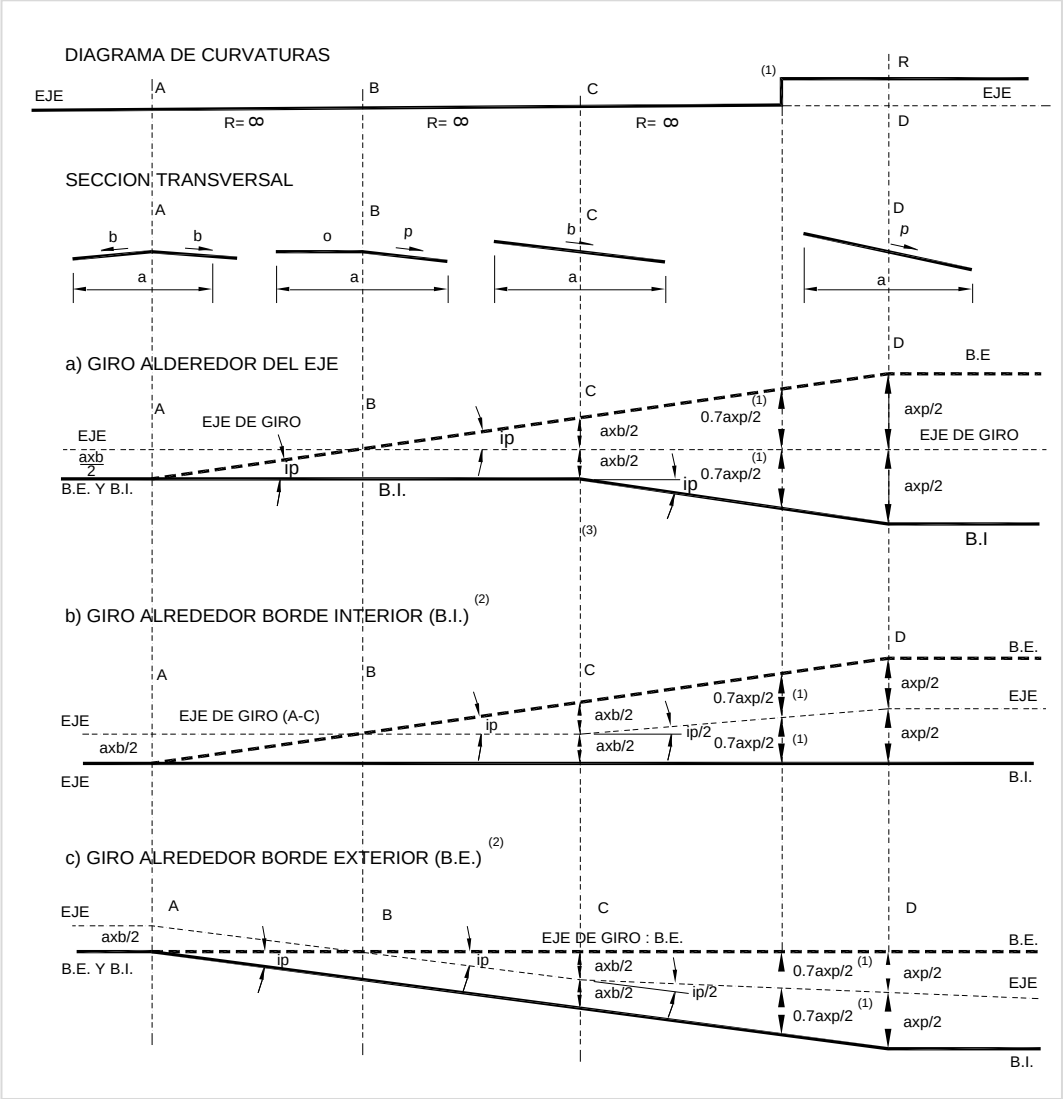
Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte con curva de transición



L = 40 m. Máximo en carreteras de calzadas separadas
L = 20 m. Máximo en carreteras de calzada unica
a = Ancho de plataforma

Figura 302.15

Desvanecimiento del bombeo y transición del peralte sin curva de transición



(1) Proporción normal de peralte a desarrollar en tangente : 0.7p

(2) Dados p e ip la longitud necesaria para desarrollar el peralte en los casos (b y c) es mayor que para el caso a

Figura 302.16

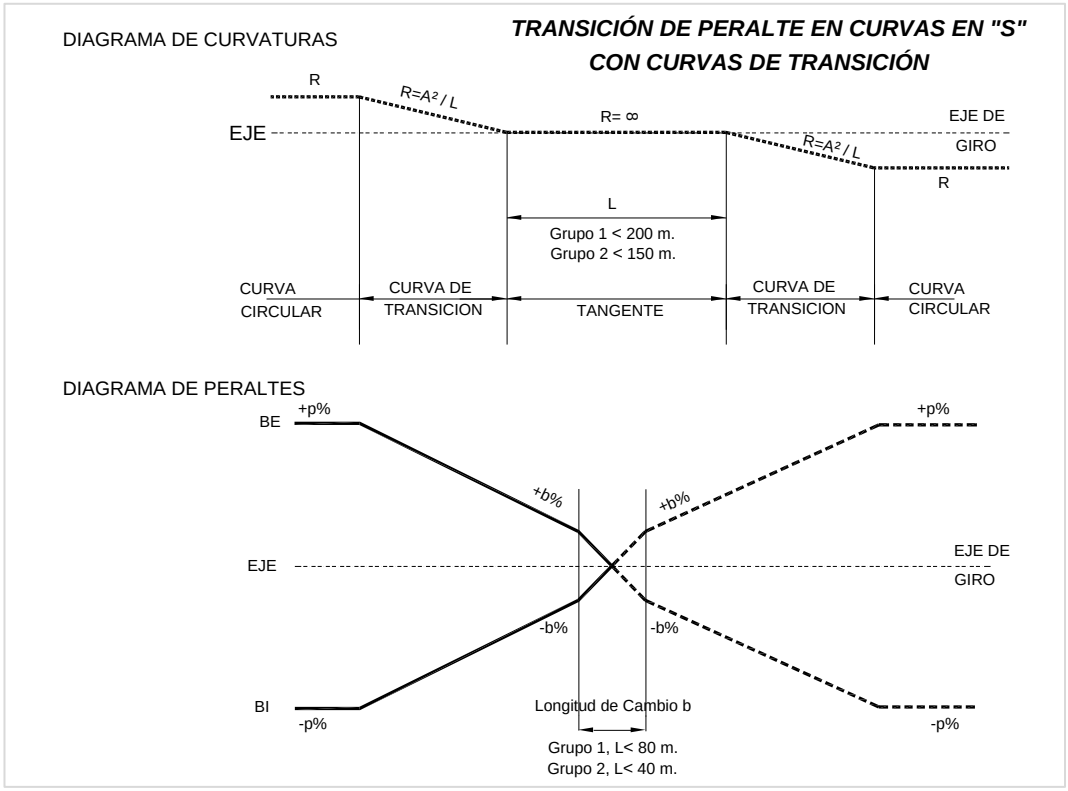
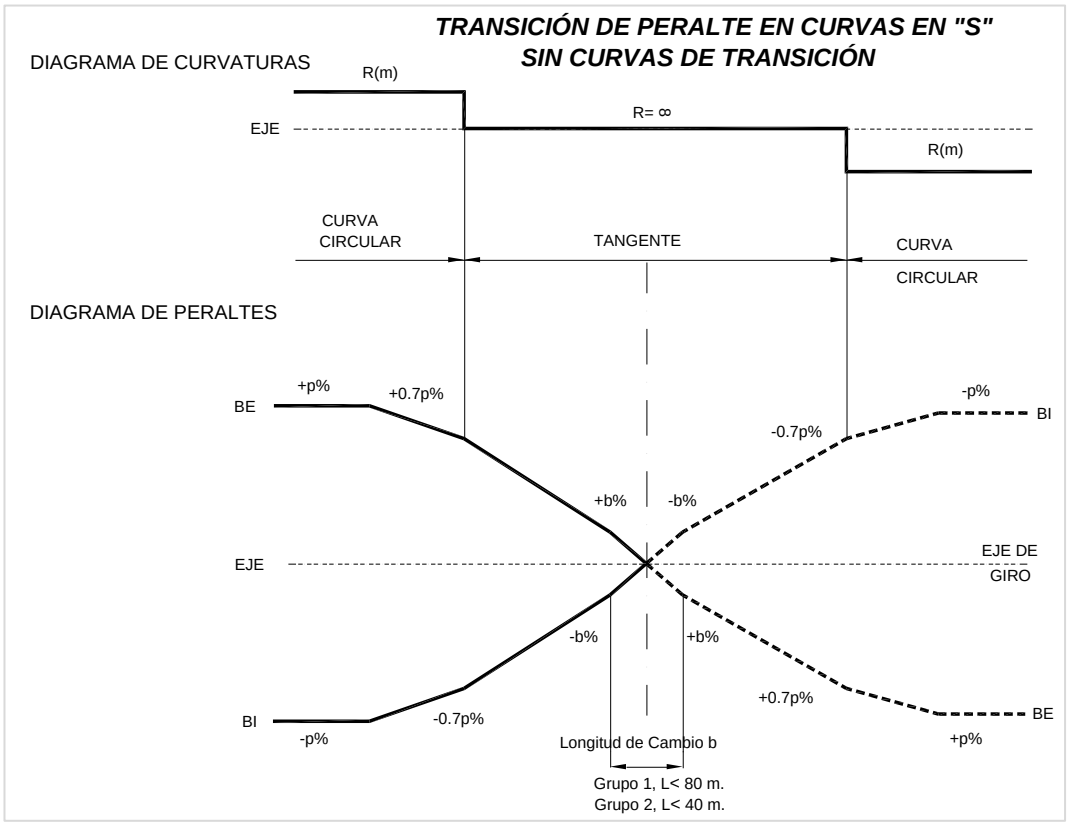


Figura 302.17



El desvanecimiento del bombeo, se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la tangente de entrada, en una longitud máxima de cuarenta metros (40 m) en carreteras de calzadas separadas, y en una longitud máxima de veinte metros (20 m), en carreteras de calzada única, y de la siguiente forma:

- Bombeo con dos pendientes. Se mantendrá el bombeo en el lado de plataforma que tiene el mismo sentido que el peralte subsiguiente, desvaneciéndose en el lado con sentido contrario al peralte.
- Bombeo con pendiente única del mismo sentido que el peralte subsiguiente. Se mantendrá el bombeo hasta el inicio de la clotoide.
- Bombeo con pendiente única de sentido contrario al peralte subsiguiente. Se desvanecerá el bombeo de toda la plataforma.

La transición del peralte propiamente dicha se desarrollará en los tramos siguientes:

- Desde el punto de inflexión de la clotoide (peralte nulo) al dos por ciento (2%) en una longitud máxima de cuarenta metros (40 m), para carreteras de vías separadas, y de veinte metros (20 m) para carreteras de vía única.
- Desde el punto de peralte dos por ciento (2%), hasta el peralte correspondiente a la curva circular (punto de tangencia), el peralte aumentará linealmente.

En el caso que la longitud de la curva circular sea menor de treinta metros (30 m), los tramos de transición del peralte, se desplazarán de forma que exista un tramo de treinta metros (30 m) con pendiente transversal constante e igual al peralte correspondiente al radio de curvatura de la curva circular.

302.09 Sobreancho

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

302.09.01 Necesidad del sobreancho

La necesidad de proporcionar sobreancho en una calzada, se debe a la extensión de la trayectoria de los vehículos y a la mayor dificultad en mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos.

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos que circulan habitualmente por la carretera, ésta debe tener un sobreancho con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (holguras), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobreancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las holguras teóricas adoptadas (valores medios). El sobreancho no podrá darse a costa de una disminución del ancho de la berma.

Las holguras teóricas en recta y en curva ensanchada, consideradas para vehículos comerciales de 2,6 m de ancho, según el ancho de una calzada se aprecia en la **tabla 302.19**:

Tabla 302.19

Holguras teóricas para vehículos comerciales de 2,60 m de ancho

Calzada de 7,20 m		Calzada de 6,0 m	
En recta	**En curva ensanchada**	**En recta**	**En curva ensanchada**
h_1 0,5 m	0,6 m	0,3 m	0,45 m
h_2 0,4 m	0,4 m	0,1 m	0,05 m
$h_{2\ ext}$ 0,4m	0,0 m	0,1 m	0,0 m

Dónde:

h_1 : holgura entre cada vehículo y el eje demarcado.

h_2 : holgura entre la cara exterior de los neumáticos de un vehículo y el borde exterior del carril por el que circula (en recta) o de la última rueda de un vehículo simple o articulado y el borde interior de la calzada en curvas.

h_{2ext}: holgura entre el extremo exterior del parachoques delantero y el borde exterior de la calzada, $h_{2ext} \approx h_2$ en recta y $h_{2ext} = 0$ en curvas ensanchadas.

Las holguras en curvas ensanchadas son mayores en calzadas de 7,20 m respecto de las de 6,0 m, no sólo por el mayor ancho de calzada, sino por las mayores velocidades de circulación que en ellas se tiene y por el mayor porcentaje de vehículos comerciales de grandes dimensiones.

302.09.02 Desarrollo del sobreancho

Con el fin de disponer de un alineamiento continuo en los bordes de la calzada, el sobreancho debe desarrollarse gradualmente a la entrada y salida de las curvas.

En el caso de curvas circulares simples, por razones de apariencia, el sobreancho se debe desarrollar linealmente a lo largo del lado interno de la calzada, en la misma longitud utilizada para la transición del peralte. En las curvas con espiral, el sobreancho se desarrolla linealmente, en la longitud de la espiral.

Normalmente la longitud para desarrollar el sobreancho será de 40 m. Si la curva de transición es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m, antes del principio de la curva circular. Si la curva de transición es menor de 40 m, el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud de la curva de transición disponible.

Para la determinación del desarrollo del sobreancho se utilizará la siguiente fórmula:

$$Sa_n = \frac{Sa}{L} l_n$$

Dónde:

Sa_n : Sobreancho correspondiente a un punto distante l_n metros desde el origen.

L : Longitud total del desarrollo del sobreancho, dentro de la curva de transición.

l_n : Longitud en cualquier punto de la curva, medido desde su origen (m).

La ordenada Sa_n se medirá normal al eje de la calzada en el punto de abscisa l_n y el borde de la calzada ensanchada distará del eje a/2+ Sa_n siendo "a" el ancho normal de la calzada en recta.

La demarcación de la calzada se ejecutará midiendo una ordenada Sa_n /2, a partir del eje de la calzada, en el punto de la abscisa l_n.

302.09.03 Valores del sobreancho

El sobreancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se calculará con la siguiente fórmula:

$$Sa = n\left(R - \sqrt{R^2 - L^2}\right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

Sa : Sobreancho (m)

N : Número de carriles

R : Radio (m)

L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

El primer término, depende de la geometría y el segundo de consideraciones empíricas, que tienen en cuenta un valor adicional para compensar la mayor dificultad, en calcular distancias transversales en curvas. Debe precisarse, que la inclusión de dicho valor adicional, debe ser evaluado y determinado por el diseñador, para aquellas velocidades que éste considere bajas para el tramo en diseño.

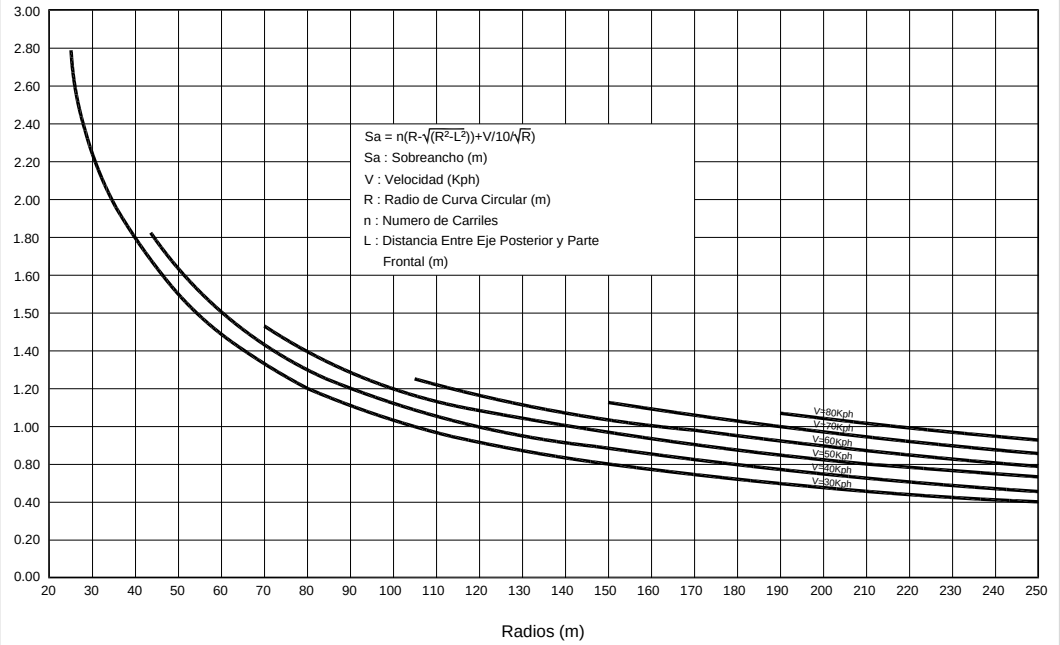
La consideración del sobreancho, tanto durante la etapa de proyecto como la de construcción, exige un incremento en el costo y trabajo, compensado solamente por la eficacia de ese aumento en el ancho de la calzada. Por tanto, los valores muy pequeños de sobreancho no deben considerarse.

Se considera apropiado un valor mínimo de 0,40 m de sobreancho para justificar su adopción.

También puede determinarse el sobreancho, empleando la **Figura 302.18**, en función a "L" del tipo de vehículo de diseño.

Figura 302.18

Valores de sobreancho en función a "L" del tipo de vehículo de diseño



El valor del sobreancho, estará limitado para curvas de radio menor a lo indicado en la **Tabla 302.20** (asociado a V $\leq$ 80 km/h) y se debe aplicar solamente en el borde interior de la calzada. En el caso de colocación de una junta central longitudinal o de demarcación, la línea se debe fijar en toda la mitad de los bordes de la calzada ya ensanchada.

Para radios mayores, asociados a velocidades mayores a 80 km/h, el valor del sobreancho será calculado para cada caso.

Tabla 302.20

Factores de reducción del sobreancho para anchos de calzada en tangente de 7,20m

Radio (R) (m)	Factor de reducción	Radio (R) (m)	Factor de reducción
25	0.86	90	0.60
28	0.84	100	0.59
30	0.83	120	0.54
35	0.81	130	0.52
37	0.8	150	0.47
40	0.79	200	0.38
45	0.77	250	0.27
50	0.75	300	0.18
55	0.72	350	0.12
60	0.70	400	0.07
70	0.69	450	0.08
80	0.63	500	0.05

Nota: El valor mínimo del sobreancho a aplicar es de 0,40 m

302.09.04 Longitud de transición y desarrollo del sobreancho

La **Figura 302.19 (a)**, **(b)** y **(c)**, muestra la distribución del sobreancho en los sectores de transición y circular.

En la **Figura 302.19 (a)**, la repartición del sobreancho se hace en forma lineal empleando para ello, la longitud de transición de peralte, de esta forma se puede conocer el sobreancho deseado en cualquier punto, usando la siguiente fórmula.

$$S_{a_n} = \frac{S_a}{L} L_n$$

Dónde:

Sa_n : Sobreancho deseado en cualquier punto (m)

Sa : Sobreancho calculado para la curva, (m)

L_n : Longitud a la cual se desea determinar el sobreancho (m)

L : Longitud de transición de peralte (m).

La distribución del sobreancho cuando un arco de espiral empalma dos arcos circulares de radio diferente y del mismo sentido, se debe

hacer aplicando la siguiente fórmula, la cual se obtiene a partir de una distribución lineal. La **Figura 302.19(c)**, describe los elementos utilizados en el cálculo.

$$Sa_n = Sa_1 + (Sa_2 - Sa_1)\frac{L_n}{L}$$

Dónde:

Sa_n : Sobreancho deseado en cualquier punto (m).

Sa_1 : Sobreancho calculado para el arco circular de menor curvatura (m).

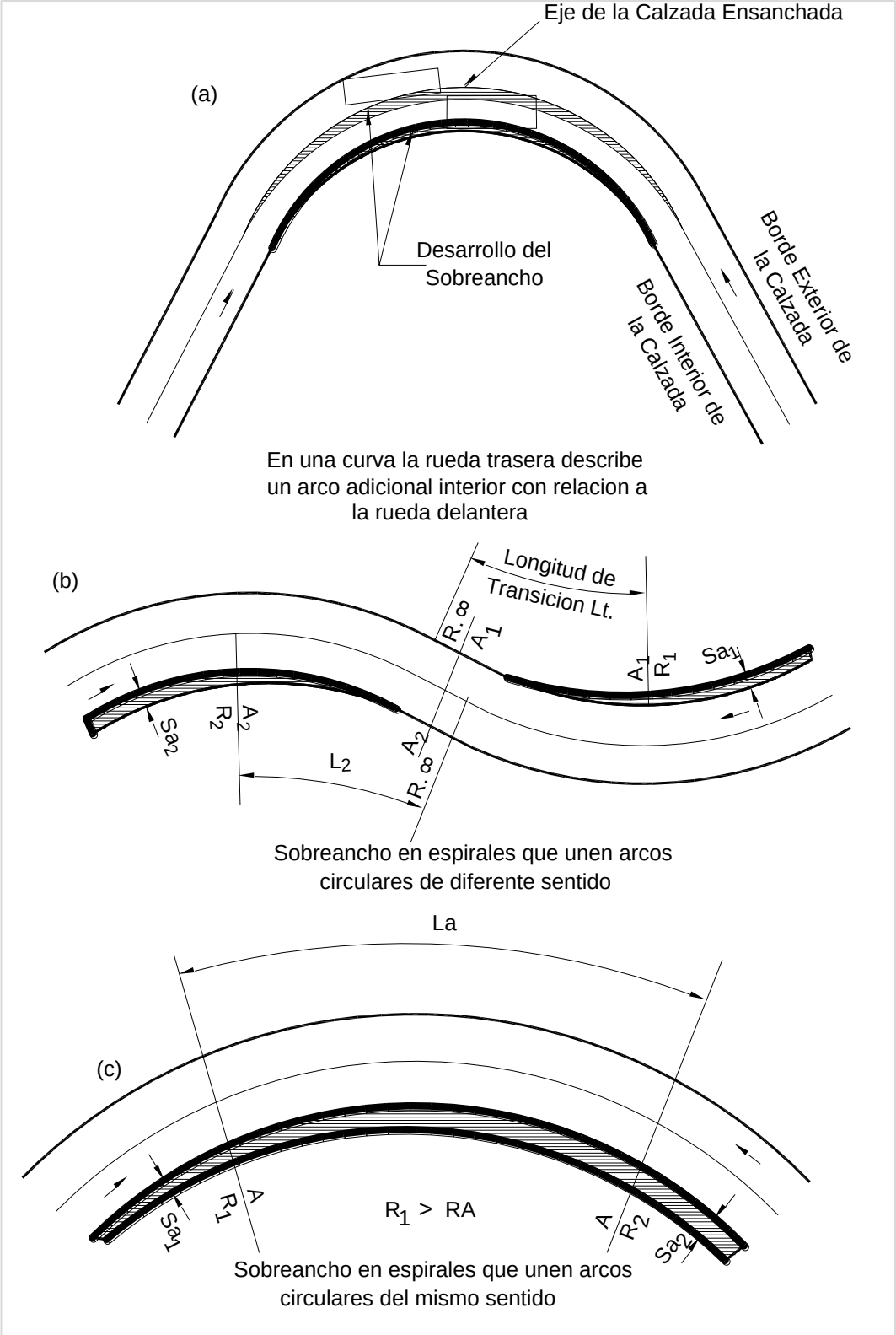
Sa_2 : Sobreancho calculado para el arco circular de mayor curvatura (m).

Ln : Longitud a la cual se desea determinar el sobreancho (m).

L : Longitud del arco de transición (m).

Figura 302.19

Distribución del sobreancho en los sectores de transición y circular



302.10 Verificación de la distancia de visibilidad

La coordinación de los alineamientos horizontal y vertical, respecto a las distancias de visibilidad, debe efectuarse al inicio del proyecto, es decir cuando aún es posible hacer modificaciones en el diseño.

La determinación analítica de los parámetros mínimos que definen los elementos en planta y perfil, asegura distancias de visibilidad acorde con la norma (**Sección 205**). Sin embargo, cuando se tiene zonas con restricción de adelantamiento, puede ser más práctico recurrir al método gráfico, como se muestra en la **Figura 302.20**, para los dos casos siguientes:

Caso I : Dp o Da < Desarrollo de la curva circular

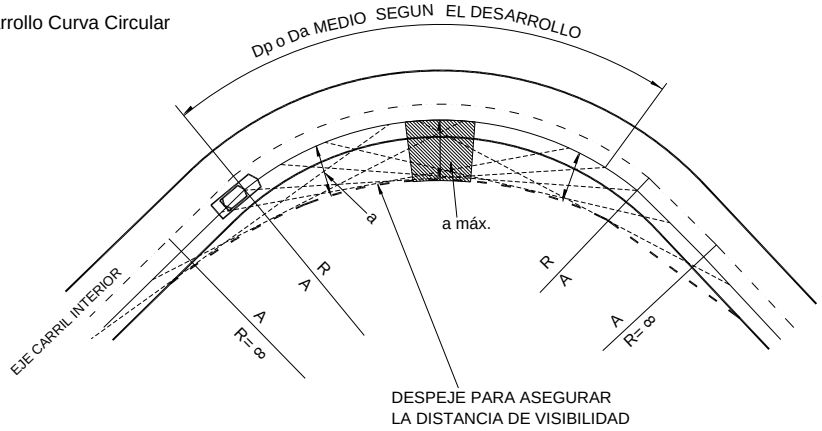
Caso II : Dp o Da > Desarrollo de la curva circular

Figura 302.20

Determinación gráfica de distancias de visibilidad en curvas casos I y II

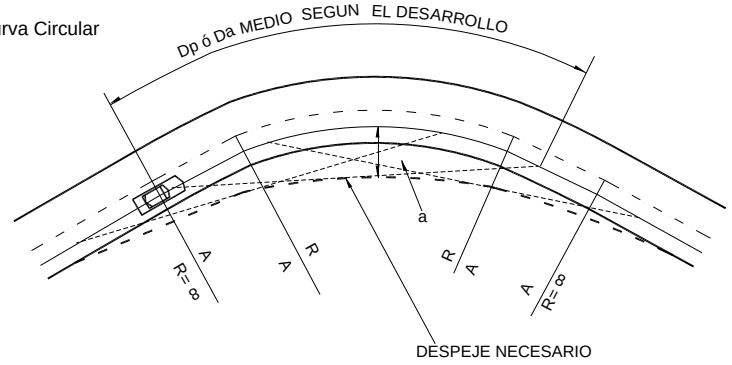
CASO I :

Dp o Da < Desarrollo Curva Circular



CASO II :

Dp o Da > Desarrollo Curva Circular



Nota : El procedimiento es valido tambien para configuración sin curva de transición

En el Caso I la zona sombreada indica el ancho máximo de despeje requerido ($a_{máx}$) para lograr la distancia de visibilidad necesaria. Dicho valor puede ser calculado analíticamente mediante la fórmula siguiente:

$$a_{máx} = \frac{Dv^2}{8R}$$

Con dicha fórmula se obtienen resultados aproximados para todos los efectos, cuando se calcula $a_{máx}$ por condición de parada o cuando se calcula $a_{máx}$ para R > Da en el caso de visibilidad de adelantamiento.

Si la verificación indica que no se tiene la distancia de visibilidad requerida y no es posible aumentar el radio de la curva, se deberá recurrir al método gráfico para calcular las rectificaciones necesarias, ya sea que se trate de un talud de corte u otro obstáculo que se desarrolla a lo largo de toda o parte de la curva.

302.10.01 Verificación en planta

La distancia de visibilidad en el interior de una curva horizontal puede estar limitada por obstrucciones laterales. La fórmula anterior indicada en el Caso I, permite calcular el despeje máximo necesario en la parte central de la curva, pero hacia los extremos de ésta, el despeje disminuye, dando origen a un huso. Lo anterior es válido cuando la distancia de visibilidad requerida es mayor que el desarrollo de la curva, o cuando existen curvas de transición entre la alineación recta y la curva circular. La **Figura 302.20**, muestra cómo mediante un polígono de visuales se puede determinar, para diversas secciones transversales, el despeje necesario medido a partir del eje del carril interior de la calzada.

Las líneas de visual se trazarán de modo que la visibilidad bajo análisis (parada o adelantamiento), se dé a lo largo del desarrollo del eje del carril considerado.

Cuando el obstáculo lateral, está constituido por el talud de un corte y la rasante presenta pendiente uniforme, se considerará que la línea de visual es tangente a éste, a una altura sobre la rasante, igual a la semisuma de la elevación de los ojos del conductor y del obstáculo; según el caso dicha altura será: 0,65 m para Visibilidad de Parada y 1,22 m para Visibilidad de Paso.

Cuando la curva horizontal coincide con una curva vertical, la altura del punto de tangencia sobre el talud será menor o mayor que las citadas, según se trate de una curva vertical convexa o cóncava. En este caso será necesario trabajar simultáneamente con los planos de planta y perfil longitudinal, utilizando el procedimiento indicado para la Verificación de la Visibilidad en Perfil. En efecto, la línea de visual trazada en el perfil longitudinal, para estaciones correspondientes de la planta, permitirá conocer la altura sobre la rasante que habrá de proyectarse al talud del corte.

Cuando el movimiento de tierra involucrado en el despeje es de poca importancia, se puede proceder aceptando el caso más desfavorable

en cuanto a altura sobre la rasante, es decir: h = 0 para curvas convexas y h = 0,65 m ó 1,22 m para distancia de parada (Dp) ó distancia de adelantamiento (Da) en curvas cóncavas.

302.10.02 Verificación en perfil

El método gráfico que se ilustra en la **Figura 302.21**, permite verificar las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento en curvas verticales convexas, lo cual es necesario para determinar la longitud de las zonas de adelantamiento prohibido y consecuentemente apreciar el efecto global de éstas sobre la futura operación de la carretera.

Dicho método implica preparar una reglilla de material plástico transparente, suficientemente rígida, cuyas dimensiones dependerán de la escala del plano en perfil. Por ejemplo, para escala 1:1000 (h); 1:100 (V) las dimensiones serán: Largo: 60 cm y Ancho: 3 cm.

El rayado en el plano representa:

- Trazo segmentado a 1,5 mm del borde superior, representa 15 cm a la escala del plano y corresponde a la altura del obstáculo móvil.
- Trazo lleno a 11,5 mm del borde superior y 100 mm de largo a partir del extremo izquierdo de la reglilla, representa la altura de los ojos del observador (1,15m).
- Trazo lleno a 13 mm del borde superior, marcado a partir del término del trazo anterior y a todo el largo de la reglilla, representa la altura de vehículo (1,30 m).

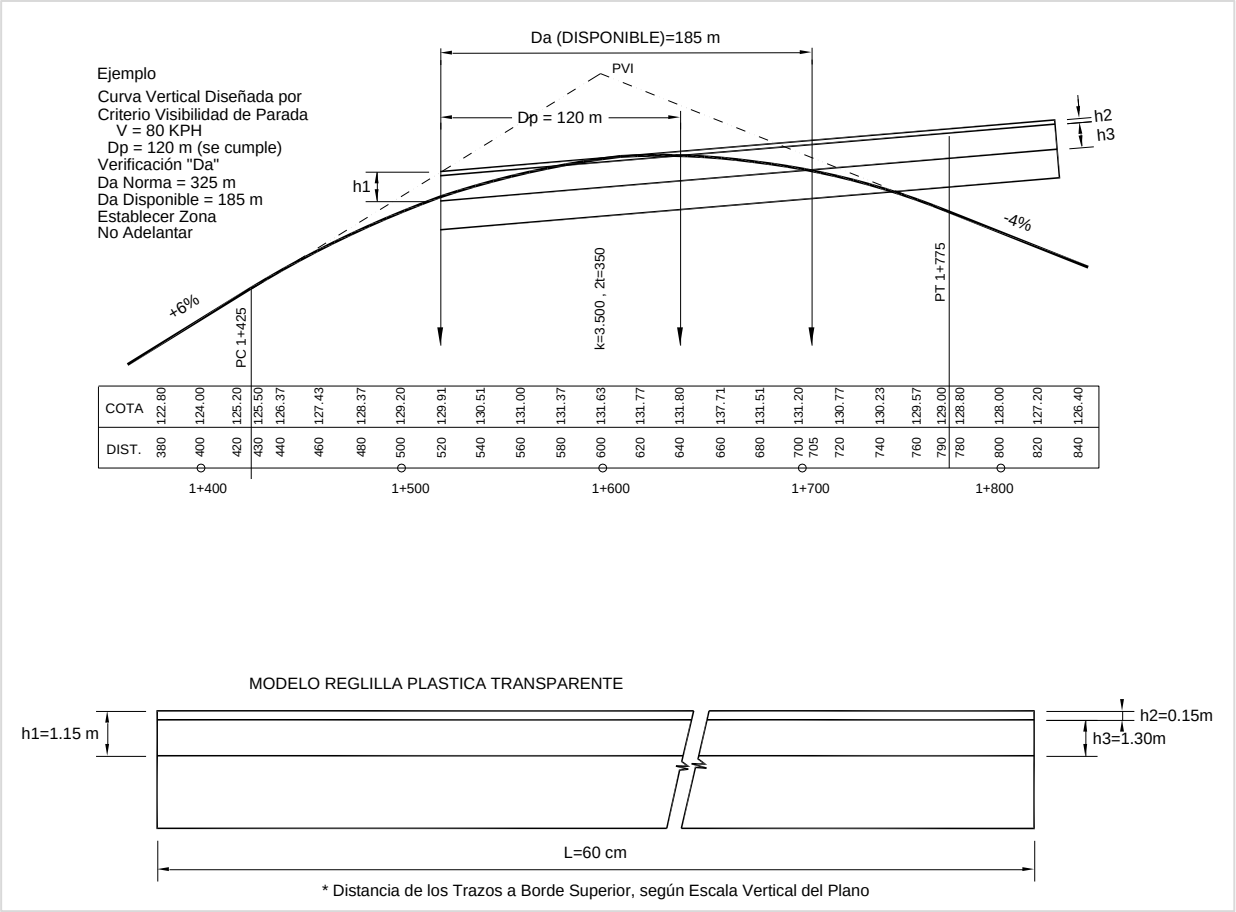
Tal como se observa en la figura, al cortar la rasante con el trazo que dista 1,15 m (a escala del plano), en una estación dada y hacer tangente el borde superior de la reglilla con la rasante, se tiene la línea de visual del conductor; el punto en que la línea de segmentos corta por segunda vez la rasante, será la distancia de visibilidad disponible por condición de parada desde dónde se ubica el observador. El punto dónde el trazo lleno, que representa los 1,30 m, de altura de un vehículo, corta la rasante, será la distancia de visibilidad de adelantamiento de que se dispone a partir del mismo punto inicial considerado.

Desplazando por tanto la reglilla a lo largo de la rasante en uno y otro sentido de circulación, se podrá verificar las visibilidades disponibles y analizar el problema de las zonas de adelantamiento restringido.

Cabe destacar que por la distorsión de escala (H) / (V) del plano, no se pueden hacer medidas a lo largo de la reglilla, por lo que las visibilidades disponibles deberán obtenerse por diferencia de los kilometrajes asociados a los puntos de corte de la rasante, con los trazos correspondientes a cada situación.

Figura 302.21

Verificación gráfica distancias de visibilidad en perfil en curvas convexas

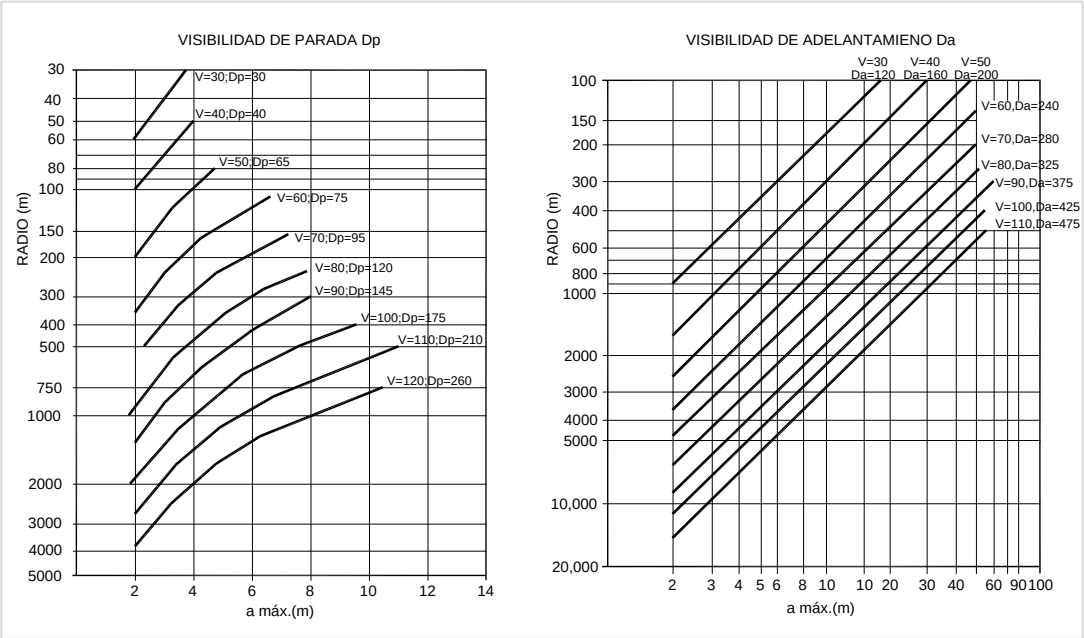


302.10.03 Banquetas de visibilidad

En las curvas horizontales deberán asegurarse la visibilidad a la distancia mínima de parada, de acuerdo a lo indicado en la **Sección 205** y en la presente sección.

El control de este requisito y la determinación del ancho máximo (a máx.) de la banqueta de visibilidad, se definirá luego de verificar si una curva provee o no la distancia de visibilidad requerida, de acuerdo con la **Figura 302.22**.

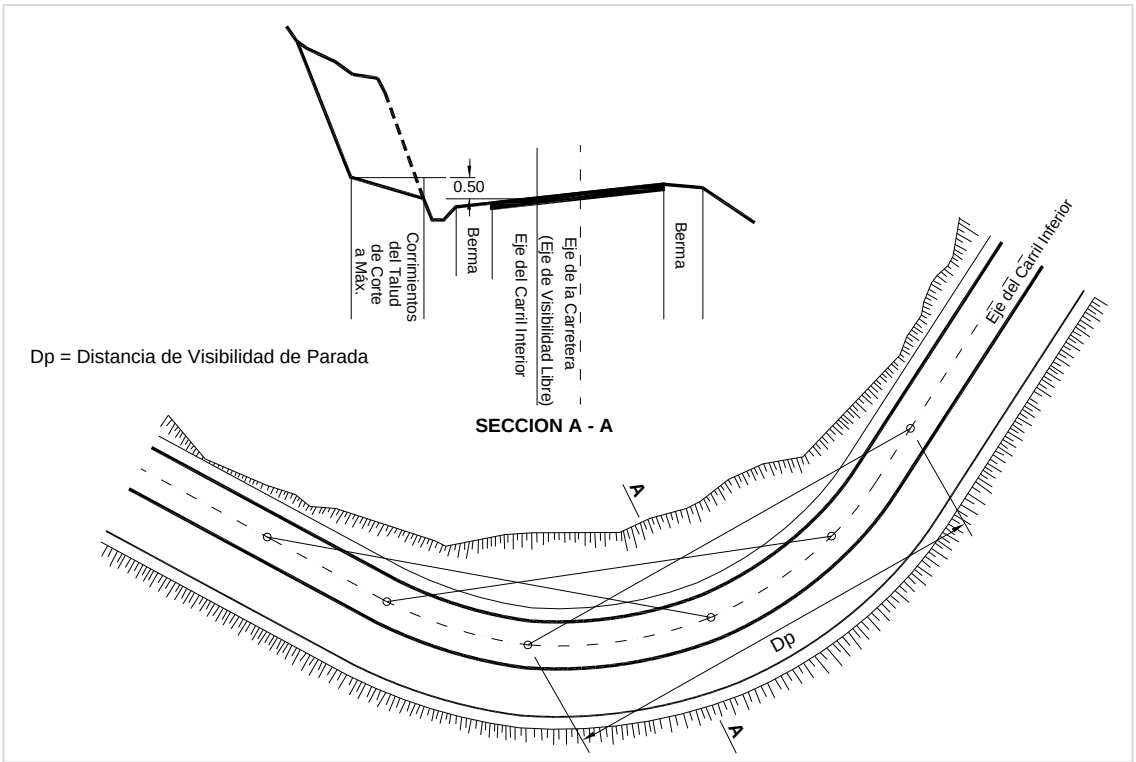
Figura 302.22



Si la verificación indica que no se tiene la visibilidad requerida y no es posible o económico aumentar el radio de la curva, se recurrirá al procedimiento de la **Figura 302.23**.

Figura 302.23

Visibilidad en Curva



Asimismo se presenta la **Tabla 302.21** con las distancias mínimas a los obstáculos fijos, en tramos en tangente, medidos desde el borde exterior de la berma, hasta el borde del objeto.

Tabla 302.21

Distancias mínimas a obstáculos fijos

Descripción	Distancia (m)
Obstáculos aislados (pilares, postes, etc.)	1,50 (0,60)
Obstáculos continuos (muros, paredes. Barreras, etc.)	0,60 (0,30)
Pared, muro o parapeto, sin flujo de peatones	0,80 (0,60)
Pared, muro o parapeto, con flujo de peatones	1,50

( ) Valores mínimos absolutos, aceptables para carreteras hasta de Segunda Clase.

Para el caso de carreteras de Tercera Clase y cuando las obstrucciones a la visibilidad, tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales en el lado interno de una curva horizontal, será preferible un ajuste en el diseño de la sección transversal o en el alineamiento, a la remoción de la obstrucción.

Según lo antes indicado, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad deberá ser por lo menos igual a la distancia de parada correspondiente, y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva. El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad será el calculado por la siguiente fórmula:

$$a_{mín} = R\left(1 - Cos\frac{28.65\ D_p}{R}\right)$$

Dónde:

$a_{mín}$: Ancho mínimo libre.

R : Radio de la curva horizontal.

Dp : Distancia de parada

302.10.04 Zonas de no adelantar

Toda vez que no se disponga la visibilidad de adelantamiento mínima, por restricciones causadas por elementos asociados a la planta o elevación o combinaciones de éstos, la zona de adelantamiento prohibido, deberá quedar señalizada mediante pintura en el pavimento y/o señalización vertical correspondiente.

302.10.05 Frecuencia de las zonas adecuadas para adelantar

Teniendo en cuenta que la visibilidad de adelantamiento requerida es superior a la de parada, la orografía no permite mantener un trazado con distancias de adelantamiento adecuadas.

Por tal razón, los sectores con visibilidad adecuada para adelantar, deberán distribuirse lo más homogéneamente posible a lo largo del trazado. Por ejemplo, en un tramo de longitud superior a 5 km, emplazado en una topografía dada, se procurará que los sectores con visibilidad adecuada para adelantar con respecto al largo total del tramo, se mantengan dentro de los porcentajes que se indican en la **Tabla 302.22**.

Tabla 302.22

Porcentaje del tramo con visibilidad adecuada para adelantar

Tipo de terreno	% Mínimo	% Deseable
Plano	45	≥65
Ondulado	30	≥50
Accidentado o escarpado	20	≥30

SECCIÓN 303

Diseño geométrico en perfil

303.01 Generalidades

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto.

El sistema de cotas del proyecto, estarán referidos y se enlazarán con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

El perfil longitudinal está controlado principalmente por la Topografía, Alineamiento, horizontal, Distancias de visibilidad, Velocidad de proyecto, Seguridad, Costos de Construcción, Categoría del camino, Valores Estéticos y Drenaje.

303.02 Consideraciones de diseño

- En terreno plano, por razones de drenaje, la rasante estará sobre el nivel del terreno.
- En terreno ondulado, por razones de economía, en lo posible la rasante seguirá las inflexiones del terreno.
- En terreno accidentado, en lo posible la rasante deberá adaptarse al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, para evitar alargamientos innecesarios.
- En terreno escarpado el perfil estará condicionado por la divisoria de aguas.
- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas, que presenten variaciones graduales de los lineamientos, compatibles con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.

- Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica, podrán estar presentes en el trazado si resultan indispensables. Sin embargo, la forma y oportunidad de su aplicación serán las que determinen la calidad y apariencia de la carretera terminada.

- Deberán evitarse las rasantes de "lomo quebrado" (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta). Si las curvas son convexas se generan largos sectores con visibilidad restringida, y si ellas son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se crean falsas apreciaciones de distancia y curvatura.

- En pendientes que superan la longitud crítica, establecida como deseable para la categoría de carretera en proyecto, se deberá analizar la factibilidad de incluir carriles para tránsito lento.

- En pendientes de bajada, largas y pronunciadas, es conveniente disponer, cuando sea posible, carriles de emergencia que permitan maniobras de frenado.

303.03 Pendiente

303.03.01 Pendiente mínima

Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0,5%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0,2%.

- Si el bombeo es de 2,5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.

- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0,5% y la mínima excepcional de 0,35%.

- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0,5%.

303.03.02 Pendiente máxima

Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la **Tabla 303.01**, no obstante, se pueden presentar los siguientes casos particulares:

- En zonas de altitud superior a los 3.000 msnm, los valores máximos de la **Tabla 303.01**, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.

- En autopistas, las pendientes de bajada podrán superar hasta en un 2% los máximos establecidos en la **Tabla 303.01**.

Tabla 303.01

Pendientes máximas (%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			10,00	10,0
40 km/h																9,00	8,00	9,00	10,00	
50 km/h											7,00	7,00			8,00	9,00	8,00	8,00	8,00	
60 km/h					6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	7,00	8,00	9,00	8,00	8,00		
70 km/h			5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00		7,00	7,00		
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00		6,00	6,00			7,00	7,00		
90km/h	4,50	4,50	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00			6,00				6,00	6,00		
100km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00				6,00							
110 km/h	4,00	4,00			4,00															
120 km/h	4,00	4,00			4,00															
130 km/h	3,50																			

Notas:

1) En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de éstas se deberán adecuar al orden superior inmediato.
2) De presentarse casos no contemplados en la presente tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

303.03.03 Pendientes máximas excepcionales

Excepcionalmente, el valor de la pendiente máxima podrá incrementarse hasta en 1%, para todos los casos. Deberá justificarse técnica y económicamente la necesidad de dicho incremento.

Para carreteras de Tercera Clase deberán tenerse en cuenta además las siguientes consideraciones:

- En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. La frecuencia y la ubicación de dichos tramos de descanso, contará con la correspondiente evaluación técnica y económica.
- En general, cuando se empleen pendientes mayores a 10%, los tramos con tales pendientes no excederán de 180 m.
- La máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2.000 m, no debe superar el 6%.
- En curvas con radios menores a 50 m de longitud debe evitarse pendientes mayores a 8%, para evitar que las pendientes del lado interior de la curva se incrementen significativamente.

303.03.04 Longitud en pendiente

La **Figura 303.01a** ilustra el efecto de las pendientes uniformes de subida, de longitudes dadas, sobre la velocidad de operación de camiones.

El ábaco está elaborado para camiones pesados del tipo 150 a 180 Kg/Hp ~ 203 a 244 kg/kw Neto, que representan el parque de camiones con remolque o semirremolque. Así mismo, es independiente de la velocidad de entrada a la pendiente, en tanto la rasante de aproximación sea prácticamente horizontal.

Además, el ábaco muestra la caída de velocidad para un camión con remolque o semirremolque cargado, cuya relación peso/potencia sea del orden de 150 kg/Hp ~ 203 kg/kw Neto. Se considera que la rasante de aproximación a la pendiente es prácticamente horizontal y la velocidad al comienzo de la pendiente de 65 km/h. La sección horizontal de las curvas indica la velocidad de régimen del camión, la que no puede ser superada en tanto no disminuya la pendiente.

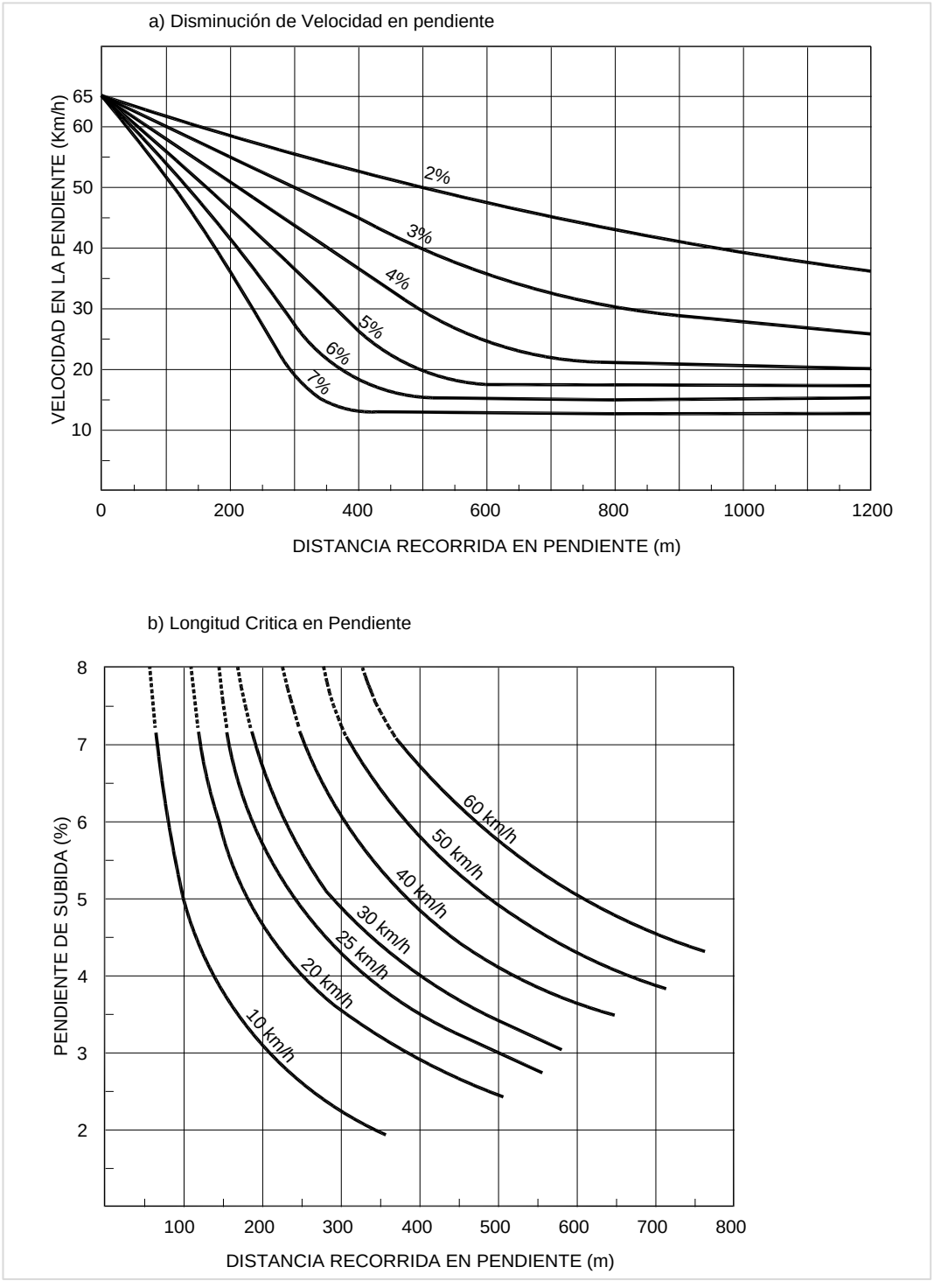
La **Figura 303.01b** ilustra el concepto de la longitud crítica en pendiente, es decir, la combinación de magnitud y longitud de pendiente que causa un descenso en la velocidad de operación del camión de "X" km/h.

El ábaco por tanto, permite establecer la longitud máxima que puede darse a una pendiente de magnitud dada, si se desea evitar que la velocidad de operación de los camiones en horizontal disminuya en más de "X" km/h en las zonas en pendientes.

Si la longitud y magnitud de una pendiente inevitable produce descensos superiores a los 25 km/h, en especial en caminos bidireccionales dónde no existe visibilidad para adelantar, debe realizarse un análisis técnico económico a fin de establecer la factibilidad de proyectar carriles de ascenso. En pendiente, como norma general, es recomendable no superar los 15 km/h de caída de velocidad, para camiones.

Figura 303.01

Disminución de velocidad (a) y magnitud crítica (b), en pendientes



303.03.05 Carriles adicionales

Cuando la pendiente implique una reducción de la velocidad de operación de 25 km/h o más, debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de añadir un carril adicional en la vía, en función al volumen de tránsito y porcentaje de camiones.

Siempre que se amplíe la plataforma para disponer un carril adicional, se mantendrán las dimensiones de las bermas.

En carreteras de una calzada, el carril de ascenso no debe utilizarse como carril de adelantamiento.

Para la implementación de los carriles adicionales se tendrá en cuenta los siguientes criterios:

- En Autopistas: Los carriles adicionales deben ubicarse al lado izquierdo de la calzada (carriles para circulación rápida).
- Carreteras de una calzada: Los carriles adicionales deben ubicarse al lado derecho de la calzada (carriles para circulación lenta).

En lo que respecta a las dimensiones de los carriles adicionales, estos tendrán el mismo ancho que los de la calzada, evitando proyectar carriles con longitudes menores a 250 m.

Antes del inicio de los carriles adicionales para circulación lenta o rápida, debe existir una transición, con una longitud mínima de 70 m.

El carril adicional para circulación rápida se prolongará a partir de la sección, en la que desaparecen las condiciones que lo hicieron necesario, cuya longitud se calculará con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{6\,(V + 20)}{5}$$

Dónde:

L : Longitud de prolongación (m).

V : Velocidad de diseño (km/h)

A la prolongación anterior le seguirá una transición con una longitud mínima de 120 m y una zona señalizada en una longitud mínima de 200 m.

El carril adicional para circulación lenta, se prolongará hasta que el vehículo lento alcance el 85% de la velocidad de diseño, sin que dicho porcentaje pueda sobrepasar los 80 km/h.

A la prolongación anterior, se añadirá una transición con una longitud mínima de 100 m.

El final de un carril adicional para circulación lenta, no deberá coincidir con un tramo de carretera dónde exista prohibición de adelantamiento.

303.04 Curvas verticales

303.04.01 Generalidades

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás.

Dichas curvas verticales parabólicas, son definidas por su parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K = L/A$$

Dónde,

K : Parámetro de curvatura

L : Longitud de la curva vertical

A : Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

303.04.02 Tipos de curvas verticales

Las curvas verticales se pueden clasificar por su forma como curvas verticales convexas y cóncavas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas. En la **Figura 303.02** se indican las curvas verticales convexas y cóncavas y en la **Figura 303.03** las curvas verticales simétricas y asimétricas.

Figura 303.02

Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas

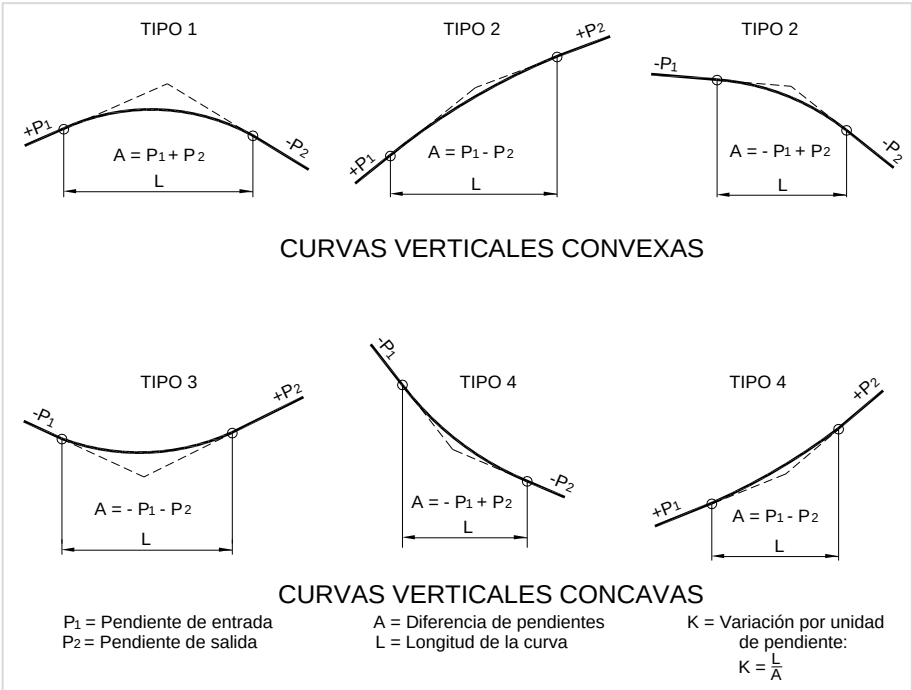
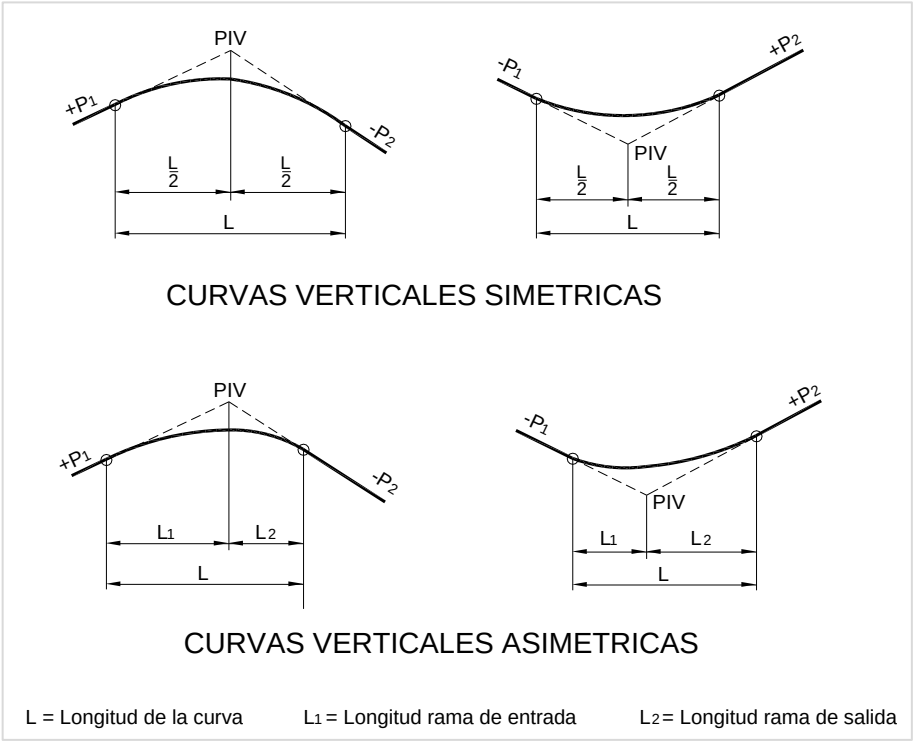


Figura 303.03

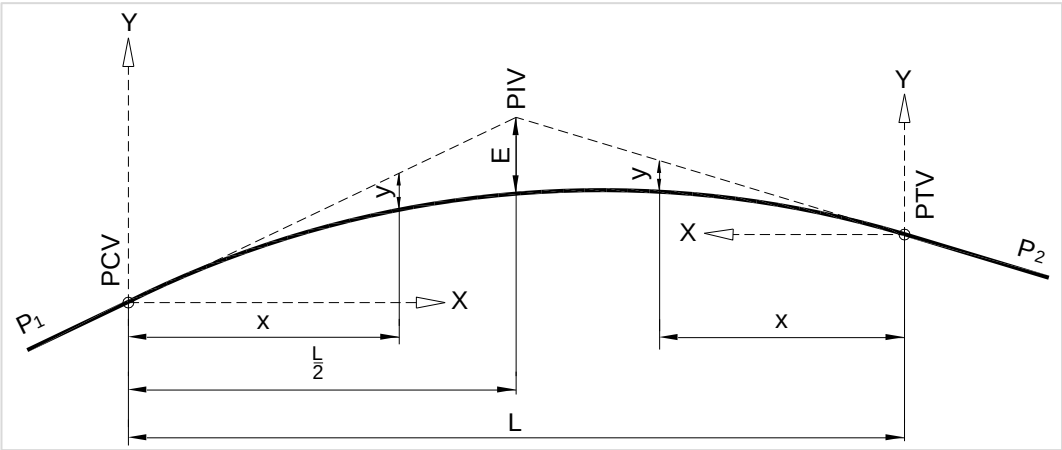
Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas



La CURVA VERTICAL SIMÉTRICA está conformada por dos parábolas de igual longitud, que se unen en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es la parábola cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas se incluyen a continuación, tal como se aprecia en la **Figura 303.04.**

Figura 303.04

Elementos de la curva vertical simétrica



Dónde:

PCV : Principio de la curva vertical

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV : Término de la curva vertical

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

S_1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S_2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)

$$A = |S_1 - S_2|$$

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{A\,L}{800}$$

X : Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

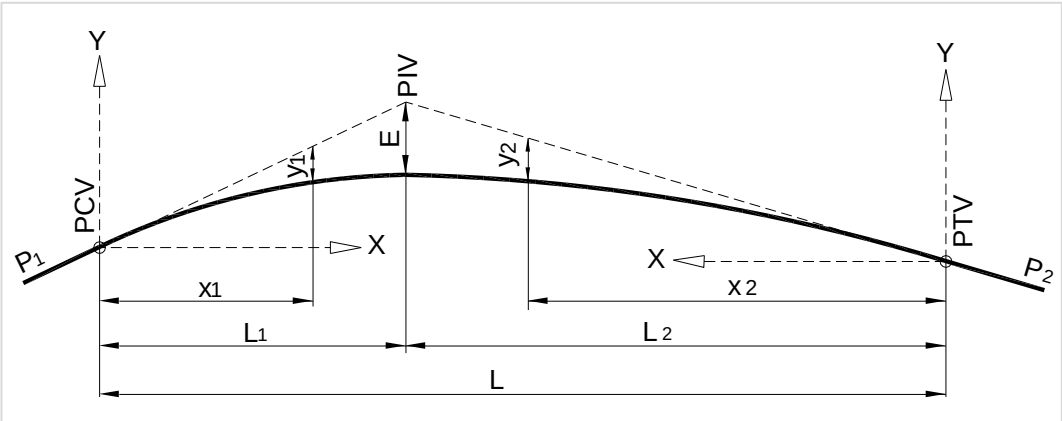
Y : Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y = x^2\left(\frac{A}{200\ L}\right)$$

La curva vertical asimétrica está conformada por dos parábolas de diferente longitud (L_1, L_2) que se unen en la proyección vertical del PIV. Ver **Figura 303.05**.

Figura 303.05

Elementos de la curva vertical asimétrica



Dónde:

PCV : Principio de la curva vertical

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV : Término de la curva vertical

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m), se cumple: L = L1 + L2 y L1 ≠ L2.

S_1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)

S_2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)

L_1 : Longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal en metros (m).

L_2 : Longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal, en metros (m).

A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

$$A = |S_1 - S_2|$$

E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{A\ L_1\ L_2}{200\ (L_1 + L_2)}$$

X_1 : Distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama de la curva medida desde el PCV

X_2 : Distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama de la curva medida desde el PTV

Y_1 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y_1 = E \left(\frac{X_1}{L_1}\right)^2$$

Y_2 : Ordenada vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PTV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y_2 = E \left(\frac{X_2}{L_2}\right)^2$$

En el proyecto de curvas verticales, es necesario tomar en consideración los siguientes criterios:

- Debido a los efectos dinámicos, para que exista comodidad es necesario que la variación de pendiente sea gradual, situación que resulta más crítica en las curvas cóncavas, por actuar las fuerzas de gravedad y centrífuga en la misma dirección.
- Generalmente se proyectan curvas verticales simétricas, es decir, aquellas en las que las tangentes son de igual longitud. Las tangentes desiguales o las curvas verticales no simétricas son curvas parabólicas compuestas. Por lo general, su uso se garantiza sólo dónde no puede introducirse una curva simétrica por las condiciones impuestas del alineamiento.
- El criterio de comodidad, se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas en dónde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo al cambiar de dirección se suma al peso propio del mismo. Generalmente queda englobado siempre por el criterio de seguridad.
- El criterio de operación, se aplica al diseño de curvas verticales con visibilidad completa, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.
- El criterio de drenaje, se aplica al diseño de curvas verticales cóncavas o convexas en zonas de corte, lo cual conlleva a modificar las pendientes longitudinales de las cunetas.
- El criterio de seguridad, se aplica a curvas cóncavas y convexas. La longitud de la curva debe ser tal, que en todo su desarrollo la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada. En algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de paso.

303.04.03 Longitud de las curvas convexas

La longitud de las curvas verticales convexas, se determina con las siguientes fórmulas:

a) Para contar con la visibilidad de parada (Dp).

Cuando Dp < L;

$$L = \frac{A\ D_p^2}{100\left(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2}\right)^2}$$

Cuando Dp > L;

$$L = 2D_p - \frac{200\left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)^2}{A}$$

Dónde, para todos los casos:

L : Longitud de la curva vertical (m)

Dp: Distancia de visibilidad de parada (m)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

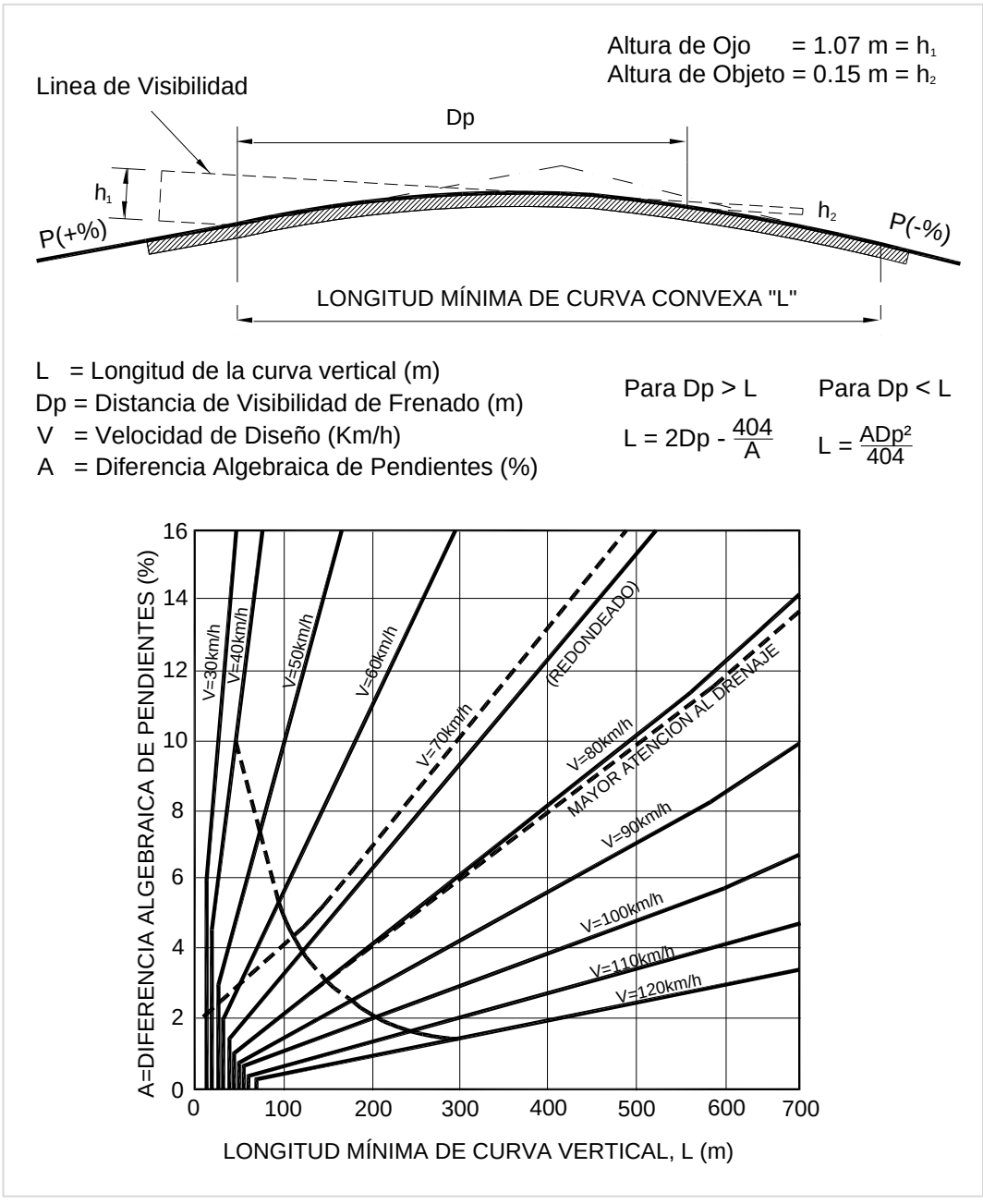
h_1 : Altura del ojo sobre la rasante (m)

h_2 : Altura del objeto sobre la rasante (m)

La **Figura 303.06**, presenta los gráficos para resolver las ecuaciones planteadas, para el caso más común con h_1 = 1,07 m y h_2 = 0,15 m.

Figura 303.06

Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada



b) Para contar con la visibilidad de adelantamiento o paso (Da).

Cuando: Da < L

$$L = \frac{A\ D_a^2}{946}$$

Cuando: Da > L

$$L = 2D_a - \frac{946}{A}$$

Dónde:

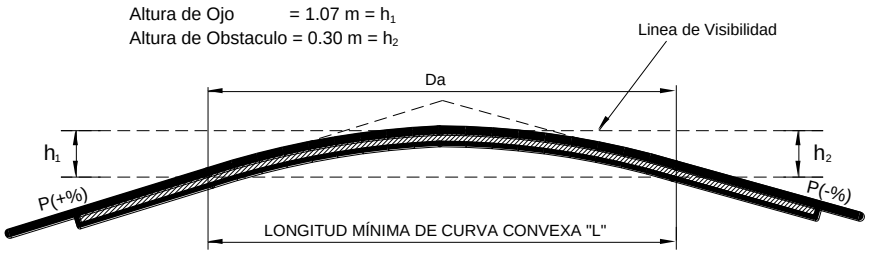
Da : Distancia de visibilidad de adelantamiento o Paso (m)

L y A : Idem (a)

Se utilizará los valores de longitud de Curva Vertical de la **Figura 303.07** para esta condición, asimismo se aplicarán las mismas fórmulas que en (a); utilizándose como h_2 = 1.30 m, considerando h_1 = 1.07 m.

Figura 303.07

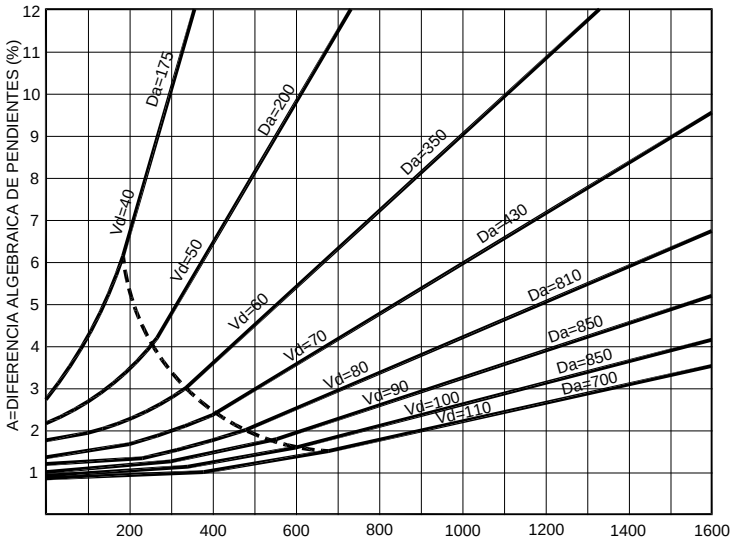
Longitud mínima de curvas verticales convexas con distancias de visibilidad de paso



L = Longitud de la curva vertical (m)
D = Distancia de Visibilidad de Paso (m)
V = Velocidad de Diseño (Km/h)
A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

Para Da > L: $L = 2Da - \frac{946}{A}$

Para Da < L: $L = \frac{ADa^2}{946}$



LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL PARABOLICA, L (m)

Los valores del Índice K al que se refiere el **Art. 303.04.01** para la determinación de la longitud de las curvas verticales convexas para carreteras de Tercera Clase, serán los indicados en la **Tabla 303.02**.

Tabla 303.02

Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	Índice de curvatura K
20	20	0,6		
30	35	1,9	200	46
40	50	3,8	270	84
50	65	6,4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

303.04.04 Longitud de las curvas cóncavas

La longitud de las curvas verticales cóncavas, se determina con las siguientes fórmulas:

Cuando : D < L

$$L = \frac{A\ D^2}{120 + 3.5D}$$

Cuando : D > L

$$L = 2D - \left(\frac{120 + 3.5D}{A}\right)$$

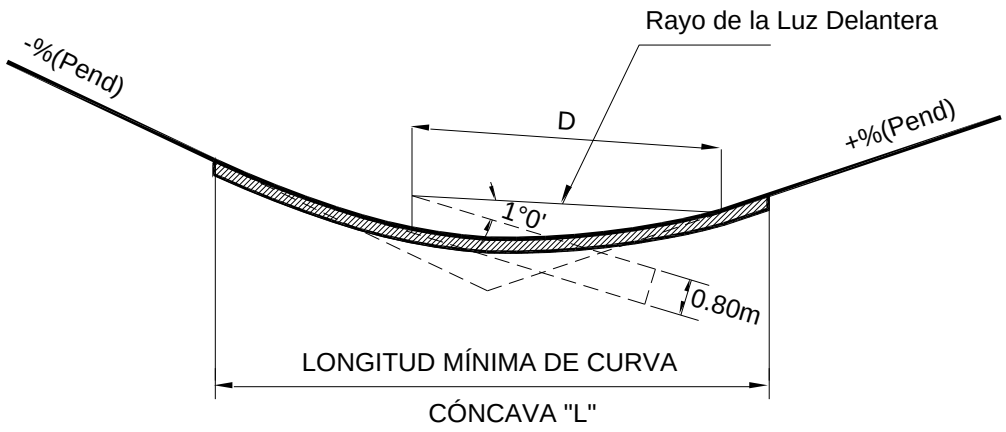
Dónde:

D : Distancia entre el vehículo y el punto dónde con un ángulo de 1º, los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.

Del lado de la seguridad se toma D = Dp, cuyos resultados se aprecian en la **Figura 303.08**.

Figura 303.08

Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas



CÓNCAVA "L"

L = Longitud de la curva vertical (m)
D = Distancia desde los Faros a la rasante (m)
V = Velocidad de Diseño (Km/h)
A = Diferencia Algebraica de Pendientes (%)

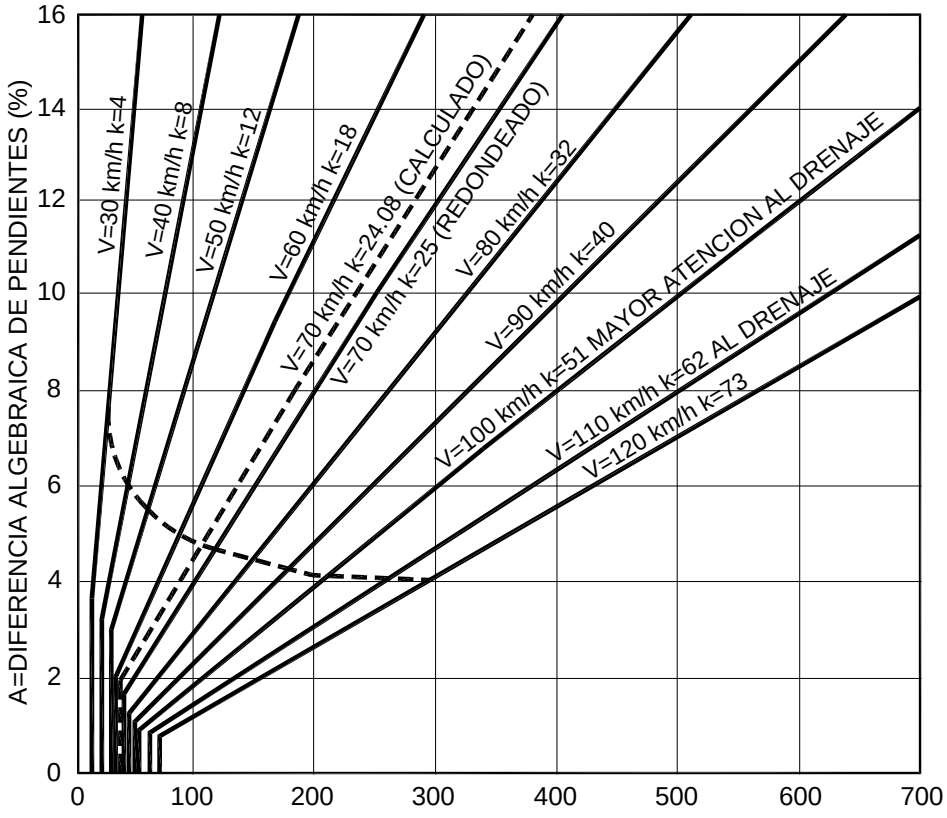
D = Dp

Dp > L

$$L = 2Dp - \left(\frac{120+3{,}50\ Dp}{A}\right)$$

Dp < L

$$L = \frac{A\ Dp^2}{120+3.5\ Dp}$$



Adicionalmente, considerando que los efectos gravitacionales y de fuerzas centrífugas afectan en mayor proporción a las curvas cóncavas, se aplicará la siguiente fórmula:

$$L = \frac{A\,V^2}{395}$$

Dónde:

V : Velocidad de proyecto (km/h)

L : Longitud de la curva vertical (m)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

Los valores del Índice K al que se refiere el **Artículo 303.04.01** para la determinación de la longitud de las curvas verticales cóncavas para carreteras de Tercera Clase, serán los indicados en la **Tabla 303.03**.

Tabla 303.03

Valores del índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava en carreteras de Tercera Clase

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada (m)	Índice de curvatura K
20	20	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
90	160	38

SECCIÓN 304

Diseño geométrico de la sección transversal

304.01 Generalidades

El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas dimensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios.

Constituyen secciones transversales particulares, las correspondientes a los puentes y pontones, túneles, ensanches de plataforma y otros.

En zonas de concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores, maquinaria agrícola, animales y otros, la sección transversal debe ser proyectada de tal forma que constituya una solución de carácter integral a tales situaciones extraordinarias, y así posibilitar, que el tránsito por la carretera se desarrolle con seguridad vial.

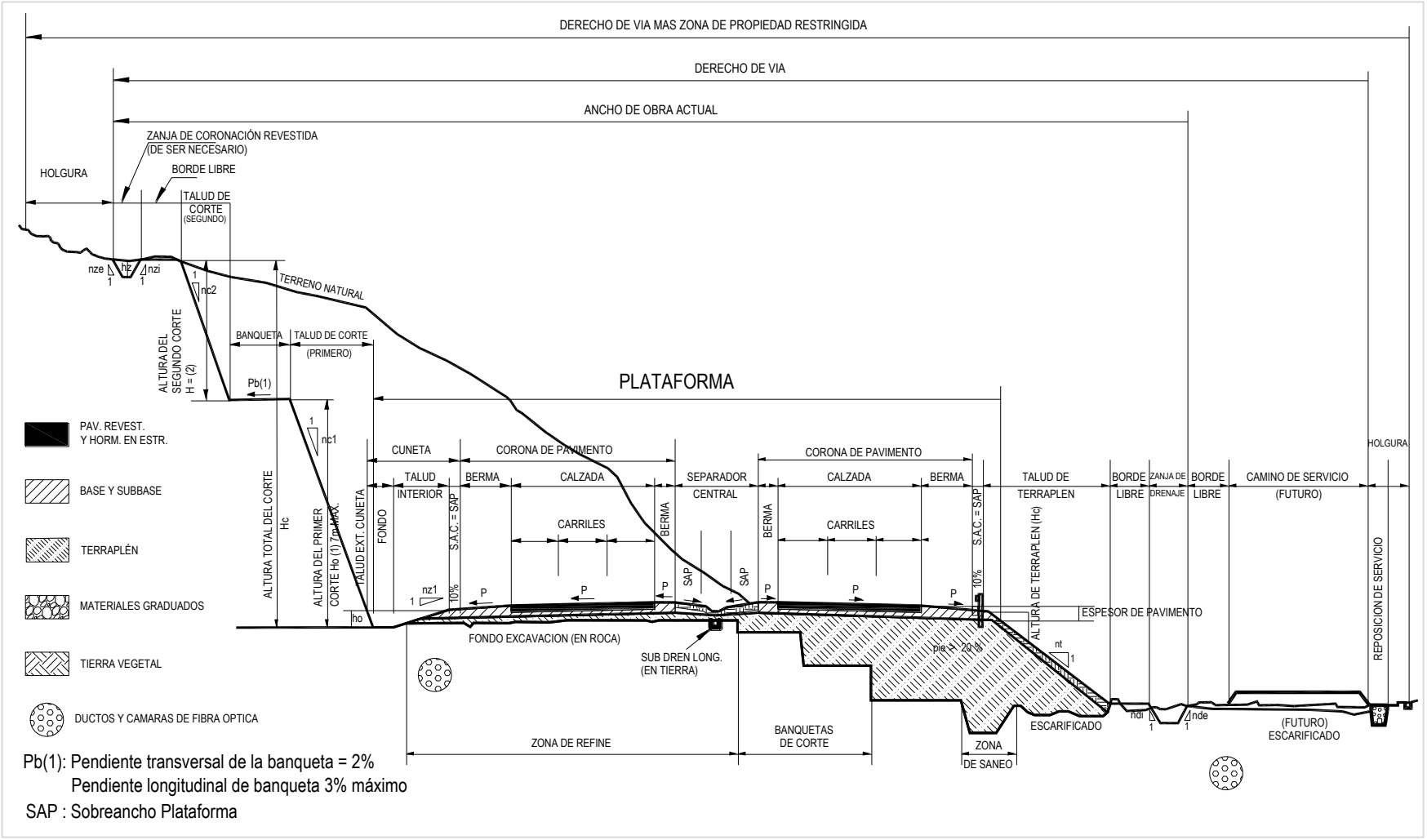
304.02 Elementos de la sección transversal

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto. En las **Figuras 304.01 y 304.02**, se muestra una sección tipo a media ladera para una autopista en tangente y una carretera de una calzada de dos carriles en curva.

Asimismo, en la **Figuras 304.02.A**, se muestra una sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales con zona comercial.

Figura 304.01

Sección transversal tipo a media ladera para una autopista en tangente



Pb(1): Pendiente transversal de la banqueta = 2%
Pendiente longitudinal de banqueta 3% máximo

SAP : Sobreancho Plataforma

Figura 304.02
Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva

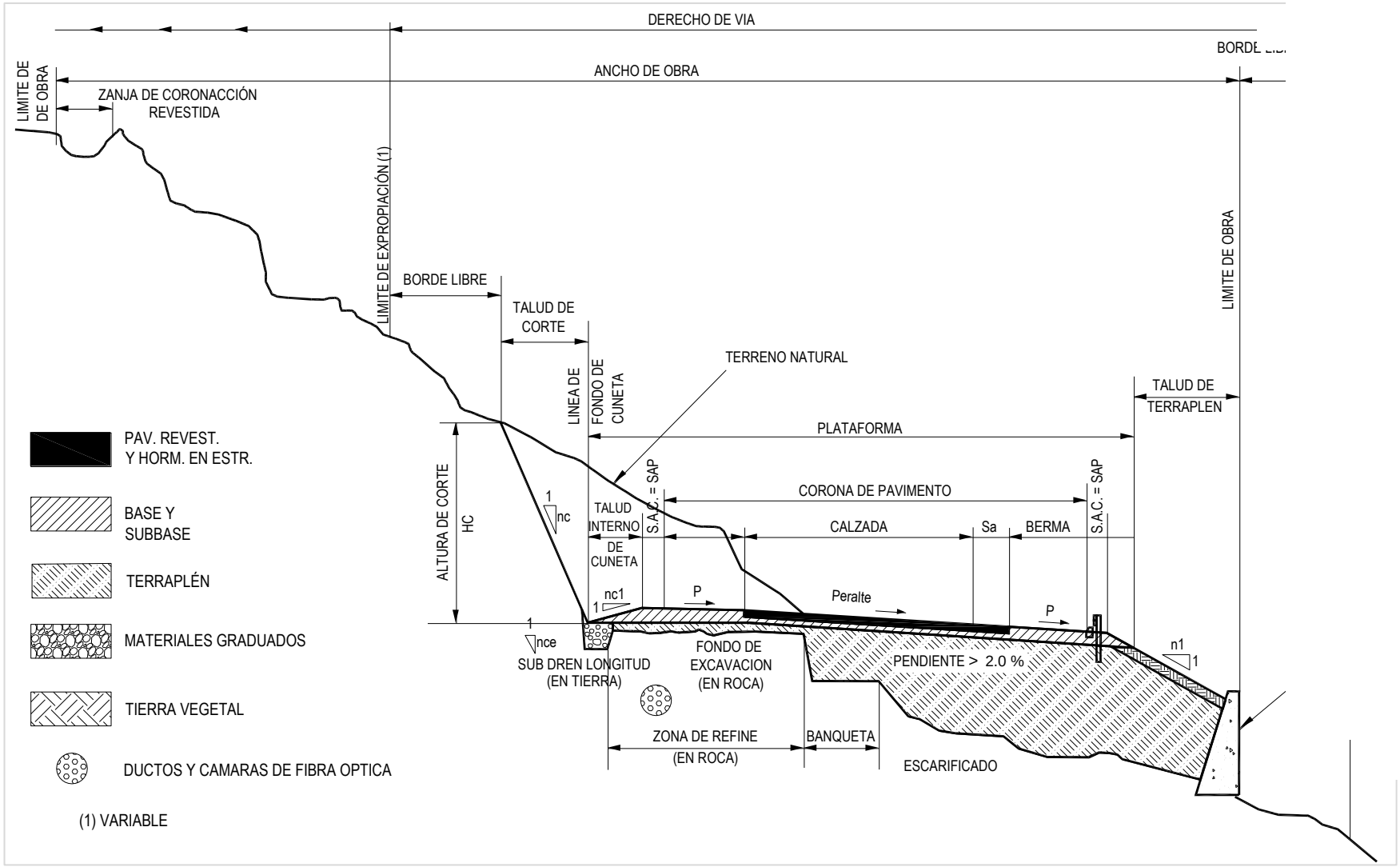
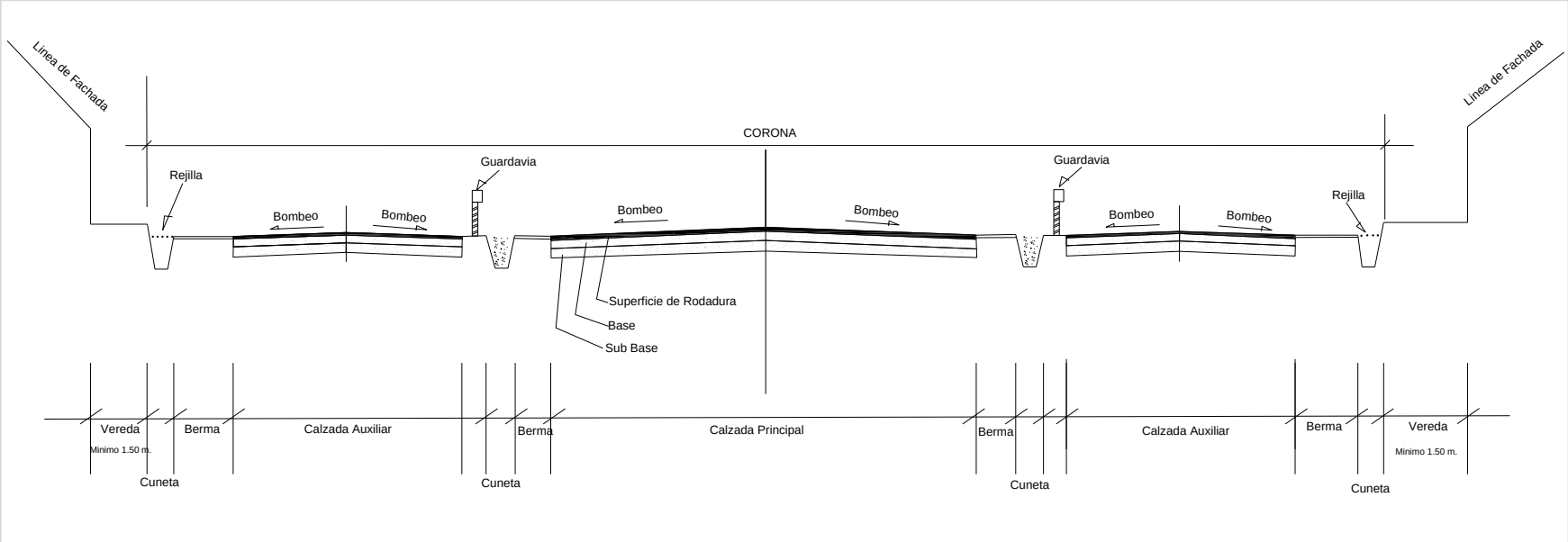


Figura 304.02.A

Sección transversal típica con calzada de dos carriles en poblaciones con zona comercial



304.03 Calzada o superficie de rodadura

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma. La calzada se divide en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones y composición del tráfico, acorde al IMDA de diseño, así como del nivel de servicio deseado. Los carriles de adelantamiento, no serán computables para el número de carriles. Los anchos de carril que se usen, serán de 3,00 m, 3,30 m y 3,60 m.

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

En autopistas: El número mínimo de carriles por calzada será de dos.

En carreteras de calzada única: Serán dos carriles por calzada.

304.03.01 Ancho de la calzada en tangente

El ancho de la calzada en tangente, se determinará tomando como base el nivel de servicio deseado al finalizar el período de diseño. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.

En la **Tabla 304.01**, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla 304.01
Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			6,00	6,00
40 km/h																6,60	6,60	6,60	6,00	
50 km/h											7,20	7,20			6,60	6,60	6,60	6,60	6,00	
60 km/h					7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60	6,60	6,60	6,60		
70 km/h			7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,60		6,60	6,60		
80 km/h	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			6,60	6,60		
90 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20	7,20			7,20				6,60	6,60		
100 km/h	7,20	7,20	7,20		7,20	7,20	7,20		7,20				7,20							
110 km/h	7,20	7,20			7,20															
120 km/h	7,20	7,20			7,20															
130 km/h	7,20																			

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 5,00 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

En casos particulares, la vía materia de diseño puede requerir una sección transversal que contenga elementos complementarios, tales como barreras de seguridad u otros, en cuyo caso, se contemplará los anchos adicionales que requiera la instalación de dichos elementos.

304.03.02 Ancho de tramos en curva

A los anchos mínimos de calzada en tangente indicados en la **Tabla 304.01** se adicionarán los sobreanchos correspondientes a las curvas, de acuerdo a lo establecido en el **tópico 302.09**.

304.04 Bermas

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.

Las autopistas contarán con bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras de un ancho inferior. En las carreteras de calzada única, las bermas deben tener anchos iguales.

Adicionalmente, las bermas mejoran las condiciones de funcionamiento del tráfico y su seguridad; por ello, las bermas desempeñan otras funciones en proporción a su ancho tales como protección al pavimento y a sus capas inferiores, detenciones ocasionales, y como zona de seguridad para maniobras de emergencia.

La función como zona de seguridad, se refiere a aquellos casos en que un vehículo se salga de la calzada, en cuyo caso dicha zona constituye un margen de seguridad para realizar una maniobra de emergencia que evite un accidente.

304.04.01 Ancho de las bermas

En la **Tabla 304.02**, se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Tabla 304.02
Ancho de bermas

Clasificación		Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día		> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características		Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño:	30 km/h																			0,50	0,50
	40 km/h																1,20	1,20	0,90	0,50	
	50 km/h											2,60	2,60			1,20	1,20	1,20	0,90	0,90	
	60 km/h					3,00	3,00	2,60	2,60	3,00	3,00	2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20		
	70 km/h			3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,20		1,20	1,20		
	80 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		2,00	2,00			1,20	1,20		
	90 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00	3,00			2,00				1,20	1,20		
	100 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00				2,00							
	110 km/h	3,00	3,00			3,00															
	120 km/h	3,00	3,00			3,00															
	130 km/h	3,00																			

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

b) Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1,20 m para Autopistas de Segunda Clase

c) Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias, de acuerdo a lo previsto en el **Tópico 304.12**, debiendo reportar al órgano normativo del MTC.

304.04.02 Inclinación de las bermas

En las vías con pavimento superior, la inclinación de las bermas, se regirá según la **Figura 304.03** para las vías a nivel de afirmado, en los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento. En los tramos en curva se ejecutará el peralte, según lo indicado en el **Tópico 304.06**.

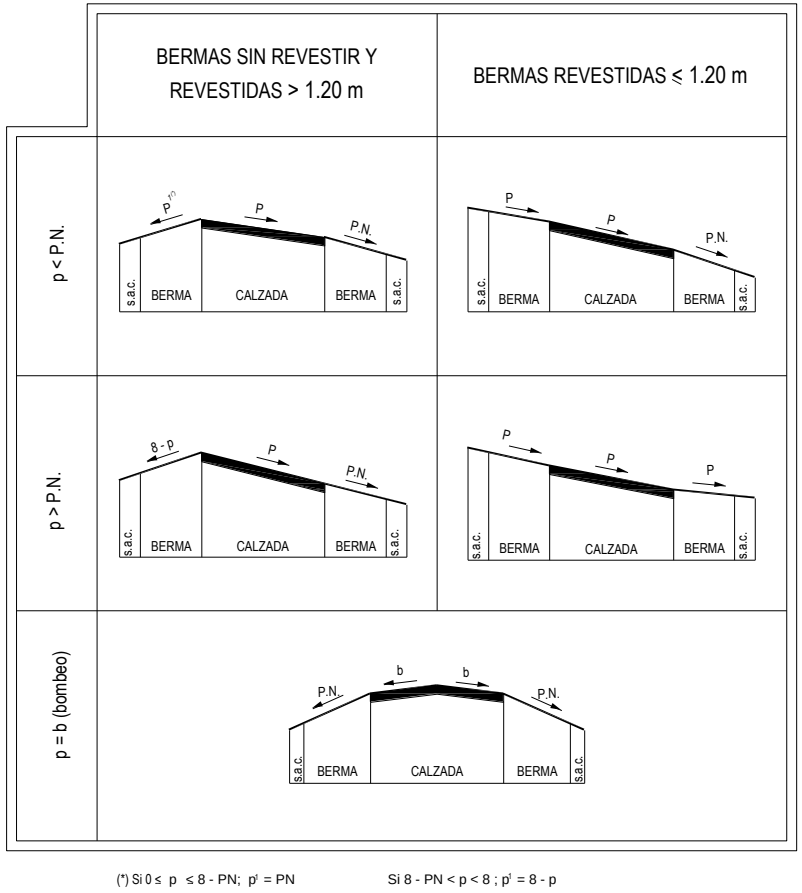
En el caso de que la berma se pavimente, será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0,5 m de ancho sin pavimentar. A esta banda se le denomina sobreancho de compactación (s.a.c.) y puede permitir la localización de señalización y defensas.

En el caso de las carreteras de bajo tránsito:

- En los tramos en tangentes, las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.
- La berma situada en el lado inferior del peralte, seguirá la inclinación de éste cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.
- La berma situada en la parte superior del peralte, tendrá en lo posible, una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7% la berma superior quedará con una inclinación hacia la calzada, igual a la del peralte menos 7%.

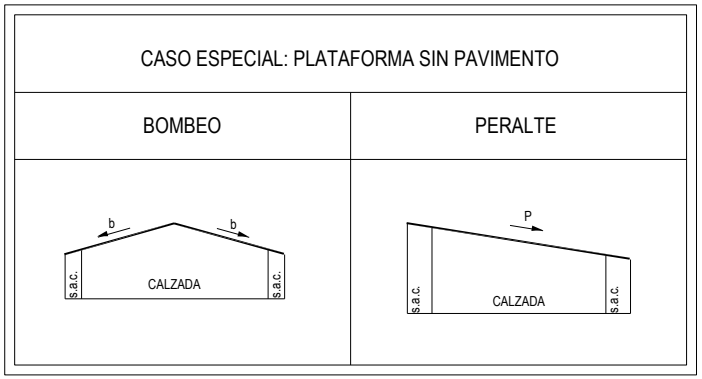
Figura 304.03
Inclinación transversal de bermas



Superficie de las Bermas	INCLINACIONES TRANSVERSALES MINIMAS DE LAS BERMAS	
	INCLINACIONES NORMAL (IN)	INCLINACION ESPECIAL
Pav. o Tratamiento	4%	0% (2)
Grava o Afirmado	4% - 6% (1)	
Césped	8%	

1 La utilización de cualquier valor dentro de este rango depende de la de la zona. Se deben utilizar valores cada vez mayores a medida que aumenta la intensidad promedio de las precipitaciones.

2 Caso especial cuando el peralte de la curva es igual al 8% y la berma es exterior.



304.05 Bombeo

En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

La **Tabla 304.03** especifica los valores de bombeo de la calzada. En los casos dónde indica rangos, el proyectista definirá el bombeo, teniendo en cuenta el tipo de superficies de rodadura y la precipitación pluvial.

Tabla 304.03
Valores del bombeo de la calzada

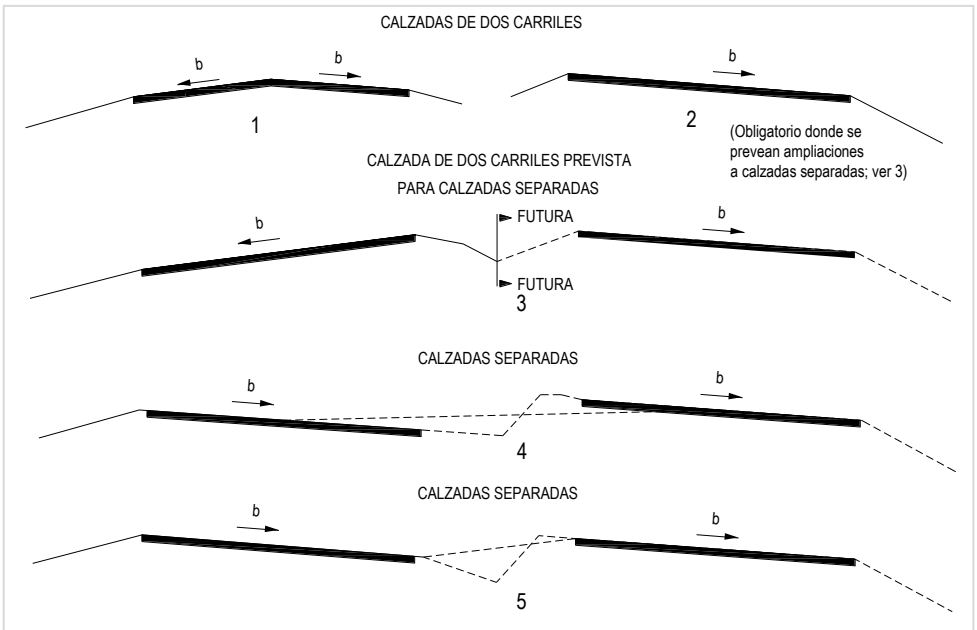
Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

El bombeo puede darse de varias maneras, dependiendo del tipo de carretera y la conveniencia de evacuar adecuadamente las aguas, entre las que se indican:

- La denominada de dos aguas, cuya inclinación parte del centro de la calzada hacia los bordes.
- El bombeo de una sola agua, con uno de los bordes de la calzada por encima del otro. Esta solución es una manera de resolver las pendientes transversales mínimas, especialmente en tramos en tangente de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido.

Los casos antes descritos se presentan en la **Figura 304.04.**

Figura 304.04
Casos de bombeo



304.06 Peralte

Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

304.06.01 Valores del peralte (máximos y mínimos)

Las curvas horizontales deben ser peraltadas; con excepción de los valores establecidos fijados en la **Tabla 304.04**.

Tabla 304.04
Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3.500	3.500	3.500	7.500

En la ***Tabla 304.05*** se indican los valores máximos del peralte, para las condiciones descritas:

Tabla 304.05
Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6,0%	4,0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8,0%	6,0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12,0	8,0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8,0	6,0%	302.05

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente fórmula:

$$p = \frac{V^2}{127R} - f$$

Dónde:

p : Peralte máximo asociado a V

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio mínimo absoluto (m)

F : Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

Generalmente, resulta justificado utilizar radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, por resultar más cómodos tanto para los vehículos lentos (disminuyendo la incidencia de f negativo), como para vehículos rápidos (que necesitan menores f).

El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño indicadas en la **Tabla 304.06**.

Tabla 304.06
Peralte mínimo

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
V≥100	5.000 ≤ R < 7.500
40 ≤ V < 100	2.500 ≤ R < 3.500

304.06.02 Transición del bombeo al peralte

En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la calzada, desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la Curva de Transición.

Cuando no exista Curva de Transición, se desarrolla una parte en la tangente y otra en la curva. La **Tabla 304.07** indica las proporciones del peralte a desarrollar en tangente.

Tabla 304.07
Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente *

p < 4,5%	4,5% < p < 7%	p >7%
0,5 p	0,7 p	0,8 p

(*) Las situaciones mínima y máxima, se permiten en aquellos casos en que por la proximidad de dos curvas, existe dificultad para cumplir con algunas de las condicionantes del desarrollo del peralte.

En curvas de corta longitud o escaso desarrollo, se deberá verificar que el peralte total requerido se mantenga en una longitud al menos igual a V/3,6, expresado en metros (m).

La longitud mínima de transición para dar el peralte, puede calcularse de la misma manera que una espiral de transición y numéricamente sus valores son iguales.

Para pasar del bombeo al peralte en carreteras de calzada única, existen tres procedimientos: El primero consiste en girar la sección sobre el eje de la calzada; el segundo, en girar la sección sobre el borde interior de la calzada; y el tercero, en girar la sección sobre el

borde exterior de la calzada. El primer procedimiento es más conveniente, por requerir menor longitud de transición y porque los desniveles de los bordes son uniformes; los otros dos casos se emplean en casos especiales.

En autopistas, el procedimiento depende de los anchos de las calzadas y separador central; en general, pueden considerarse los siguientes: Cuando se gira la sección total de la carretera sobre el eje de simetría; cuando, el separador central se mantiene horizontal y cada calzada se gira sobre el borde contiguo al separador central; y cuando, se giran las dos calzadas en torno al eje de cada una de ellas.

304.06.03 Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas

Para el desarrollo adecuado de las transiciones de peralte entre dos curvas sucesivas del mismo sentido, deberá existir un tramo mínimo en tangente, de acuerdo a lo establecido en la **Tabla 304.08**.

Tabla 304.08
Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mín. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190

304.07 Derecho de Vía o faja de dominio

304.07.01 Generalidades

Es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.

La faja del terreno que conforma el Derecho de Vía es un bien de dominio público inalienable e imprescriptible, cuyas definiciones y condiciones de uso se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado con Decreto Supremo Nº 034-2008-MTC y sus modificatorias, bajo los siguientes conceptos:

- Del ancho y aprobación del Derecho de Vía.
- De la libre disponibilidad del Derecho de Vía.
- Del registro del Derecho de Vía.
- De la propiedad del Derecho de Vía.
- De la propiedad restringida.
- De las condiciones para el uso del Derecho de Vía.

304.07.02 Ancho y aprobación del Derecho de Vía

Cada autoridad competente establecida en el artículo 4to del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, establece y aprueba mediante resolución del titular, el Derecho de Vía de las carreteras de su competencia en concordancia con las normas aprobadas por el MTC.

Para la determinación del Derecho de Vía, además de la sección transversal del proyecto, deberá tenerse en consideración la instalación de los dispositivos auxiliares y obras básicas requeridas para el funcionamiento de la vía.

La **Tabla 304.09** indica los anchos mínimos que debe tener el Derecho de Vía, en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

Tabla 304.09
Anchos mínimos de Derecho de Vía

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

En general, los anchos de la faja de dominio o Derecho de Vía, fijados por la autoridad competente se incrementarán en 5,00 m, en los siguientes casos:

- Del borde superior de los taludes de corte más alejados.
- Del pie de los terraplenes más altos.
- Del borde más alejado de las obras de drenaje
- Del borde exterior de los caminos de servicio.

Para los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas, la autoridad competente fijará el Derecho de Vía, en función al ancho requerido por la sección transversal del proyecto, debiendo efectuarse el saneamiento físico legal, para cumplir con los anchos mínimos fijados en la **tabla 304.09**; excepcionalmente podrá fijarse anchos mínimos inferiores, en función a las construcciones e instalaciones permanentes adyacentes a la carretera.

304.07.03 Demarcación y señalización del Derecho de Vía

La faja de terreno que constituye el derecho de vía de las carreteras del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC, será demarcada y señalizada por la autoridad competente, durante la etapa de ejecución de los proyectos de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras, delimitando y haciendo visible su fijación

a cada lado de la vía con la finalidad de contribuir a su preservación, de acuerdo a lo establecido por la R.M. N° 404-2011-MTC/02, o la norma que se encuentre vigente.

En tal sentido este aspecto debe ser considerado en el estudio definitivo del Proyecto.

304.07.04 Faja de propiedad restringida

A cada lado del Derecho de Vía habrá una faja de terreno denominada Propiedad Restringida, dónde está prohibido ejecutar construcciones permanentes que puedan afectar la seguridad vial a la visibilidad o dificulten posibles ensanches.

El ancho de dicha faja de terreno será de 5,00 m a cada lado del Derecho de Vía, el cual será establecido por resolución del titular de la entidad competente; sin embargo el establecimiento de dicha faja no tiene carácter obligatorio sino dependerá de las necesidades del proyecto, además no será aplicable a los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas.

304.08 Separadores

Los separadores son por lo general fajas de terreno paralelas al eje de la carretera, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central) o para separar calzadas del mismo sentido del tránsito. El separador está comprendido entre las bermas o cunetas interiores de ambas calzadas.

Aparte de su objetivo principal, independizar la circulación de las calzadas, el separador puede contribuir a disminuir cualquier tipo de interferencia como el deslumbramiento nocturno, o como zona de emergencia en caso de despiste.

En terreno plano u ondulado el ancho del separador suele ser constante, con lo que se mantiene paralelas las dos calzadas. En terreno accidentado, el ancho del separador central es variable.

Se debe prever en el diseño que el separador tenga un apropiado sistema de drenaje superficial.

En Autopistas de Primera Clase el separador central tendrá un ancho mínimo de 6,00 m y en las Autopistas de Segunda Clase, variará de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular. Por lo general los separadores laterales deben tener un ancho menor que el separador central.

304.09 Gálibo

En carreteras, se denomina Gálibo a la Altura Libre que existe entre la superficie de rodadura y la parte inferior de la superestructura de un puente carretero, ferroviario o peatonal. Dicha altura para el caso de túneles, se mide según lo indicado en la **Figura 304.05**.

En puentes sobre cursos de agua se denomina Altura Libre, y es la que existe entre el nivel máximo de las aguas y la parte inferior de la superestructura de un puente.

Dicho Gálibo para el caso de las carreteras será 5,50 m como mínimo. Para el caso de los puentes sobre cursos hídricos, la Altura Libre será determinada por el diseño particular de cada Proyecto, que no será menor a 2,50 m.

Para los puentes sobre cursos navegables, se diseñará alturas libres acorde a las características y dimensiones de las naves que harán uso de la vía.

Cuando una carretera pase debajo de una estructura vial, su sección transversal debe permanecer inalterada y los estribos o pilares de la obra debajo de la cual pasa, deberán encontrarse fuera de las bermas y/o de las cunetas.

En la **Figura 304.05** se muestran casos típicos de gálibos y luces libres laterales.

Figura 304.05
Sección típica de túnel

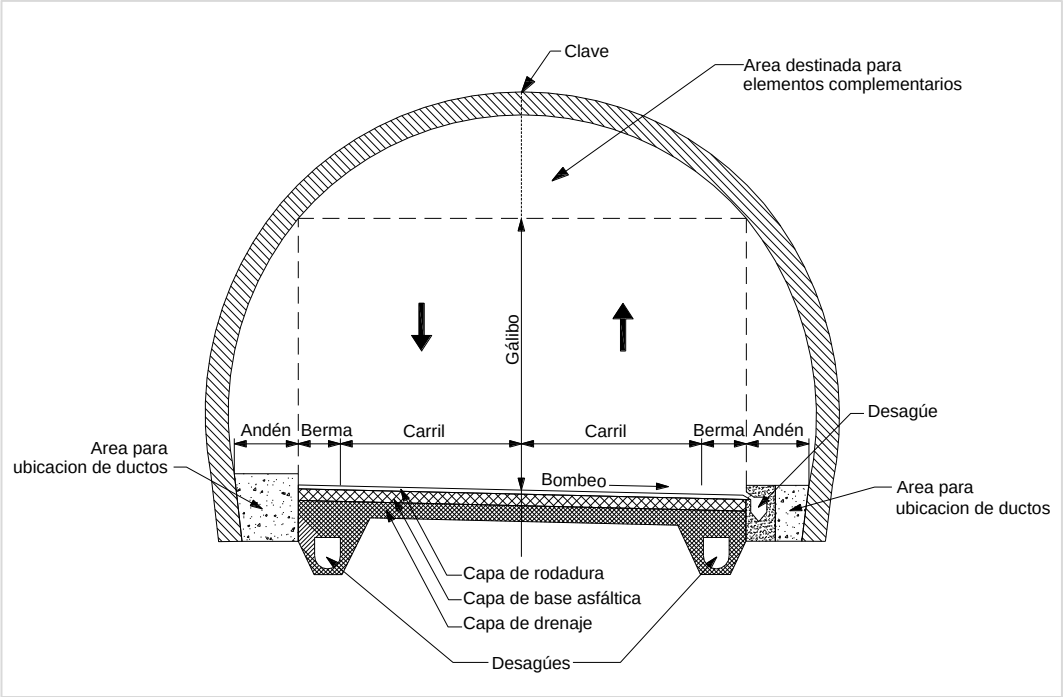
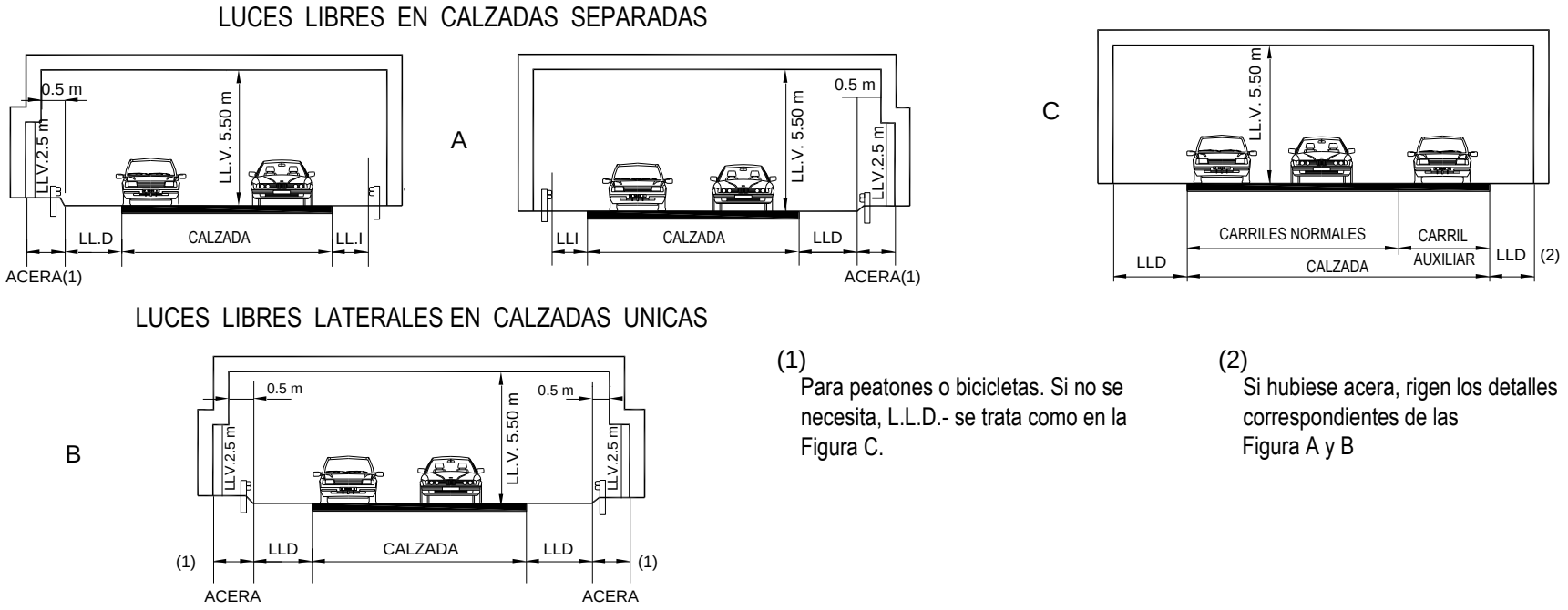


Figura 304.06
Casos de Gálibos (LL.V.) y Luces libres laterales (LL)



(1) Para peatones o bicicletas. Si no se necesita, L.L.D.- se trata como en la Figura C.

(2) Si hubiese acera, rigen los detalles correspondientes de las Figura A y B

Nota: Las dimensiones mínimas de las luces libres laterales (LL) están en función de la sección transversal del Proyecto.

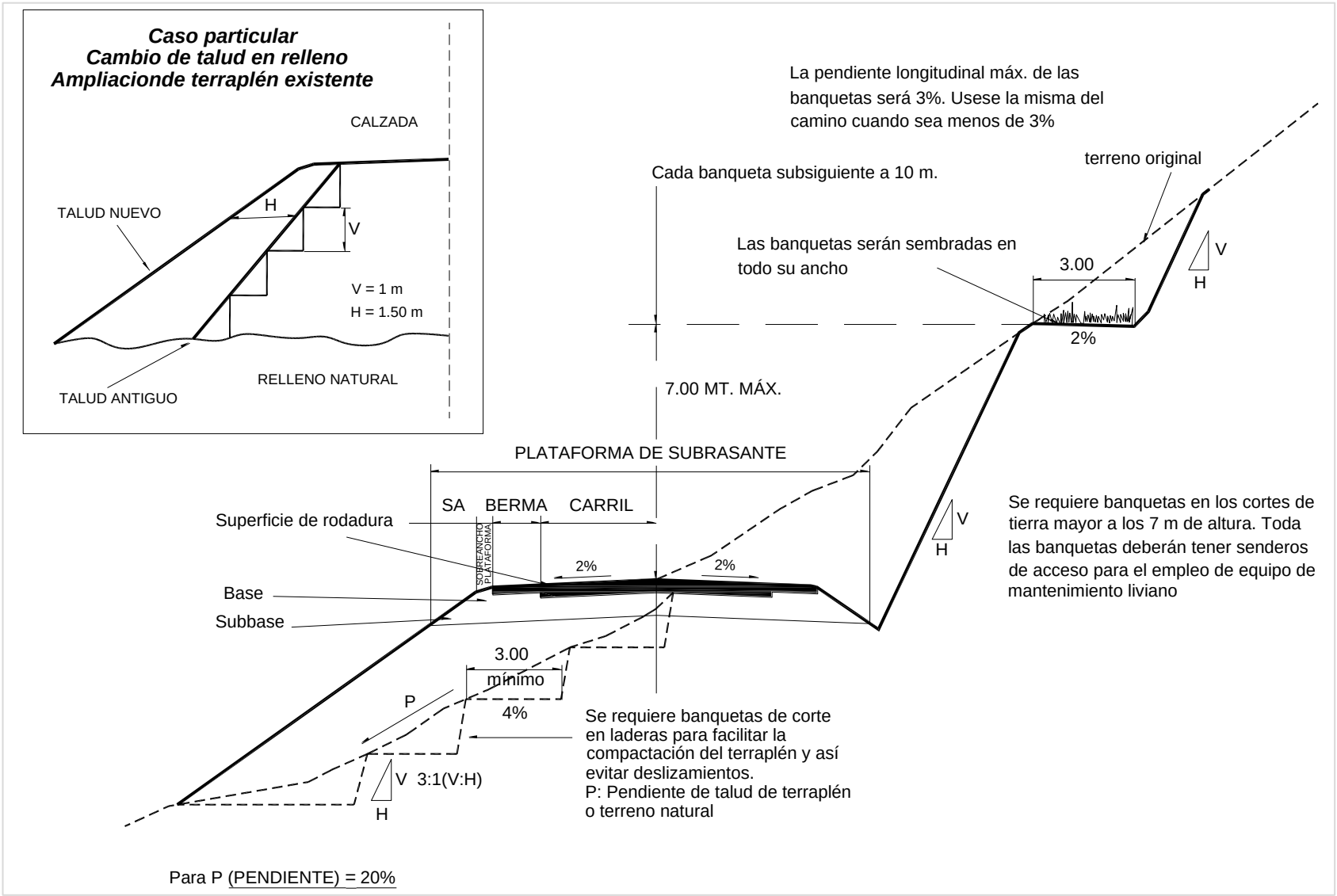
304.10 Taludes

El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal.

Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geomecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad, aspecto que debe contemplarse en forma prioritaria durante el diseño del proyecto, especialmente en las zonas que presenten fallas geológicas o materiales inestables, para optar por la solución más conveniente, entre diversas alternativas.

La **Figura 304.07** ilustra una sección transversal típica en tangente a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho, el talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud del terraplén.

Figura 304.07
Sección transversal típica en tangente



La **Tabla 304.10**, muestra valores referenciales de taludes en zonas de corte.

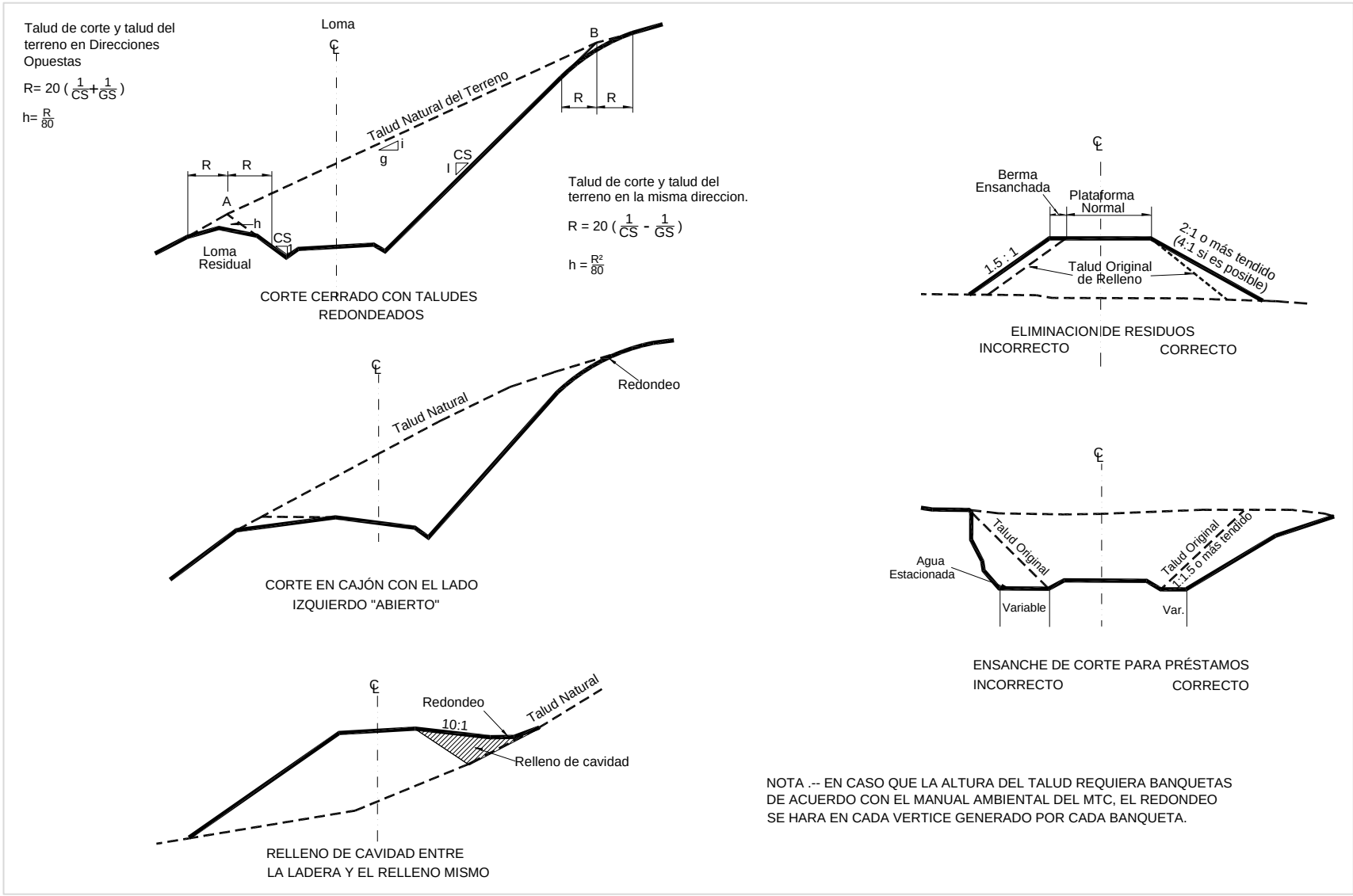
Tabla 304.10
Valores referenciales para taludes en corte
(relación H:V)

Clasificación de materiales de corte		Roca fija	Roca suelta	Material		
				Grava	Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 -1:3	1:1	2:1
	5–10 m	1:10	1:4–1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

A continuación, en la **Figura 304.08**, **Figura 304.09** y **Figura 304.10**, se muestran casos típicos de tratamiento, alabeo y redondeo de taludes.

Figura 304.08
Tratamiento de taludes tipo



NOTA .-- EN CASO QUE LA ALTURA DEL TALUD REQUIERA BANQUETAS DE ACUERDO CON EL MANUAL AMBIENTAL DEL MTC, EL REDONDEO SE HARA EN CADA VERTICE GENERADO POR CADA BANQUETA.

Figura 304.09
Alabeo de taludes en transiciones de corte y relleno

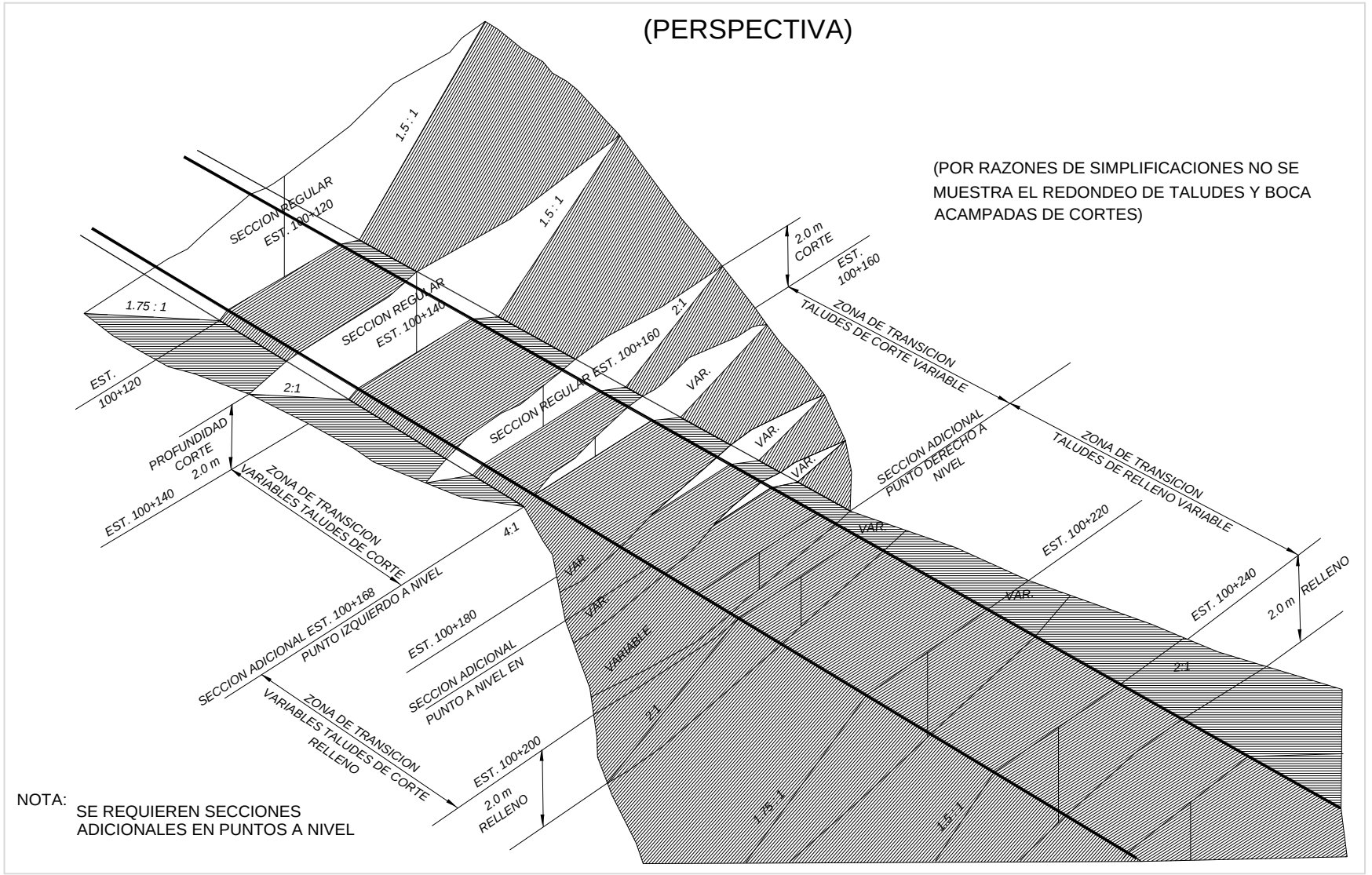
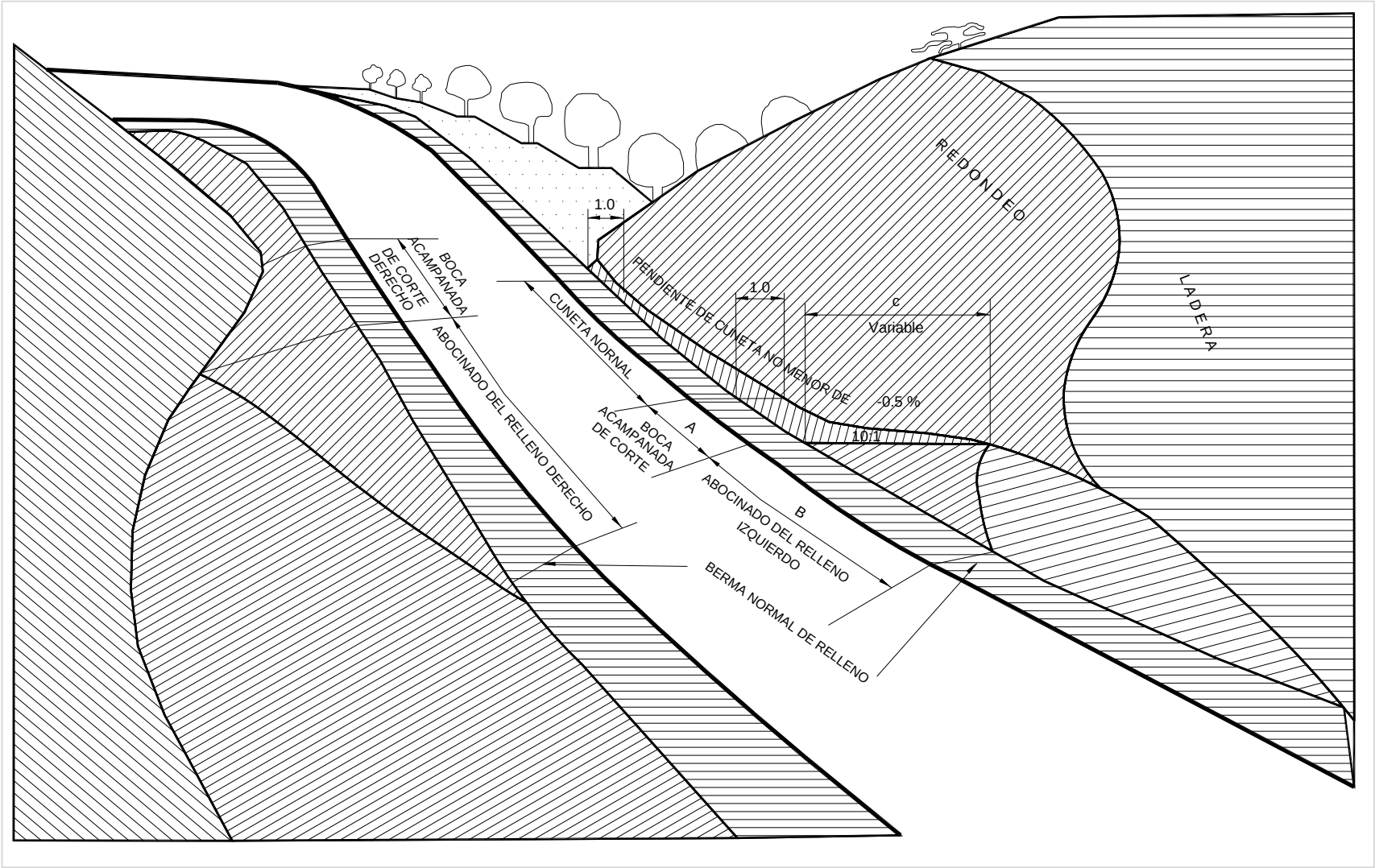


Figura 304.10
Tratamiento de boca acampanada y relleno abocinado en la entrada al corte



Los taludes en zonas de relleno (terraplenes), variarán en función de las características del material con el cual está formado. En la **Tabla 304.11** se muestra taludes referenciales.

Tabla 304.11
Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

Materiales	Talud (V:H)		
	Altura (m)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1,5	1:1,75	1:2
Arena	1:2	1:2,25	1:2,5
Enrocado	1:1	1:1,25	1:1,5

El cambio de un talud a otro debe realizarse mediante una transición la cual por lo general se denomina alabeo.

En las transiciones de cortes de más de 4,00 m de altura a terraplén, o viceversa, los taludes de uno y otro deberán tenderse, a partir de que la altura se reduzca a 2,00 m, en tanto que la longitud de alabeo no debe ser menor a 10,00 m.

Si la transición es de un talud a otro de la misma naturaleza, pero con inclinación distinta, el alabeo se dará en un mínimo de 10,00 m.

La parte superior de los taludes de corte, se deberá redondear para mejorar la apariencia de sus bordes.

304.11 Cunetas

Son canales construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y subsuperficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento.

La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o de otra geometría que se adapte mejor a la sección transversal de la vía y que prevea la seguridad vial; revestidas o sin revestir; abiertas o cerradas, de acuerdo a los requerimientos del proyecto; en zonas urbanas o dónde exista limitaciones de espacio, las cunetas cerradas pueden ser diseñadas formando parte de la berma.

Las dimensiones de las cunetas se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, intensidad de precipitaciones pluviales, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros.

Los elementos constitutivos de una cuneta son su talud interior, su fondo y su talud exterior. Este último, por lo general coincide con el talud de corte.

Las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0,2%, para cunetas revestidas y 0,5% para cunetas sin revestir.

Si la cuneta es de material fácilmente erosionable y se proyecta con una pendiente tal que le infiere al flujo una velocidad mayor a la máxima permisible del material constituyente, se protegerá con un revestimiento resistente a la erosión.

Se limitará la longitud de las cunetas, conduciéndolas hacia los cauces naturales del terreno, obras de drenaje transversal o proyectando desagües dónde no existan.

304.12 Secciones transversales particulares

Comprende a los puentes, túneles, ensanche de plataforma y otros.

Sin perjuicio de otras limitaciones más restrictivas, no se podrá diseñar ningún tipo de intersecciones a nivel o desnivel, ni modificación del número de carriles, en los doscientos cincuenta metros (250 m) antes del inicio y después del final de un tramo afectado por una sección transversal particular, cuyos casos se describe a continuación.

304.12.01 Puentes

La sección transversal de los puentes, mantendrá la sección típica de diseño de la carretera en la cual se encuentra el puente. Dicha sección comprende también las bermas.

Los puentes además deberán estar dotados de veredas, cuyo inicio será a partir del borde exterior de las bermas y tendrán un ancho mínimo 0.75 m.

304.12.02 Túneles

La sección transversal está constituida por la bóveda del túnel, la cual debe mantener la sección típica de diseño de la carretera en la cual se encuentra el túnel, incluyendo bermas, cunetas, veredas y otros, según corresponda. En lo relativo al Gálibo, se aplica lo establecido en el **Tópico 304.09**.

Las veredas de los túneles deben estar separadas de la berma por medio de barreras, por seguridad vial.

304.12.03 Ensanche de plataforma

En las carreteras dónde las bermas tengan anchos menores a 2,60 m, se deberá prever como medida de seguridad vial, áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera (en forma alternada), destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias. Los ensanches deben diseñarse contemplando transiciones de ingreso y salida.

Las dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma, se muestran en la **Tabla 304.12**.

Tabla 304.12
Dimensiones mínimas y separación máximas de ensanches de plataforma

Orografía	Dimensiones mínimas		Separación máxima a cada lado (m)		
	Ancho (m)	Largo (m)	Carretera de Primera Clase	Carretera de Segunda Clase	Carretera de Tercera Clase
Plano	3,0	30,0	1.000	1.500	2.000
Ondulado	3,0	30,0	1.000	1.500	2.000
Accidentado	3,0	25,0	2.000	2.500	2.500
Escarpado	2,5	25,0	2.000	2.500	2.500

Podrán diseñarse áreas de ensanche de la plataforma o cercanas a ésta, denominadas "Miradores Turísticos", las cuales por seguridad vial, deben contar con ingresos y salidas y/o transiciones, según corresponda.

304.12.04 Carriles de aceleración y deceleración

Se proyectarán secciones transversales particulares para los siguientes casos:

- Ingresos y salidas de autopistas.
- Ingresos y salidas de carreteras de Primera Clase, con velocidades de diseño mayores a 60 km/h.
- En zonas de volteo y cualquier otro caso, previa justificación técnica.

Las consideraciones de diseño y el dimensionamiento será similar al normado en los acápites correspondientes del Diseño Geométrico de Intersecciones.

304.12.05 Confluencias y bifurcaciones

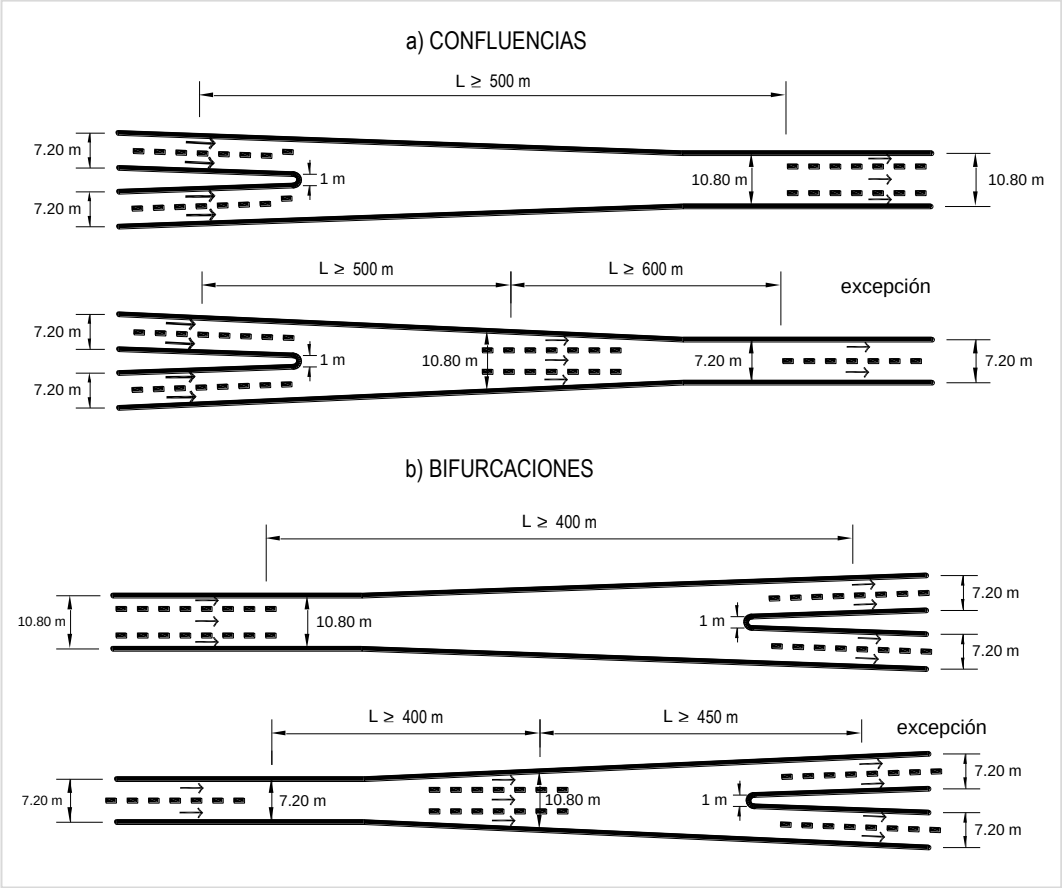
En las confluencias y bifurcaciones, la cotangente del ángulo entre los bordes de la calzada deberá ser como máximo, sesenta y cinco (65°) para confluencias y cincuenta (50°) para bifurcaciones.

El número de carriles en la calzada común antes de una bifurcación (o después de una confluencia), no debe diferir de la suma del número de carriles después de la bifurcación (o antes de la confluencia) en más de una (1) unidad. Excepcionalmente, en casos técnicamente justificados y previa aprobación de la unidad ejecutora del proyecto, la indicada diferencia podrá ser de dos (2) unidades como máximo.

Las longitudes indicadas en la **Figura 304.11**, serán las mínimas medidas entre la última sección de la calzada común (antes de una bifurcación o después de una confluencia), y la sección en que las

calzadas distan un metro (1 m) entre sí (después de una bifurcación o antes de una confluencia).

Figura 304.11
Confluencias y bifurcaciones



CAPITULO IV

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CASOS ESPECIALES

SECCIÓN 401

Diseño geométrico de puentes

Por lo general la localización o ubicación de los puentes, está determinada por el diseño geométrico de la vía y la topografía del terreno, no obstante en algunos casos puede ser necesario efectuar ajustes al trazo a fin de dar una ubicación más adecuada y segura de la estructura.

El diseño geométrico de puentes, debe cumplir las disposiciones contenidas en el Manual de Puentes vigente, debiendo tener en consideración lo siguiente:

- El alineamiento de la carretera en el tramo de ubicación del puente, puede ser curvo y no necesariamente perpendicular al curso de agua, quebrada u obstáculo que se desea superar.
- El peralte de los puentes localizados en curvas horizontales o zonas de transición debe cumplir con el diseño geométrico especificado en la vía y no debe superar el valor máximo permitido.

SECCIÓN 402

Diseño geométrico de túneles

Por lo general la localización o ubicación de los túneles, está determinada por el diseño geométrico de la vía y la topografía del terreno, no obstante en algunos casos puede ser necesario efectuar ajustes al trazo a fin de dar una ubicación más adecuada y segura de la estructura.

El diseño geométrico de túneles, debe cumplir las disposiciones contenidas en el Manual de Túneles, Muros y Obras Complementarias, debiendo tener en consideración lo siguiente:

- El alineamiento de la carretera en el tramo de ubicación del túnel, puede ser curvo.
- El peralte de los túneles localizados en curvas horizontales, debe cumplir con el diseño geométrico especificado en la vía y no debe superar el valor máximo permitido.
- En el diseño: Las condicionantes geológicas y geotécnicas de la zona, la cobertura del túnel, impacto ambiental, aspectos de seguridad, metodología de construcción y otros.

SECCIÓN 403

Pasos a desnivel para peatones

Pueden ser elevados o subterráneos. Para el diseño geométrico de los pasos a desnivel para peatones, se tomarán en consideración los criterios generales indicados en la **Tabla 403.01**.

Tabla 403.01
Criterios generales para el diseño geométrico de pasos a desnivel para peatones

Descripción	Pasos Inferiores	Pasos Superiores
Capacidad	3000 peatones/hora/metro de ancho	3000 peatones/hora/metro de ancho
Ancho	Mínimo 2,50 m	Mínimo 2,50 m
Altura	Mínimo 2,50 m	
Gálibo	--------	Mínimo 5,50 m
Altura de las barandas	--------	Mínimo 1,20 m

Los accesos a los pasos peatonales a desnivel, estarán provistos de escaleras y rampas para el tránsito de personas con discapacidad, cuyas características generales se indican en la **Tabla 403.02**.

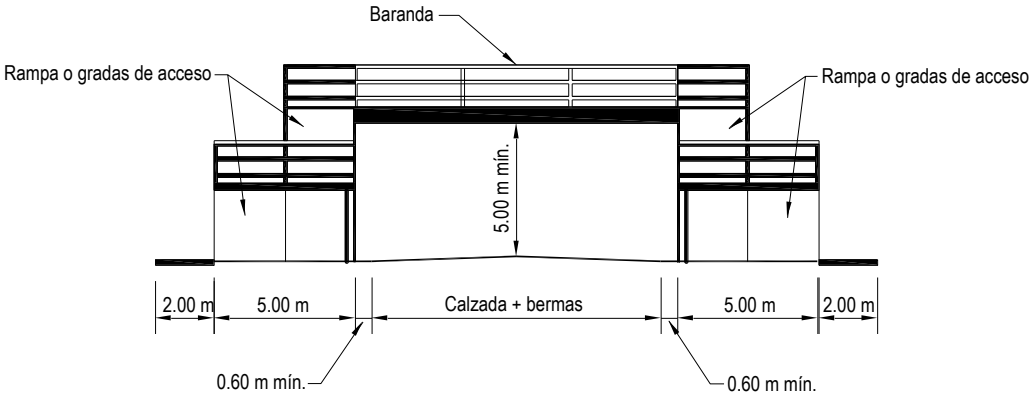
Tabla 403.02
Características generales de los accesos a pasos peatonales a desnivel

Descripción	Escalera	Rampa
Pendiente	40 a 60%	5 a 15%
Ancho Mínimo	1,00 m (unidireccional) 2,00 m (bidireccional)	2,50 m
Capacidad	25 a 40 peatones/metro/minuto	C = d v (1 – i / 100) C = Capacidad (peatones / metro /segundo) d = densidad (peatones / m^2) v = velocidad (metros / segundo) i = pendiente

Nota: Los valores indicados en la tabla están referidos a la evaluación de capacidad y análisis de servicio, mas no para análisis estructural.

La zona de acceso, debe tener un ancho mínimo de 5,00 m, tal como se muestra en la **Figura 403.01**, siendo conveniente ubicarla al lado de la calzada. Si se ubica en el centro de la zona de acceso, debe dejarse, a cada lado un espacio peatonal de al menos 2,00 m de ancho.

Figura 403.01
Acceso a pasos a desnivel peatonal



CONDICIÓN MÍNIMA

CAPITULO V

DISEÑO GEOMÉTRICO DE INTERSECCIONES

SECCIÓN 501

Generalidades

La solución de una intersección vial depende de una serie de factores asociados fundamentalmente a la topografía, las particularidades geométricas de las vías que se cruzan, la capacidad de las vías y las características del flujo vehicular. Como generalmente existen varias soluciones, deben evaluarse alternativas y seleccionar la más conveniente.

La presente norma, no restringe los tipos de solución por adoptar para una intersección, por lo que en el diseño se evaluarán las alternativas más adecuadas para las condiciones particulares del proyecto.

Las intersecciones viales pueden ser a nivel o desnivel, entre carreteras o con vías férreas, en función a las características de las vías que se cruzan y los requerimientos del diseño geométrico del proyecto.

Sección 502

Intersecciones a nivel

Es una solución de diseño geométrico a nivel, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas, que contienen áreas comunes o compartidas que incluyen las calzadas, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos necesarios de cambios de trayectoria.

Las intersecciones a nivel son elementos de discontinuidad, por representar situaciones críticas que requieren tratamiento específico, teniendo en consideración que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos.

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones de seguridad, visibilidad y capacidad, posibles.

502.01 Denominación y tipos de intersección a nivel

Las Intersecciones a nivel tienen una gran variedad de soluciones, no existiendo soluciones de aplicación general, por lo que en la presente norma se incluyen algunas soluciones más frecuentes.

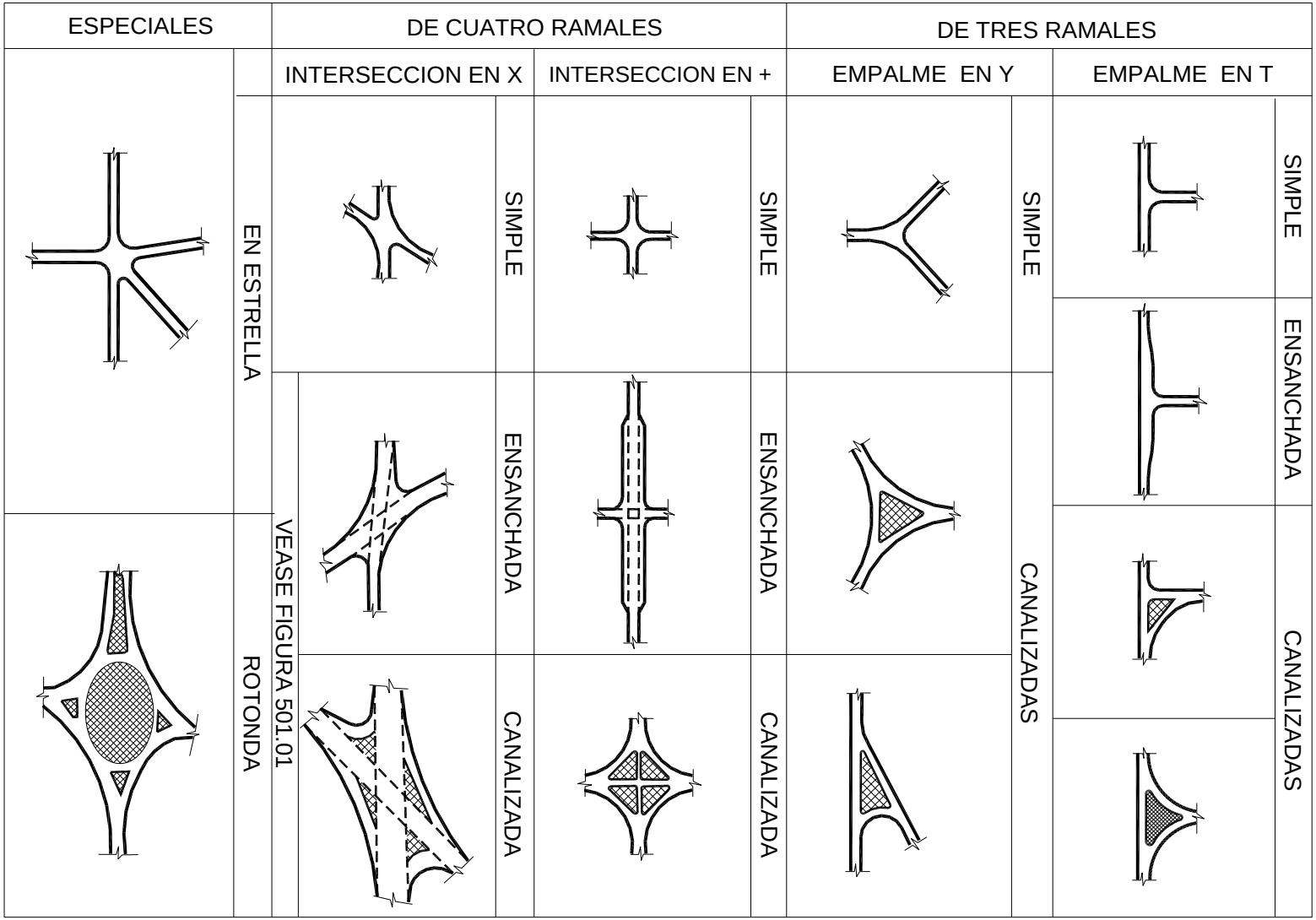
Una Intersección se clasifica principalmente en base a su composición (número de ramales que convergen a ella), topografía, definición de tránsito y el tipo de servicio requerido o impuesto. En la **Tabla 502.01**, se presentan los tipos básicos de Intersección a nivel.

Tabla 502.01
Tipos de intersección a nivel

Intersección	Ramales	Ángulos de cruzamiento
En T	tres	entre 60º y 120º
En Y	tres	< 60º y >120º
En X	cuatro	< 60º
En +	cuatro	>60º
En estrella	más de cuatro	-
Intersecciones Rotatorias o rotondas	más de cuatro	-

Cada uno de estos tipos básicos puede variar considerablemente en forma, desarrollo o grado de canalización, como se muestra en la **Figura 502.01**.

Figura 502.01
Variedad de tipos de intersección a nivel



502.02 Criterios de diseño

La mejor solución para una intersección a nivel, es la más simple y segura posible. Esto significa que cada caso debe ser tratado cuidadosamente, recurriendo a todos los elementos de que se dispone (ensanches, islas o isletas, carriles auxiliares, etc.), con el criterio de evitar maniobras difíciles o peligrosas y recorridos innecesarios. En tal proceso, es necesario tener presente los siguientes criterios generales:

502.02.01 Criterios generales

- **Preferencia de los movimientos más importantes.**

  En el diseño, debe especificarse la(s) vía(s) principales y secundarias con el fin de determinar la preferencia y las limitaciones del tránsito vehicular.

- **Reducción de las áreas de conflicto.**

  En las intersecciones a nivel no debe proyectarse grandes áreas pavimentadas, ya que ellas inducen a los vehículos y peatones a movimientos erráticos y confusión, con el consiguiente peligro de ocurrencia de accidentes.

- **Perpendicularidad de las intersecciones.**

  Las Intersecciones en ángulo recto, por lo general son las que proporcionan mayor seguridad, ya que permiten mejor visibilidad a los conductores y contribuyen a la disminución de los accidentes de tránsito.

- **Separación de los movimientos.**

  Cuando el diseño del proyecto lo requiera, la intersección a nivel estará dotada de vías de sentido único (carriles de aceleración o deceleración), para la separación del movimiento vehicular.

- **Canalización y puntos de giro.**

  Además de una adecuada señalización horizontal y vertical acorde a la normativa vigente, la canalización y el diseño de curvas de radio adecuado, contribuyen a la regulación de la velocidad del tránsito en una intersección a nivel. Asimismo, la canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando islas marcadas en el pavimento o con sardineles, los cuales ofrecen mayor seguridad.

- **Visibilidad**

  La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección, debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la detención total. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto, debe existir como mínimo, la distancia de visibilidad de parada.

502.02.02 Consideraciones de tránsito

Las principales consideraciones del tránsito que condicionan la elección de la solución a adoptar, son las siguientes:

- Volúmenes de tránsito, que confluyen a una intersección, su distribución y la proyección de los posibles movimientos, para determinar las capacidades de diseño de sus elementos.
- La composición de los flujos por tipo de vehículo, sus velocidades de operación y las peculiaridades de sus interacciones mientras utilizan el dispositivo.
- Su relación con el tránsito peatonal y de vehículos menores, así como con estadísticas de accidentes de tránsito.

Al proyectar una carretera con un determinado número de intersecciones o acondicionar las existentes, deben evaluarse sus capacidades, a fin de evitar el sub dimensionamiento que puede perjudicar el nivel de servicio.

502.02.03 Demanda y modelación

La demanda es la variable de tránsito más gravitante en el diseño de una intersección, puesto que la capacidad resultante de dicho diseño deberá satisfacerla. Esto implica el dimensionamiento en términos geométricos y estructurales de sus unidades constitutivas, la operación de semáforos si tal elemento de control existe en los tramos dónde la carretera atraviesa zonas urbanas, y su coordinación, si la intersección forma parte de un eje o una red así regulada.

La satisfacción de la demanda, deberá considerar las condiciones actuales y su proyección al año de diseño del proyecto, de manera que satisfaga el nivel de servicio y el flujo vehicular, en conformidad con la normativa vigente.

502.02.04 Elección del tipo de control

El diseño de las intersecciones a nivel, determinará el tipo y características de los elementos de señalización y dispositivos de control de tránsito que estarán provistos, con la finalidad de facilitar el tránsito vehicular y peatonal, acorde a las disposiciones del "Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras", vigente.

El indicado diseño debe tener en consideración los siguientes factores:

- Tránsito en la vía principal
- Tránsito en la vía secundaria incidente.
- Tiempos de llegada y salida de los vehículos en ambas vías (intervalo crítico).

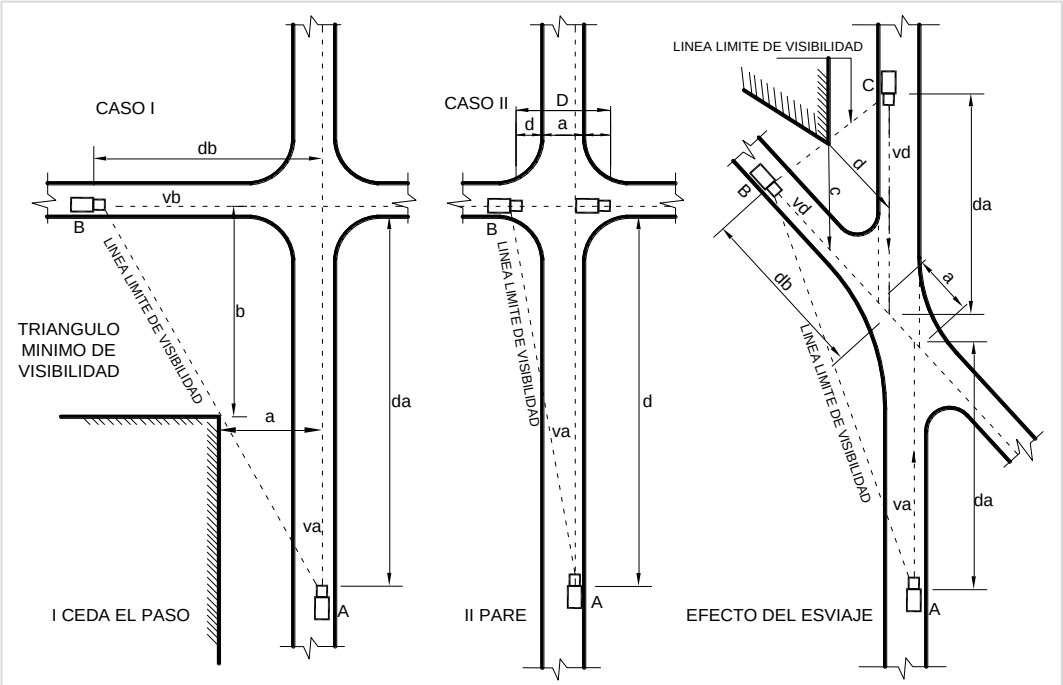
- Porcentaje de "esperas vehiculares" en la vía secundaria por efectos del tránsito.

502.03 Visibilidad de cruce

502.03.01 Triángulo de visibilidad

El triángulo de visibilidad, es la zona libre de obstáculos, que permite a los conductores que acceden simultáneamente a una intersección a nivel, verse mutuamente a una distancia tal, que permita la maniobra de cruce con seguridad. La **Figura 502.02**, muestra ejemplos de triángulos de visibilidad.

Figura 502.02
Triángulos de visibilidad



Cualquier objeto que quede dentro del triángulo de visibilidad requerida, debe removerse o reducirse a una altura límite, la cual debe establecerse durante el diseño para cada caso.

Si el triángulo de visibilidad es imposible de obtener, se debe limitar la velocidad de aproximación a valores compatibles con la visibilidad existente.

502.03.02 Triángulo mínimo de visibilidad

El triángulo mínimo de visibilidad seguro, corresponde a la zona que tiene como lado sobre cada camino, una longitud igual a la distancia de visibilidad de parada.

Cuando no se dispone de una visibilidad adecuada, un conductor puede acelerar, decelerar o detenerse en la intersección, y para cada uno de dichos casos, la relación espacio – tiempo – velocidad, indica

el triángulo de visibilidad que se requiere libre de obstáculos, y permite establecer las modificaciones de las velocidades de aproximación.

Después que un vehículo se ha detenido en una intersección, su conductor debe tener suficiente visibilidad para poder concretar una salida segura, a través del área común del cruce. El diseño de la intersección, deberá proveer visibilidad adecuada para cualquiera de las varias maniobras posibles en ella, tales como cruzar la vía que se intersecta o ingresar a ella.

502.03.03 Efecto del esviaje del cruce en el triángulo de visibilidad

Cuando sea técnica y económicamente factible, se deberá optar, en las intersecciones esviadas, por una rectificación de los ángulos de cruzamiento, teniendo a la intersección en ángulo cercano a 90°. Se considerarán inconvenientes los ángulos inferiores a 60º o superiores a su suplemento.

Si dos carreteras se cruzan bajo un ángulo inferior a 60º, algunos de los factores que determinan los rangos de visibilidad, resultan modificados.

En la intersección esviada de la **Figura 502.02**, se muestra cómo varía la condición de los triángulos de visibilidad para las correspondientes distancias da y db.

En el cuadrante que presenta ángulo obtuso, el ángulo que forma la línea límite de visibilidad con la trayectoria del vehículo es pequeño, lo que permite al conductor, la total visibilidad a través del triángulo, con un pequeño movimiento de cabeza. Por el contrario en el cuadrante que presente ángulo agudo, el conductor debe hacer un esfuerzo considerable para dominar la totalidad de la zona.

502.04 Señalización de intersecciones

El diseño debe contemplar que toda intersección a nivel, esté provista de las señales informativas, preventivas, restrictivas y demás dispositivos, de acuerdo a lo establecido en el "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras", vigente.

La señalización en la intersección misma, será considerada restrictiva y responderá a los siguientes criterios:

- La importancia de un camino prevalecerá sobre la del otro, y, por tanto, uno de ellos deberá enfrentar un signo PARE o una señal CEDA EL PASO, cuya elección se hará teniendo presente las siguientes consideraciones:
  - Cuando exista un triángulo de visibilidad adecuada a las velocidades de diseño de ambos caminos y las relaciones entre flujos convergentes no exijan una prioridad absoluta, se usará el signo CEDA EL PASO.
  - Cuando el triángulo de visibilidad obtenido, no cumpla con los mínimos requeridos para la velocidad de aproximación al cruce, o bien la relación

de los flujos de tránsito aconseje otorgar prioridad absoluta al mayor de ellos, se utilizará el signo PARE.

- Cuando las intensidades de tránsito en ambos caminos, sean superiores a las aceptables para regulación por signos fijos (Pare o Ceda el Paso), se deberá recurrir a un estudio técnico-económico que establezca la solución más conveniente. En cruces de carretera por zonas urbanas, se contemplará el uso de semáforos.

502.05 Intersecciones sin canalizar

Cuando el espacio disponible para la intersección sea reducido, se podrán utilizar intersecciones sin islas de canalización. En estos casos, el diseño está gobernado por las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo elegido.

En casos justificados en que sea necesario utilizar trazados mínimos, podrán utilizarse los valores indicados en la **Tabla 502.02** o valores similares, siempre que se consideren carriles de deceleración (y aceleración en el caso de calzadas unidireccionales), para poder pasar de la velocidad de diseño del camino principal a los 15 Km/h que permite el ramal de giro, (y viceversa). Los radios mínimos que se indican en dicha Tabla, están referidos al borde interior del pavimento en la curva y están diseñados para las siguientes condiciones de operación:

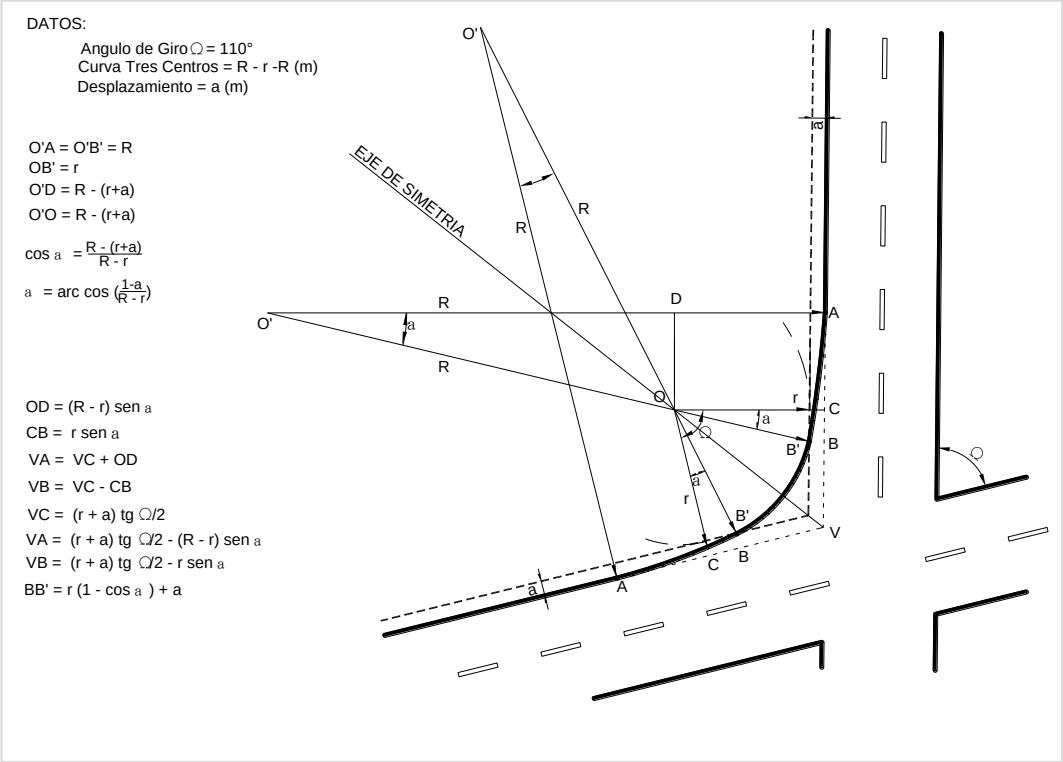
- Velocidad de giro hasta 15 Km/h.
- Inscripción en la curva sin desplazamiento a los carriles vecinos tanto en la entrada como en la salida.
- Distancia mínima de las ruedas interiores al borde del pavimento (0,30 m), a lo largo de la trayectoria.

Tabla 502.02
Radios mínimos en intersecciones sin canalizar

Vehículo tipo	Ángulo de Giro (º)	Curva Circular	Curva compuesta de tres centros simétrica (Figura 502.03)	
		Radios (m)	Radios (*) (m)	Desplazamiento (m)
VL VP VA	25	18,00 30,00 60,00	-------- -------- --------	-------- -------- --------
VL VP VA	45	15,00 22,50 50,00	 60,0 ---- 30 ---- 60,0	-------- -------- 0,90
VL VP VA	60	12,00 18,00 ------	------ ------ ------ ------ 60,0 ---- 22,5 ---- 60,0	------ ------ 1,65
VL VP VA	75	10,50 16,50 ------	30,0 ---- 7,5 ---- 30,0 36,0 ---- 13,5 ---- 36,0 45,0 ---- 15,0 ---- 45,0	0,60 0,60 1,80
VL VP VA	90	9,00 15,00 ------	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0 36,0 ---- 12,0 ---- 36,0 55,0 ---- 18,0 ---- 55,0	0,75 0,60 1,80
VL VP VA	105	------ ------ ------	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0 30,0 ---- 10,5 ---- 30,0 55,0 ---- 13,5 ---- 55,0	0,75 0,90 2,40
VL VP VA	120	------ ------ ------	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0 30,0 ---- 9,0 ---- 30,0 55,0 ---- 12,0 ---- 55,0	0,60 0,90 2,55
VL VP VA	135	------ ------ ------	30,0 ---- 6,0 ---- 30,0 30,0 ---- 9,0 ---- 30,0 48,0 ---- 10,5 ---- 48,0	0,45 1,20 2,70
VL VP VA	150	------ ------ ------	22,5 ---- 5,4 ---- 22,5 30,0 ---- 9,0 ---- 30,0 48,0 ---- 10,5 ---- 48,0	0,60 1,20 2,10
VL VP VA	180	------ ------ ------	15,0 ---- 4,5 ---- 15,0 30,0 ---- 9,0 ---- 30,0 40,0 ---- 7,5 ---- 40,0	0,15 0,45 2,85

(*) Radios mínimos al borde interior del pavimento en la curva.

Figura 502.03
Curva compuestas de tres centros

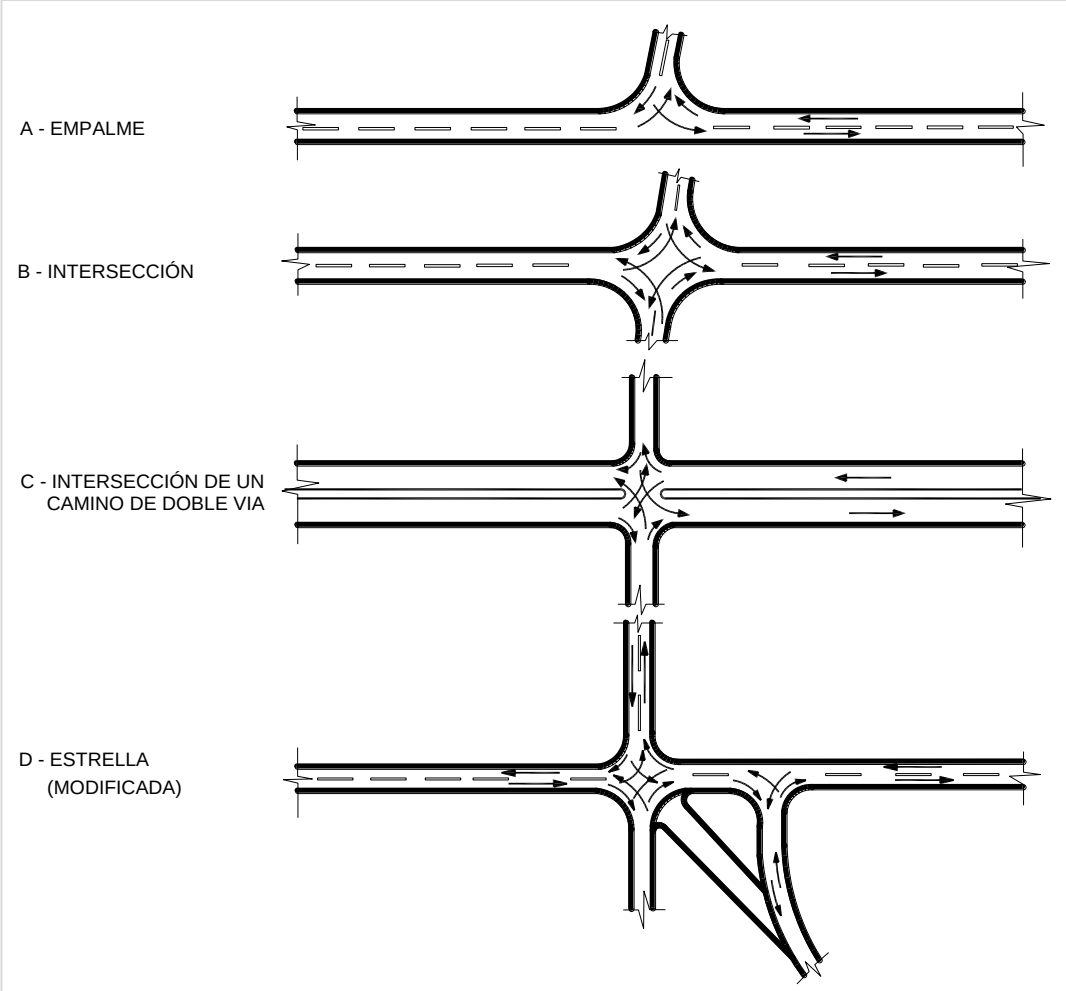


502.05.01 Intersección sin canalizar simple

En este tipo de intersección sin canalizar simple, se mantiene los anchos normales del pavimento y se agrega sólo lo necesario para las zonas de giro, y puede aceptarse para caminos de dos carriles con limitado tránsito.

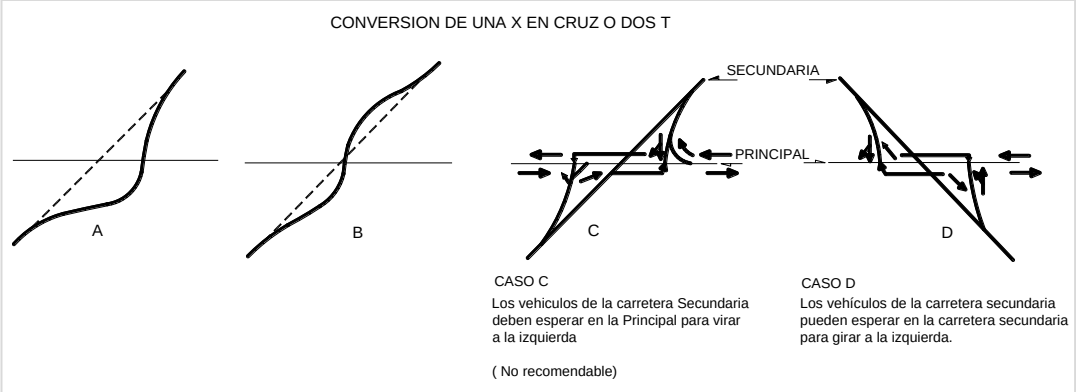
Esta solución no permite ángulos de intersección muy agudos y debe, por tanto, respetarse el principio de perpendicularidad de las trayectorias que se cortan. La **Figura 502.04**, ilustra empalmes y cruzamientos simples. El ángulo de cruzamiento puede variar dentro de los rangos (60º a 120º) sin variar el concepto.

Figura 502.04
Intersecciones sin canalizar simples



La **Figura 502.05** ilustra criterios para obtener cruces perpendiculares en Intersecciones, muy esviadas.

Figura 502.05
Criterios para obtener cruces perpendiculares



502.05.02 Ensanches de la sección de los accesos al cruce

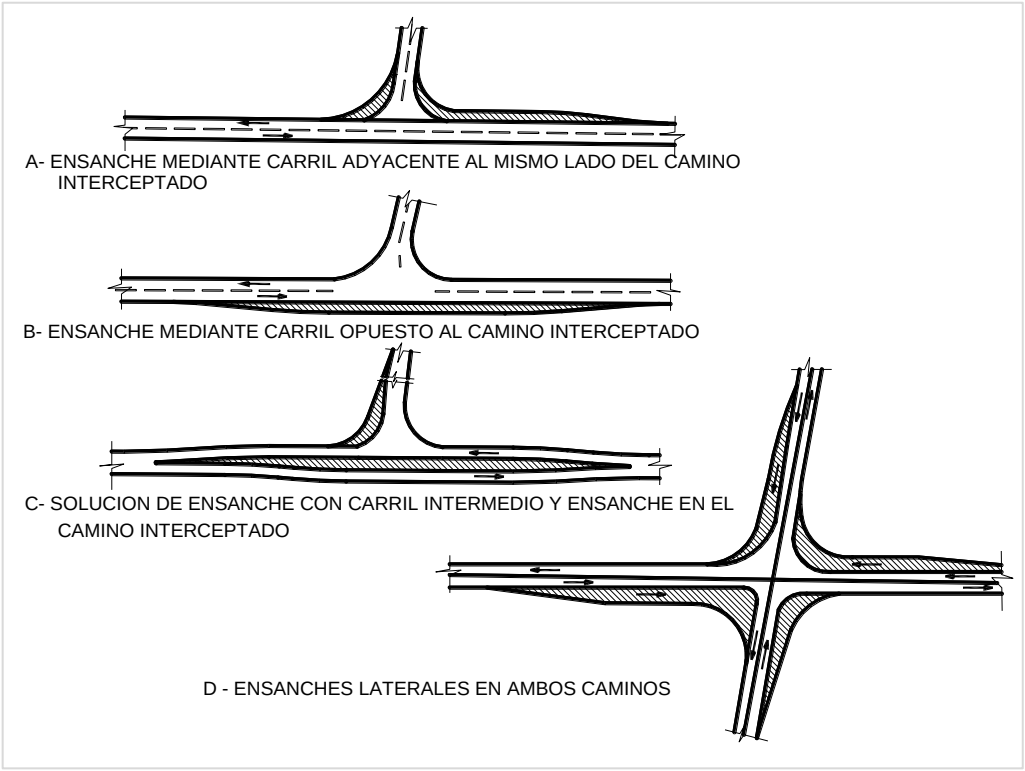
Cuando por factores de diseño o espacio, no sea posible recurrir a una Intersección Canalizada, puede utilizarse ensanches en la zona de acceso a los cruces.

Esta forma de diseño, produce el efecto de aumentar la capacidad de cruce, a la vez que separa los puntos de conflicto. También permite crear zonas de protección para los vehículos de maniobras más lentas, con lo que facilita los flujos de tránsito directo.

La **Figura 502.06**, ilustra los distintos tipos de ensanches, según las necesidades del cruzamiento, en la cual se presentan los siguientes ejemplos.

- Se adopta carriles de deceleración en los sectores de llegada o salida al empalme, cuando exista volúmenes importantes de giro a la derecha, desde la carretera principal a la que empalma o viceversa. **Figura 502.06 A.**
- Se adopta de un carril auxiliar en el camino principal, opuesto al camino interceptado cuando los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal representan volúmenes importantes. **Figura 502.06 B**.
- Con criterio de solución similar al anterior, en este caso se adopta un carril auxiliar de ensanche al centro, mediante una separación de los carriles directos, cuando los movimientos de giro a la izquierda desde el camino principal, representan volúmenes importantes, al igual que los del camino interceptado hacia la izquierda. **Figura 502.06 C**.
- Cuando el volumen de movimientos de giro lo justifica, se adopta por ensanchar los accesos a la intersección como se indica en la **Figura 502.06 D**. Esto da a la Intersección una capacidad adicional tanto para los movimientos de giro como para el tránsito directo.

Figura 502.06
Ejemplos se ensanches de la sección de los accesos al cruce



502.06 Intersecciones canalizadas

502.06.01 Generalidades

Las intersecciones con islas de canalización, se utilizan para los casos en que el área pavimentada en la zona de intersección resulta muy grande, y por tanto se genera confusión en el tránsito vehicular, por indefinición de las trayectorias destinadas de los diferentes giros y movimientos a realizar.

Las islas de canalización permiten resolver la situación planteada, al separar los movimientos más importantes en ramales de giro independientes. Se disminuye a la vez el área pavimentada que requeriría la intersección sin canalizar.

Los elementos básicos para el trazado de ramales de giro canalizados son:

- La alineación al borde inferior del pavimento.
- El ancho del carril de giro.
- El tamaño mínimo aceptable para la isla de canalización.

La compatibilización de estos tres elementos de diseño, posibilita el uso de curvas con radios mayores que los mínimos requeridos acordes al vehículo tipo, lo que permite soluciones más holgadas que las correspondientes a las intersecciones sin canalizar.

Las islas de canalización, deben tener formas específicas y dimensiones mínimas, que deben respetarse para que cumplan su función con seguridad vial.

Cuando sea necesario diseñar islas de canalización con velocidades de giro mayores a 15 Km/h, se deberá tener en consideración, en las curvas de las intersecciones, coeficientes de fricción lateral mayores que los usuales en el diseño normal de carreteras, lo cual es válido para velocidades de diseño de hasta 65 km/h. Para velocidades mayores, se utilizarán coeficientes de fricción lateral iguales, tanto en curvas de intersecciones como de la carretera.

La **Tabla 502.03**, presenta los valores a usar en giros mínimos canalizados. Las islas resultantes consideran dichos valores, dejando 0,60 m como mínimo entre sus bordes y los bordes del pavimento. Los anchos de los ramales que aparecen, permiten que las ruedas del vehículo tipo, se inscriban con una holgura de 0,60 m, respecto de los bordes del pavimento.

Por tratarse de giros mínimos, estas soluciones no incluyen el ensanche de las carreteras que acceden a la intersección. Por tanto, el tipo de islas que incluyen los valores de la **Tabla 502.03**, se refieren a islas triangulares, ubicadas en los ángulos que forma la prolongación de los bordes del pavimento, de las vías que se cruzan. Cuando sea posible ensanchar las vías que acceden al cruce, este tipo de islas pueden reemplazarse o combinarse con islas centrales en el camino subordinado.

Diseños mayores a los indicados, deben ser estudiados para cada caso, de acuerdo con la disponibilidad de espacio y la importancia de los giros en la intersección.

Tabla 502.03
Valores en giros mínimos en intersecciones canalizadas

Vehículo tipo	Ángulo de giro (º)	Curva compuesta de tres centros simétrica (Ver Figura 502.03)		Ancho del ramal (m)	Tamaño aproximado de la isla (m^2)
		Radios (m)	Desplazamiento (m)		
VL	75	45---22,5---45	1,05	4,20	5,50
VP		45---22,5---45	1,50	5,40	4,50
VA		54---27,0---54	1,05	6,00	4,50
VL	90	45---15,0---45	0,90	4,20	4,50
VP		45---15,0---45	1,50	5,40	7,50
VA		54---19,5---54	1,80	6,00	11,50
VL	105	36---12,0---36	0,60	4,50	6,50
VP		30---10,5---30	1,50	6,60	4,50
VA		54---13,5---54	2,40	9,00	5,50
VL	120	30,0 ---9,0---30,0	0,75	4,80	11,00
VP		30,0 ---9,0---30,0	1,50	7,20	8,40
VA		54---12,0---54	2,55	10,40	20,40
VL	135	30,0 ---9,0---30,0	0,75	4,80	43,00
VP		30,0 ---9,0---30,0	1,50	7,90	34,50
VA		48---10,5---48	2,70	10,70	60,00
VL	150	30,0 ---9,0---30,0	0,75	4,80	130,00
VP		30,0 ---9,0---30,0	1,80	9,00	110,00
VA		48---10,5---48	2,15	11,60	160,00

(*) Radio del borde inferior del pavimento en la curva

La **Tabla 502.04** muestra los valores de los radios mínimos en intersecciones canalizadas con velocidades de diseño superiores a 20 Km/h, para peraltes de 0% y 8%.

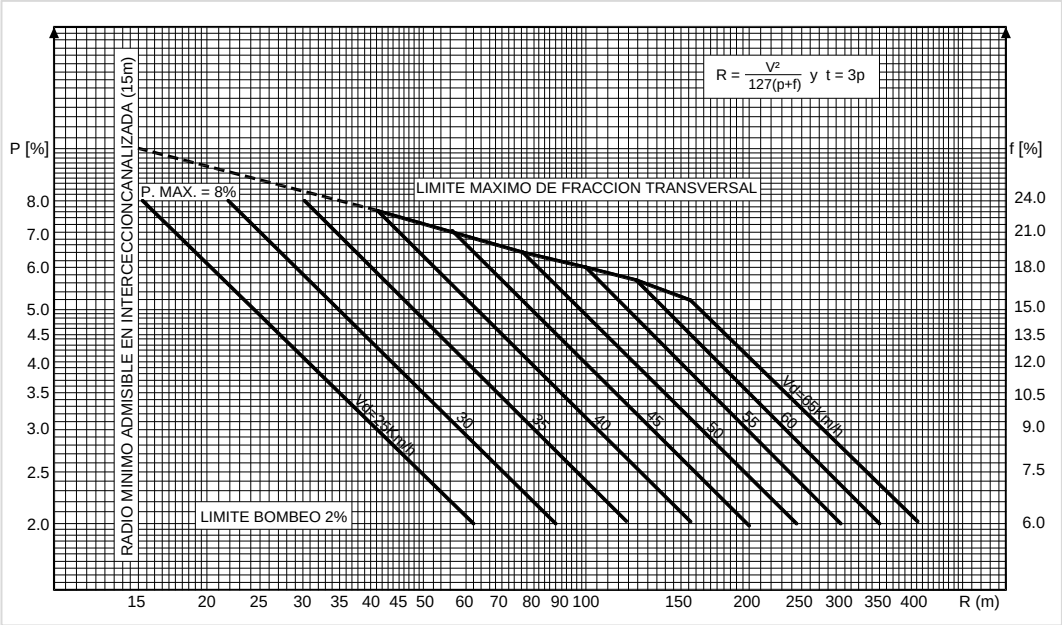
Tabla 502.04
Radios mínimos en intersecciones canalizadas según peraltes mínimos y máximos aceptables

V (Km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65
f máximo	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16
Radio mínimo (m) (p=0%)	15	25	40	55	75	100	130	170	210
Radio mínimo (m) (p=8%)	(*)	20	30	40	55	75	90	120	140

(*) Radio mínimo < 15: no aceptable en Intersecciones Canalizadas, salvo en curvas de tres centros.

La **Figura 502.07** muestra valores de radios y peraltes en intersecciones canalizadas cuando no existen condiciones limitantes.

Figura 502.07
Valores de radios y peraltes en intersecciones canalizadas cuando no existen condicionamientos limitantes



502.06.02 Casos de intersecciones canalizadas

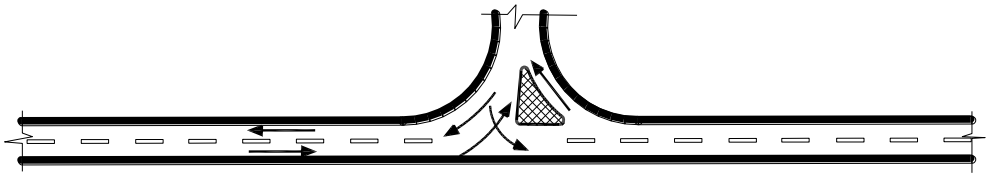
Por lo general en las intersecciones canalizadas, las islas divisorias y los carriles de giro, se diseñan en las vías secundarias de las intersecciones importantes, o bien, en empalmes menores cuando el esviaje es pronunciado. En los casos en que se justifican radios mayores a los mínimos, se debe diseñar vías independientes de giro a la derecha.

A continuación se presentan algunos casos de intersecciones canalizadas:

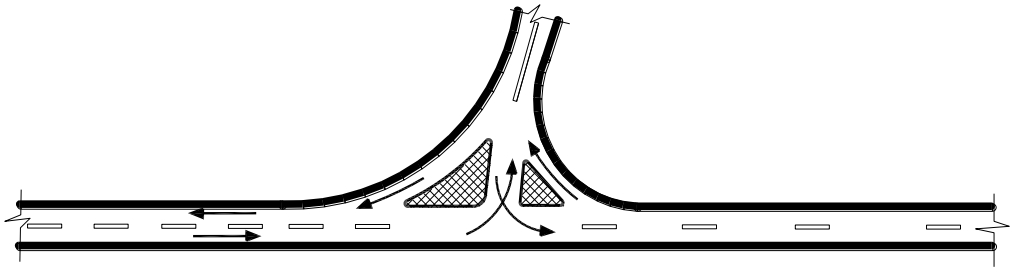
a) En la **Figura 502.08**, se muestran cuatro casos (A, B, C y D). El primero, **Figura 502.08-A** muestra el caso de un carril de giro a la derecha, desde la vía secundaria, obtenido mediante el diseño de una isla triangular. El segundo, **Figura 502.08-B** muestra un empalme en que las velocidades y el volumen de virajes justifican carriles independientes de giro a la derecha, hacia y desde el camino que intercepta, con radios mayores que los mínimos. El tercero, indica que la canalización en el camino interceptado, es mediante una isla divisoria, **Figura 502.08-C**, en la cual el espacio necesario para la ubicación de la isla, se obtiene ensanchando gradualmente el camino, y usando radios de giro mayores que los mínimos en el viraje a la derecha. Finalmente, para el caso de carreteras de dos carriles con volúmenes de tránsito alto, se aconseja diseñar carriles separados para cada uno de las corrientes importantes, **Figura 502.08-D**, dónde se

muestra el empleo de dos islas (canalizadoras) y una isla divisoria en el camino directo.

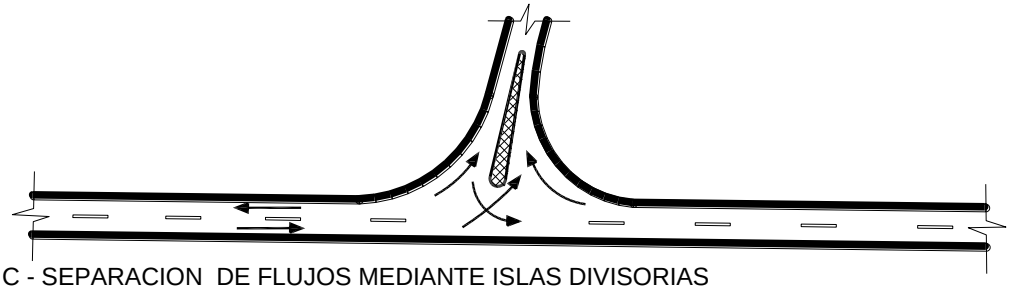
Figura 502.08
Casos de canalización con islas divisorias y carril de giro



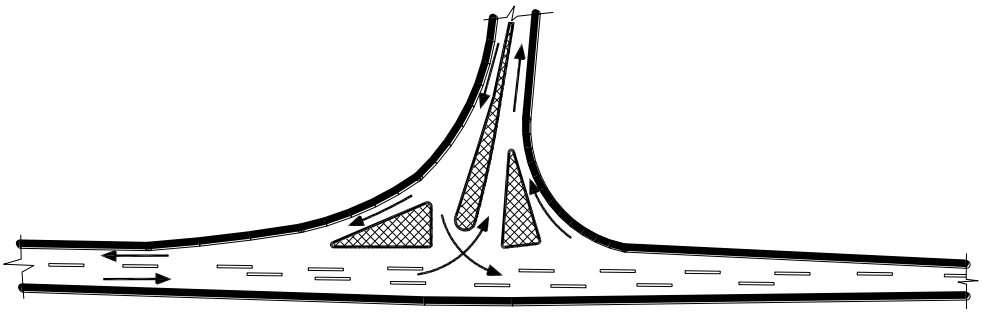
A - CARRIL DE GIRO A LA DERECHA DESDE EL CAMINO DE PASO



B - CARRIL INDEPENDIENTE DE GIRO DESDE EL CAMINO INTERCEPTADO



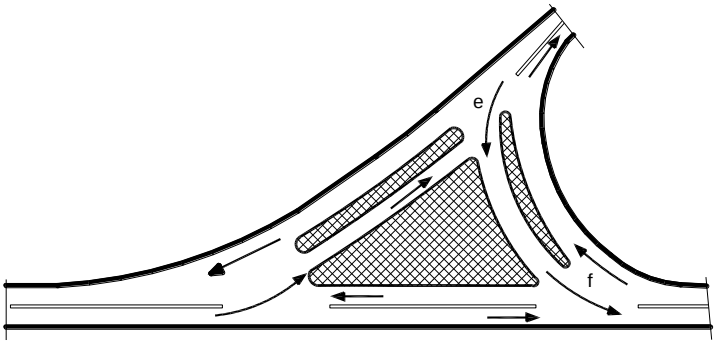
C - SEPARACION DE FLUJOS MEDIANTE ISLAS DIVISORIAS



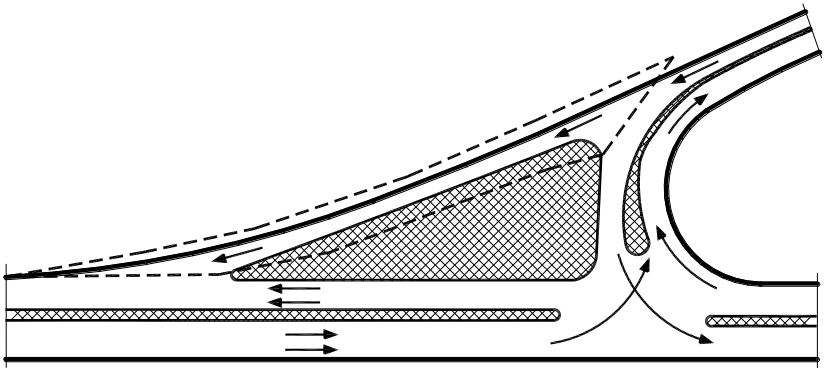
D - SEPARACION COMPLETA DE MOVIMIENTOS DE GIRO Y ENSANCHE EN CAMINO DE PASO

b) En la **Figura 502.09**, se muestran dos casos (A y B), de intersecciones en ángulos agudos formando una Y, con canalizaciones que permiten disminuir el riesgo de encuentro frontal de los vehículos, modificando las trayectorias, para que el cruce se produzca en ángulo aproximadamente recto.

Figura 502.09
Intersecciones canalizadas en ángulos agudos formando una "Y"



A- CARRILES DE GIRO BIDIRECCIONALES , CAMINO DE PASO DE SIMPLE VIA



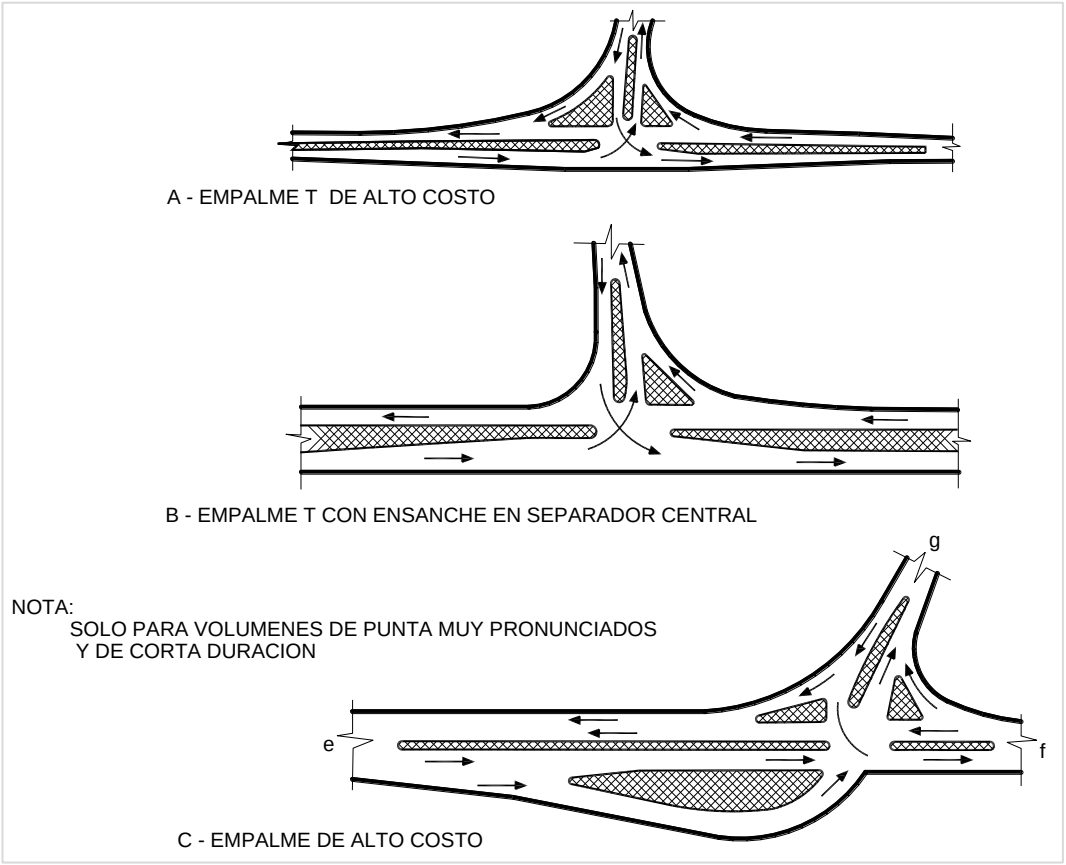
B-SEPARACION DE CARRILES ES DE GIRO VALIDA CUANDO EL CAMINO DE PASO TIENE DOBLE VIA

NOTA:

ESTE TIPO DE SOLUCION IMPLICA ISLAS TRIANGULARES DE GRANDES DIMENSIONES LADO MINIMO 30 A 50 METROS.

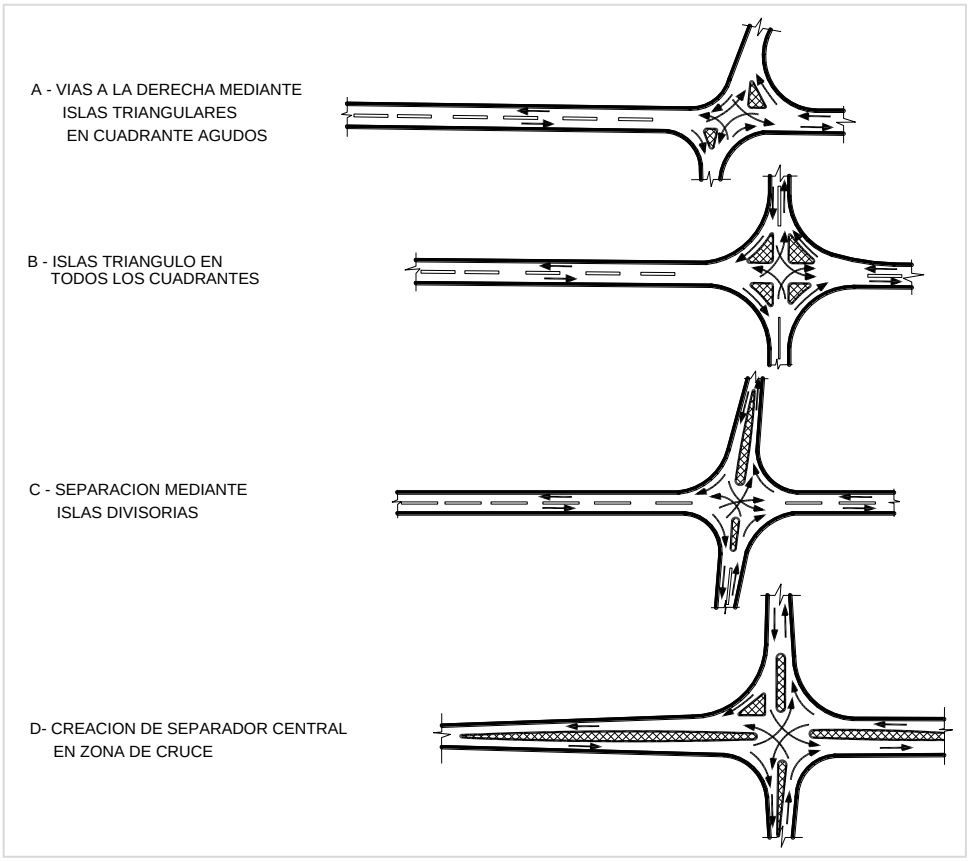
c) En la **Figura 502.10**, se muestran tres casos (A, B y C) de intersecciones canalizadas de diseño más complejo, que se justifican en carreteras con altos volúmenes de tránsito en todos los sentidos.

Figura 502.10
Intersecciones canalizadas para tránsito en todos los sentidos



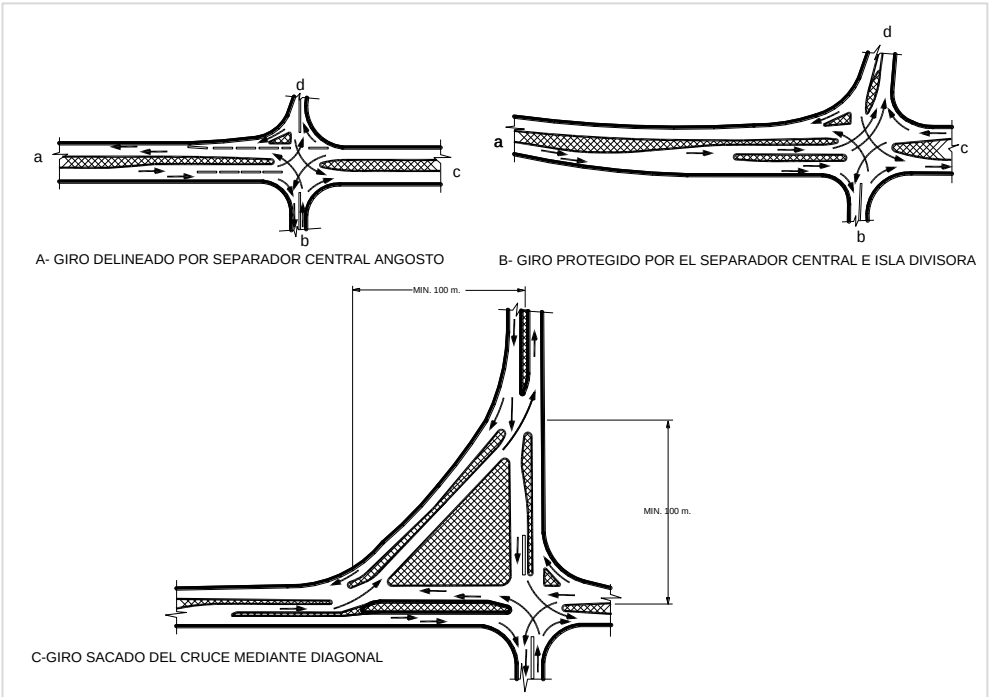
d) En la **Figura 502.11**, se muestran cuatro casos **(A, B, C, y D)**. El primer caso **(A)**, se refiere a intersecciones dónde se prevén carriles independientes para los giros a la derecha. El segundo caso **(B)**, está referido a la disposición de islas triangulo en todos los cuadrantes, con la finalidad de separar los flujos de tránsito de paso. El tercero **(C)**, está referido a la separación mediante islas divisorias. El último caso **(D)**, trata de la creación de separadores centrales en las zonas de cruce.

Figura 502.11
Otros casos de intersecciones canalizadas



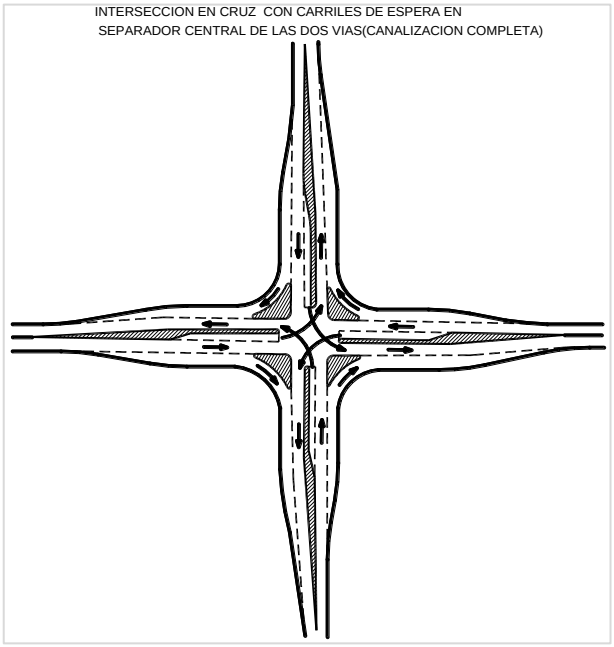
e) La **Figura 502.12**, muestra tres casos de intersecciones canalizadas con importantes giros a la izquierda en un cuadrante.

Figura 502.12
Intersecciones con importantes giros a la izquierda en un cuadrante



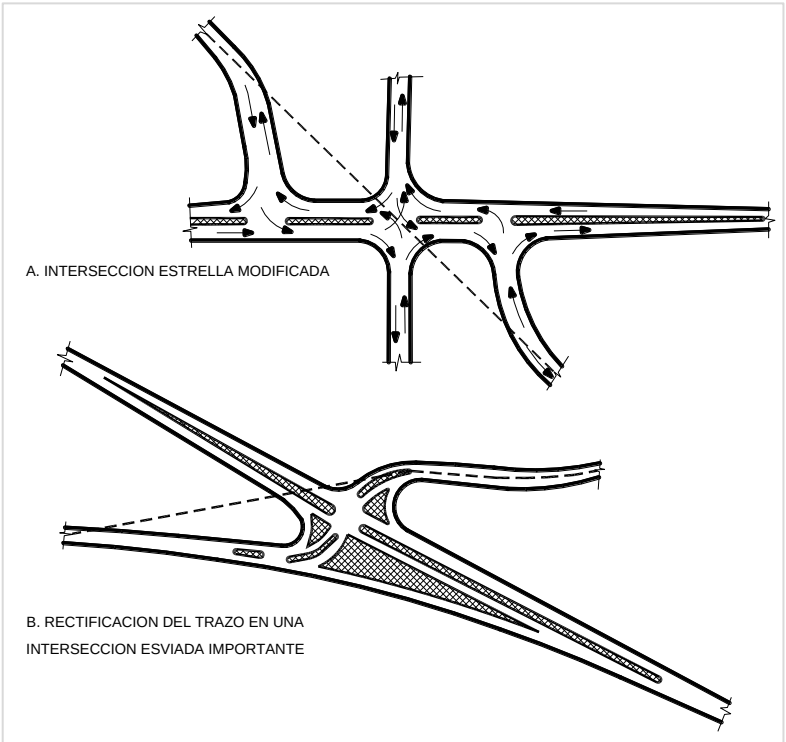
f) En la **Figura 502.13,** se muestra una intersección en cruz, con canalización completa con ensanche para los giros a la derecha e izquierda, usado cuando la intensidad de los giros lo exige.

Figura 502.13
Intersección canalizada en cruz



g) En la **Figura 502.14**, muestra dos casos de intersecciones canalizadas en estrella, que por lo general deben evitarse por razones de seguridad vial.

Figura 502.14
Intersecciones canalizadas en estrella



502.07 Curvas de transición en intersecciones

Cuando se accede a un ramal de intersección, desde una vía cuya Velocidad de Diseño es superior en 30 km/h o más, se produce un incremento brusco de la fuerza centrífuga, por lo que es conveniente intercalar las curvas de enlace, que pueden ser de preferencia clotoides o circulares de mayor radio.

502.07.01 Uso de clotoides

Pueden usarse intercaladas entre la tangente y la curva, o como tramo intermedio entre la curva de radio mínimo correspondiente a la Velocidad de Diseño y una curva circular de radio mayor. En la **Tabla 502.05** se dan los valores mínimos del parámetro A de la clotoide.

Tabla 502.05
Valores mínimos del parámetro A de la clotoide

V (Km/h)	30	35	40	45	50	55	60
Radio mínimo (m)	25	35	45	60	75	90	120
A adoptado (m)	20	30	35	40	50	60	70

502.07.02 Curvas compuestas

La **Tabla 502.06** indica los desarrollos aceptables que deberá tener la curva de enlace, en el supuesto de que esté seguida por una curva de radio igual a la mitad, o bien precedida por una curva de radio el doble.

Tabla 502.06
Desarrollos aceptables de la curva de enlace

Radio mayor (m)	30	45	60	75	90	120	150 o mas
Desarrollo mínimo (m)	12	15	18	24	30	36	42
Desarrollo Normal (m)	18	21	27	36	42	54	60

502.07.03 Combinación de más de dos curvas

Cuando la velocidad de operación a la entrada de un ramal, y las circunstancias obligan a diseñar curvas iniciales de radios que no permiten tener una relación de 2 o menos, con el arco limitante del ramal, será necesario utilizar una tercera curva circular de radio intermedio, que cumpla la relación establecida o una clotoide que enlace ambas curvas.

El desarrollo que debe darse a esta clotoide intermedia, se calculará haciendo la diferencia de los valores recíprocos de los radios de curvatura a enlazar, despejando de allí el radio de una curva, que al

ser interpolada en los datos de la **Tabla 502.05** permite obtener el valor de su parámetro y el desarrollo correspondiente.

502.08 Ramales de giro

502.08.01 Generalidades

El ancho de la calzada y las bermas en los ramales de giro, están reguladas por el volumen y composición de tránsito, y el radio de la curva circular asociada al giro.

El diseño depende fundamentalmente de la importancia de la intersección y la disponibilidad de espacio. En los casos en que el tránsito no sea significativo y el espacio disponible sea limitado, el diseño contemplará dimensiones mínimas para circular a velocidades de 15 Km/h o menores. Cuando la importancia de la intersección lo exija, el diseño estará gobernado por la velocidad de operación que se desee obtener en los diversos elementos del cruce.

A continuación se describen algunos casos en función al tipo de operación de los ramales de giro:

- Caso I. Un carril con tránsito en un solo sentido, sin posibilidad de adelantar a un vehículo que se detenga, es aplicable a un ramal de giro de poca importancia. En este caso, al menos uno de los bordes de la calzada debe tener una berma que permita ser utilizada en caso de emergencia.
- Caso II. Un carril con tránsito en un solo sentido, con posibilidad de adelantar a un vehículo que se detenga, es aplicable a un ramal de giro con posibilidad de adelantamiento a bajas velocidades, con espacios libres restringidos entre vehículos, pero manteniéndose ambos dentro de la calzada.
- Caso III. Dos carriles para el tránsito en uno o dos sentidos, es aplicable a ramales de giro en que el volumen de tránsito, supera la capacidad de una sola calzada, o para el tránsito en doble sentido.

A continuación se indican algunos casos que guardan relación con la composición del tránsito, en función de los vehículos tipo y la proporción en que intervienen.

- Caso A, predominan los vehículos ligeros (VL), considerando el paso eventual de camiones o Buses (VP).
- Caso B, la presencia de vehículos tipo VP es superior al 5% y no sobrepasa el 25% del tránsito total; los vehículos articulados (VA) circulan en muy baja proporción.
- Caso C, los vehículo tipo VP con más del 25% del tránsito total y/o los vehículos articulados (VA) circulan normalmente por el ramal bajo consideración.

502.08.02 Anchos de calzada en ramales de giro

La **Tabla 502.07** presenta valores de anchos de calzada en función al tipo de operación y composición del tránsito, antes indicados. Asimismo, en la **Tabla 502.08**, se presenta las modificaciones que debe tener la calzada por efecto de las bermas y sardineles.

Tabla 502.07
Anchos de calzada en ramales de giro

R(m)	Anchos de calzada en ramales (m)								
	Caso I 1 carril 1 sentido Sin adelantar			Caso II 1 carril 1 sentido Con adelantar			Caso III 2 Carriles 1 o 2 Sin adelantar		
	Características del tránsito								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	5,5	5,5	7	7	7.6	8.8	9.4	10.6	12.8
20	5	5,3	6,2	6.6	7.2	8.4	9	10.2	11.7
22.5	4,8	5,1	5,8	6.4	7	8.2	8.8	10	11.2
25	4,7	5	5,7	6.3	6.9	8	8.7	9.8	11
30	4,5	4,9	5,4	6.1	6.7	7.6	8.5	9.4	10.6
40	4,3	4,9	5,2	5.9	6.5	7.4	8.3	9.2	10.2
45	4,2	4,8	5,1	5.8	6.4	7.3	8.2	9.1	10
60	4	4,8	4,9	5.8	6.4	7	8.2	8.8	9.4
80	4	4,7	4,9	5.6	6.2	6.8	8	8.6	9.2
90	3,9	4,6	4,8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	9.1
100	3,9	4,6	4,8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	9
120	3,9	4,5	4,8	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
150	3,7	4.5	4.6	5.5	6.1	6.7	7.9	8.5	8.8
250	3.7	4.5	4.4	5.4	6	6.6	7.6	8.3	8.5
Tangente	3.7	4	4	5.2	5.8	6.4	7.4	8	8

Tabla 502.08
Modificación de anchos de calzada por efecto de bermas y sardinel

Características		Caso I	Caso II	Caso III
Bermas sin pavimento		Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
Sardinel a nivel		Sin modificación	Sin modificación	Sin modificación
Sardinel Elevado	Un lado	Añadir 0,30	Sin modificación	Sin modificación
	Dos lados	Añadir 0,30	Añadir 0,30	Añadir 0,30
Berma pavimentada en uno o ambos lados		Sin modificación	Deducir ancho de las bermas Ancho mínimo similar al caso I.	Deducir 0,60 dónde la berma sea de 1,20 m como mínimo

502.08.03 Bermas o espacios adyacentes al pavimento del ramal de giro

Por las características de diseño, en una Intersección canalizada no siempre es necesario considerar bermas, dado que al quedar la calzada delimitada por islas, se producen espacios adicionales adyacentes, que pueden utilizarse para estacionamiento de vehículos en casos de emergencia.

Por lo general, la berma derecha en dimensión y tratamiento, es similar al de la carretera de dónde provienen los vehículos, pudiendo utilizarse el ramal para hacer las transiciones de ancho, si la berma de llegada es de dimensiones distintas.

En grandes intersecciones canalizadas los ramales de giro pueden ser de tal longitud que se consideren como independientes de las carreteras que se cortan. Bajo este concepto, deberán proyectarse bermas a ambos lados de la calzada.

502.09 Carriles de cambio de velocidad

502.09.01 Generalidades

Los carriles de cambio de velocidad tienen por finalidad permitir la salida o ingreso de los vehículos de una vía a otra, con un mínimo de perturbaciones; estos carriles, también posibilitan las maniobras de giros en U en la misma vía.

Dichos carriles de cambio de velocidad son de aceleración y deceleración. El primero posibilita la maniobra de entrada a una vía principal, y siempre es paralelo al carril de destino, formando un ángulo en la parte final de la vía a la que ingresa. El segundo, permite la salida de una vía principal, y generalmente es paralelo o casi paralelo al carril de origen.

En las **Figuras 502.15** y **Figura 502.16** se muestran ejemplos de carriles de cambio de velocidad y terminales de salida, respectivamente.

Figura 502.15
Carriles de cambio de velocidad

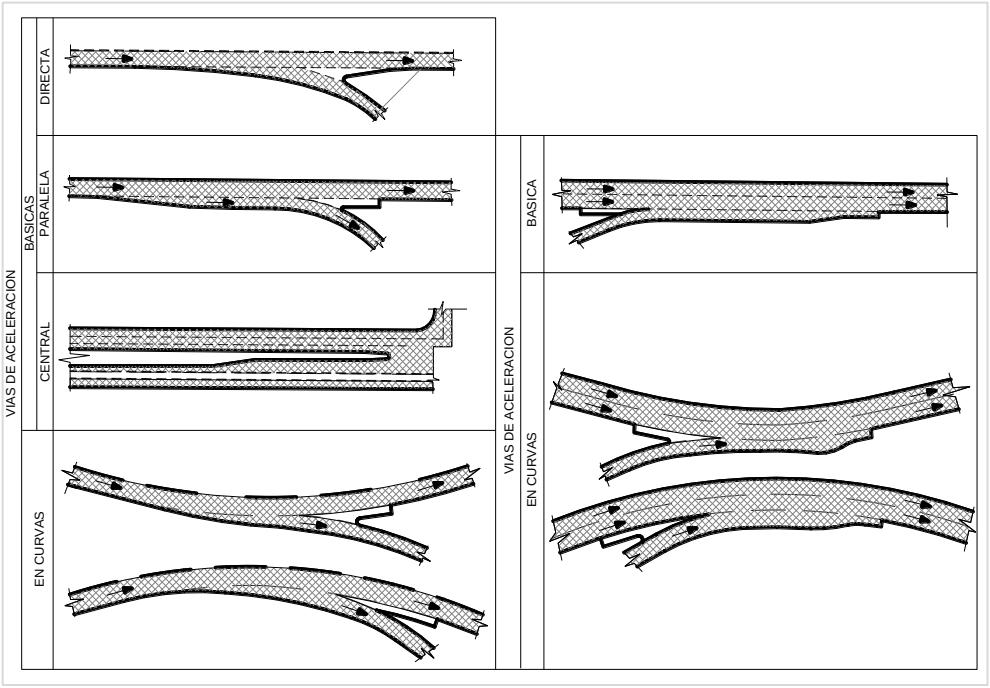
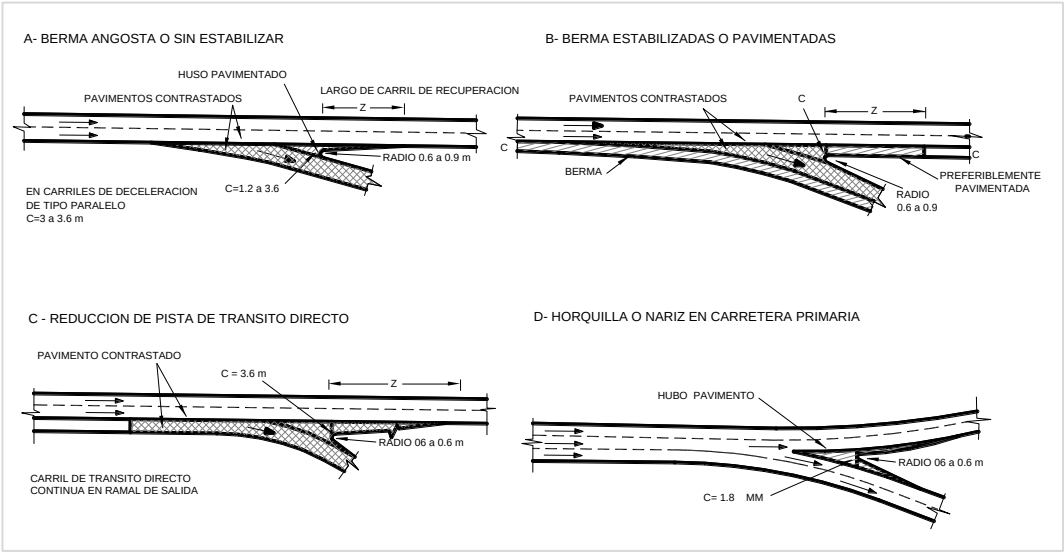


Figura 502.16
Terminales de salida



502.09.02 Carriles de aceleración

Su longitud total (LT) es la suma de los largos de las zonas de aceleración propiamente dicha y de transición o cuña, en la que LT no superará en ningún caso los 300 metros.

La **Tabla 502.09** presenta valores de LT en función a velocidades de diseño, y valores de LC fijos, en aplicación de la siguiente fórmula.

$$LT = LA + LC$$

Dónde:

LT = Largo total

LA = Largo en zona de aceleración

LC = Largo de la cuña

Tabla 502.09
Longitudes totales de carriles de aceleración (LT)

Vc (Km/h)	Lc (m)	Vr = 0 (Km/h)	Vr = 30 (Km/h)	Vr = 40 (Km/h)	Vr = 50 (Km/h)	Vr = 60 (Km/h)	Vr = 70 (Km/h)	Vr = 80 (Km/h)	Vr = 90 (Km/h)
60	50	100	75	50					
70	50	150	120	100					
80	50	240	200	180	140	100			
90	75	300	275	250	220	170	140		
100	75	300	300	300	275	250	225	200	
110	75	300	300	300	300	300	250	250	250
≥120	75	300	300	300	300	300	300	300	300

Los valores LT y LA, son válidos para pendientes comprendidas entre +3 % y -3 %, debiendo corregirse si éstas exceden dichos límites. En la **Tabla 502.10** se indican los factores de corrección, que relacionan la longitud en pendiente (±) con la longitud en horizontal. Las correcciones por pendiente, se calculan sobre LT, pero la longitud adicional o por deducir que corresponda, afecta sólo a LA, permaneciendo LC fijo, aunque LT eventualmente pueda resultar menor que LC.

Tabla 502.10
Factores de corrección que relaciona la longitud en pendiente con la longitud en horizontal

Factores de Corrección de Lt (*) en Carriles de Aceleración, para Velocidades de diseño de la Carretera (Vc) de:							
60 Km/h		70 Km/h		80 Km/h		100 (**) Km/h	
Caso Pendiente de Subida de: (%)							
3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6
1,30	1,50	1,30	1,60	1,35	1,70	1,40	1,90
Caso pendiente de Bajada, Si Vr = 0 (***), de:							
3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6	3-4	5-6
0,5	0,5	0,75	0,65	0,90	0,80	1,00	1,00

(*) Factores se aplican a LT, pero afectan a LA; LC = Constante.
(**) LT Máximo = 300 m.VC = 100 sirve para interpolar
(***) Si Vr > 0 no hay reducciones

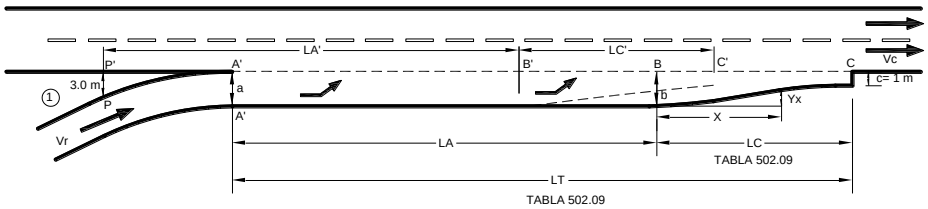
En la **Figura 502.17,** se muestran los puntos singulares de los carriles de aceleración. En C se tiene el ancho final de la cuña (c) que deberá ser de 1 m, con el fin de hacer utilizable la zona de cuña. En B, inicio de la cuña y final de la zona de aceleración, se debe tener el ancho total del carril (b), el cual, si el carril fuera proyectado en una curva que requiera sobreancho, se obtiene con la siguiente fórmula:

$$b = bo + Sa$$

Dónde:

b : nuevo ancho total del carril
bo : ancho inicial del carril
Sa : sobreancho

Figura 502.17
Puntos singulares de carril de aceleración



Vr = Velocidad de ramal
Vc = Velocidad de carretera

NOTAS:
(1) Esta zona se define según tópico 502.11 (islas)
(2) Peraltes y transiciones en figura 502.07
(3) Yx = F(b-c)(F en tabla)

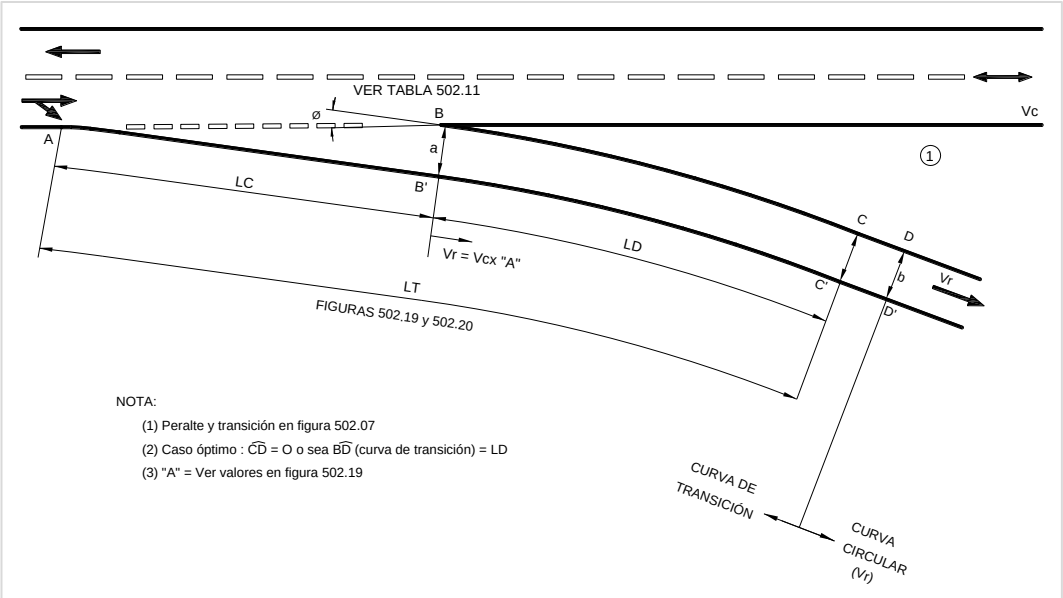
		DISTANCIAS "X" DESDE EL PUNTO B o B' (m)														
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Velocidad de Diseño (km/h)	Largo de Cuña(Lc) (m)	VALORES "F" PARA EL CÁLCULO DE Yx														
60 - 80	50	0.0127	0.0829	0.1656	0.3190	0.5000	0.8810	0.8344	0.9371	0.9873	1.0000					
90 - 120	75	0.0053	0.0245	0.0629	0.1252	0.2129	0.3190	0.4382	0.5818	0.6810	0.7881	0.8748	0.9371	0.9755	0.9947	1,0000

502.09.03 Carriles de deceleración

De acuerdo a las características geométricas del carril de deceleración, se presentan los dos siguientes casos:

Caso I: Cuando la longitud de la curva de transición es mayor o igual que longitud de deceleración (LD), que viene a ser el de mejor geometría para estos dispositivos, por cuanto se puede diseñar el ramal sobre la carretera con un ángulo de incidencia (Ø) que haga claramente perceptible su función (**Figura 502.18**).

Figura 502.18
Carril de deceleración
Caso I



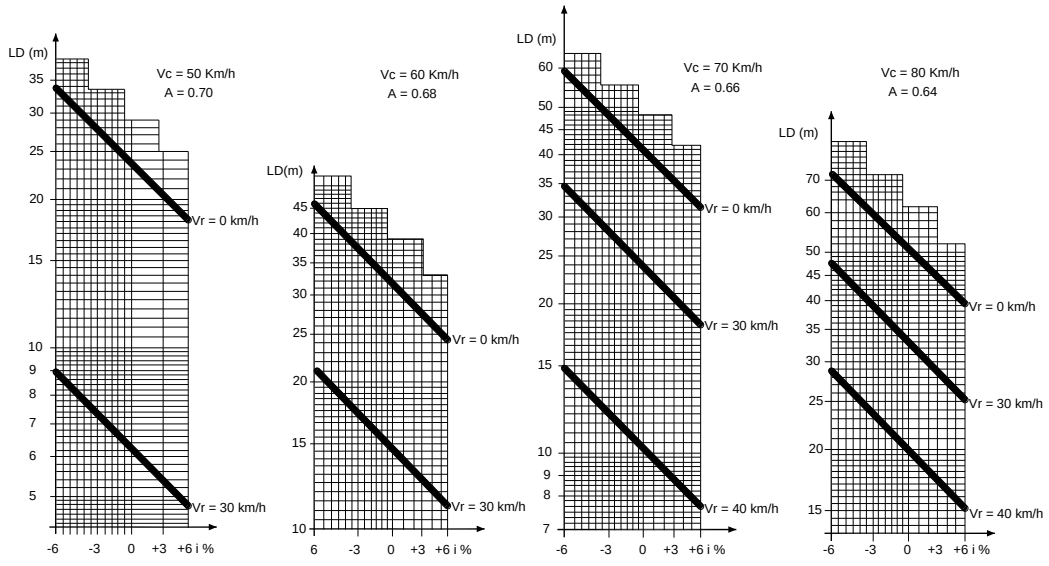
Cuando el trazado de los ramales no corresponda al caso de los mínimos absolutos, se debe cuidar que el ángulo de incidencia (Ø) no exceda los valores indicados en la **Tabla 502.11**.

Tabla 502.11
Ángulo de incidencia (Ø) de carril de deceleración

VC (Km/h)	< 60	60	70	80	90	100	110	120
Ø (º)	11,0	9,0	7,5	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

En las **Figuras 502.19** y **502.20**, se muestran gráficamente valores de longitudes de carriles de deceleración (LD), para velocidades de diseño que van desde 60 Km/h hasta 120 Km/h, distintas velocidades de diseño de ramales, y en función de las pendientes longitudinales de la vía.

Figura 502.19
Longitudes de carriles de deceleración (LD=f(i))
Cuadros resúmenes para LT= LC+LD cuando i=0 y Vc = 50, 60, 70 y 80 km/h



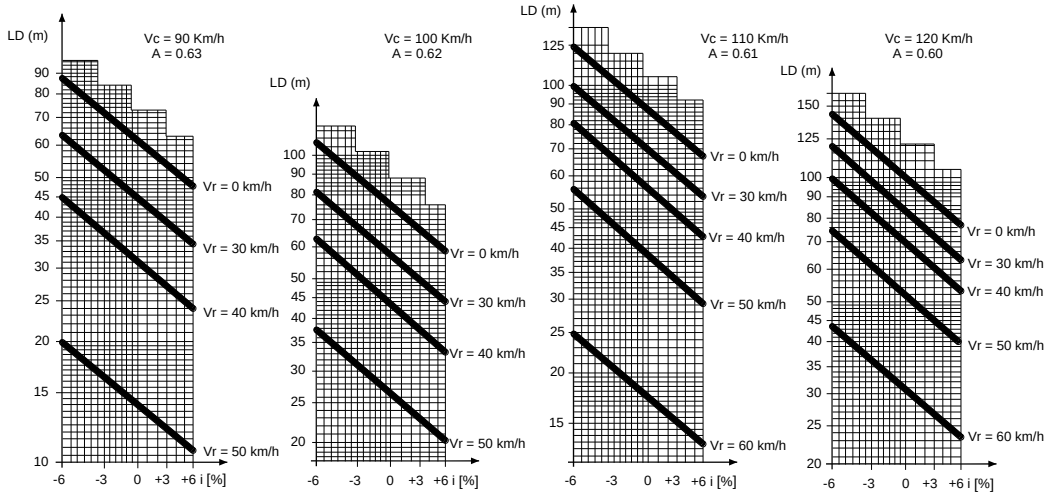
Vc = 50 km/h (Lc = 50 m)		
V.Diseño Ramal Vr (km/h)		
0	30	
75	55	
LT = Lc + LD en Metros		

Vc = 60 km/h (Lc = 55 m)		
V.Diseño Ramal Vr (km/h)		
0	30	
90	70	
LT = Lc + LD en Metros		

Vc = 70 km/h (Lc = 60 m)		
V.Diseño Ramal Vr (km/h)		
0	30	40
100	85	70
LT = Lc + LD en Metros		

Vc = 80 km/h (Lc = 70 m)			
V.Diseño Ramal Vr (km/h)			
0	30	40	50
120	105	90	75
LT = Lc + LD en Metros			

Figura 502.20
Longitudes de carriles de deceleración (LD=f(i))
Cuadros resúmenes para LT=LC+LD cuando i=0
Vc=90, 100, 110 y 120 Km/h



Vc = 90 km/h (Lc = 80 m)			
V.Diseño Ramal Vr (km/h)			
0	30	40	50
140	125	110	95
LT = Lc + LD en Metros			

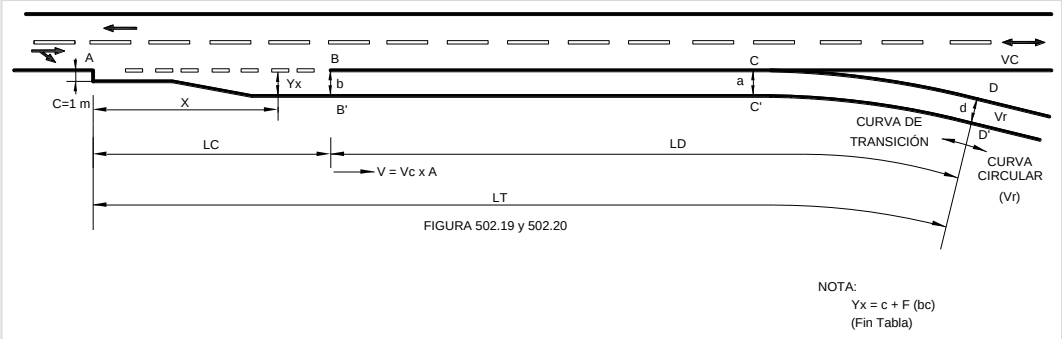
Vc = 100 km/h (Lc = 85 m)				
V.Diseño Ramal Vr (km/h)				
0	30	40	50	60
160	140	130	110	90
LT = Lc + LD en Metros				

Vc = 110 km/h (Lc = 90 m)				
V.Diseño Ramal Vr (km/h)				
0	30	40	50	60
175	160	145	130	110
LT = Lc + LD en Metros				

Vc = 125 km/h (Lc = 100 m)					
V.Diseño Ramal Vr (km/h)					
0	30	40	50	60	70
200	185	170	150	130	105
LT = Lc + LD en Metros					

Caso II: Cuando la longitud de la curva de transición es menor que la longitud de deceleración (LD) o no existe. Para este caso, la cuña es similar que en el Caso I, iniciándose con un ancho de 1 metro, con el fin de compensar el efecto de la maniobra de curva – contra curva, que por lo general hace desaprovechar la zona de cuña, y hace más visible dicho inicio. El borde derecho, se define en forma similar según los valores de la tabla incluida en la **Figura 502.21**.

Figura 502.21
Carril de deceleración
Caso II



	DISTANCIAS "X" DESDE EL PUNTO A (m)																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Velocidad de Diseño (km/h)	VALORES DE "FF" PARA EL CALCULO DE Yx																			
Largo de Curva (Lc) (m)																				
60	55	0.0104	0.0503	0.132	0.2688	0.416	0.584	0.7414	0.868	0.9497	0.9898	1								
70	60	0.0058	0.0411	0.1073	0.2119	0.3481	0.5	0.6519	0.7881	0.8927	0.9589	0.9814	1							
80	70	0.0061	0.0267	0.0742	0.1474	0.2481	0.3081	0.5	0.6309	0.7518	0.8525	0.9258	0.9713	0.9838	1					
90	80	0.0048	0.0211	0.054	0.1073	0.1822	0.2771	0.3851	0.5	0.6149	0.7229	0.8178	0.8927	0.946	0.9789	0.9754	1				
100	85	0.004	0.0183	0.0489	0.0828	0.158	0.2414	0.3395	0.4455	0.5545	0.6305	0.7584	0.842	0.9072	0.9531	0.9817	0.996	1			
110	90	0.0038	0.016	0.0411	0.0809	0.1386	0.2118	0.3	0.3876	0.5	0.6024	0.7	0.7681	0.8611	0.9181	0.9589	0.964	0.9969	1		
120	100	0.0029	0.0127	0.0321	0.0628	0.1073	0.1858	0.237	0.319	0.4077	0.5	0.5823	0.6810	0.783	0.8344	0.8927	0.9371	0.9678	0.9873	0.9971	1

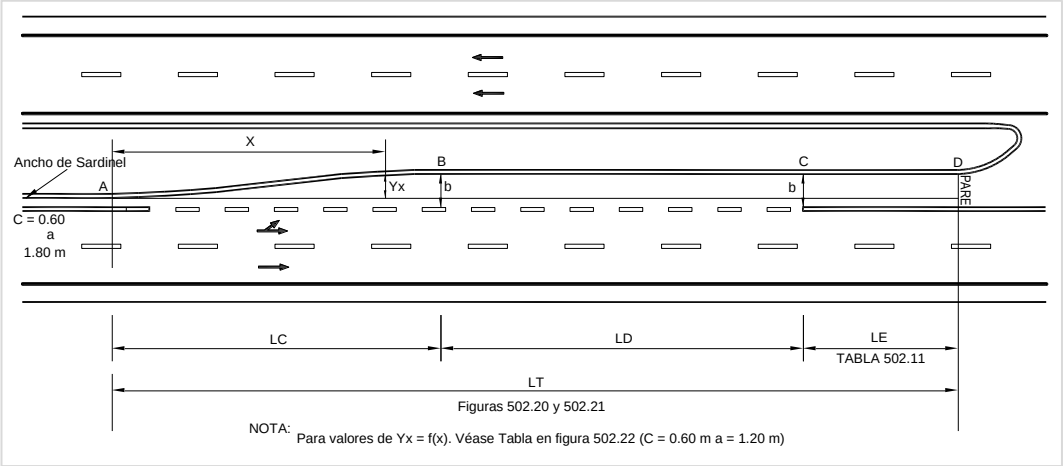
502.09.04 Carriles centrales de deceleración

Se puede diseñar carriles de deceleración para girar a la izquierda desde una carretera principal, los cuales por lo general se sitúan en el centro de la carretera, con esta finalidad y si los volúmenes de tránsito lo requieren, se diseñarán los ensanchamientos necesarios en la zona de cruzamiento.

En la **Figura 502.22** se muestra un carril de este tipo. Las longitudes LC y LD son las que corresponden a las **Figuras 502.19** y **502.20** respectivamente, a las cuales hay que sumarle una longitud LE, a lo largo de la zona de espera, que depende del flujo vehicular.

Si existe un semáforo en el punto D de la **Figura 502.22**, la longitud de espera (LE) se determinará del cálculo del largo de las filas de vehículos en espera en un ciclo, estimándose en 7,5 m el espacio promedio requerido por cada vehículo.

Figura 502.22
Carril central de deceleración



Si en lugar de un semáforo, existe una señal "PARE", el valor de la longitud de espera (LE), se obtendrá de la **Tabla 502.12.**

Tabla 502.12
Valores de longitud de espera de vehículos

Nº Veh/h que giran	30	60	100	200	300
Longitud de espera LE (m)	8	15	30	60	75

502.10 Tránsito por el separador central

En las autopistas, las intersecciones tienen por finalidad posibilitar el tránsito vehicular que cruza la vía o realiza giros a la izquierda, por la zona del separador central.

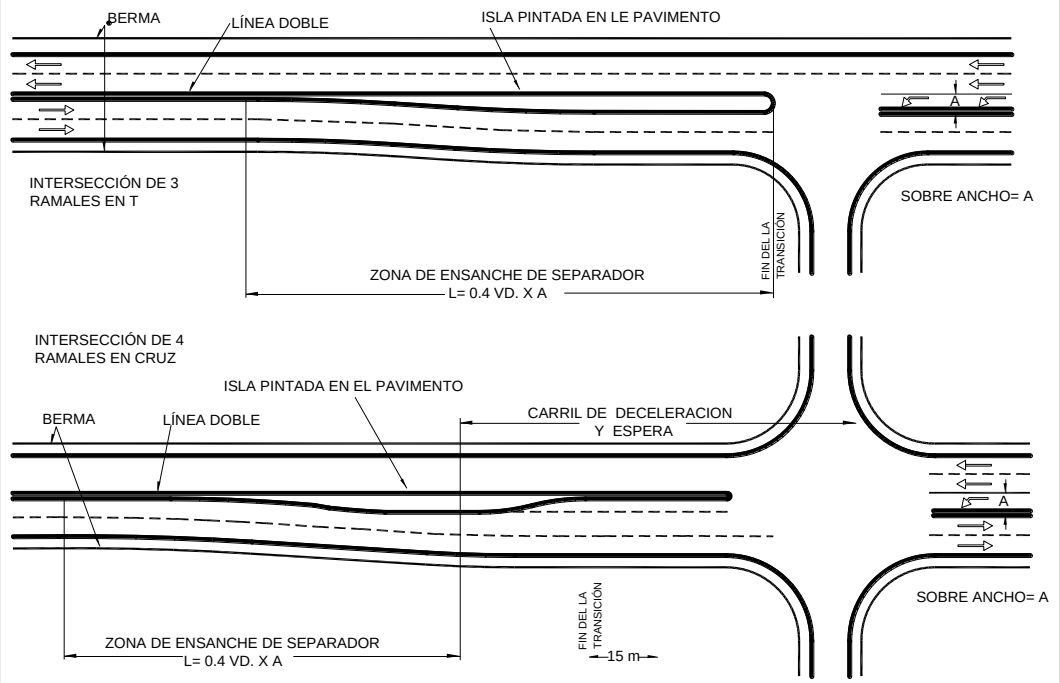
La pendiente transversal en la zona del separador no debe superar el 5%, y el ancho de la abertura del separador central, no debe ser menor a 12 m. En todo caso, dichas dimensiones deben especificarse en el diseño, de acuerdo a los requerimientos de las vías que se cruzan.

502.10.01 Cruces y giros a la izquierda

A continuación se muestran algunos ejemplos de giros a la izquierda en intersecciones con separadores centrales y dimensiones de aberturas.

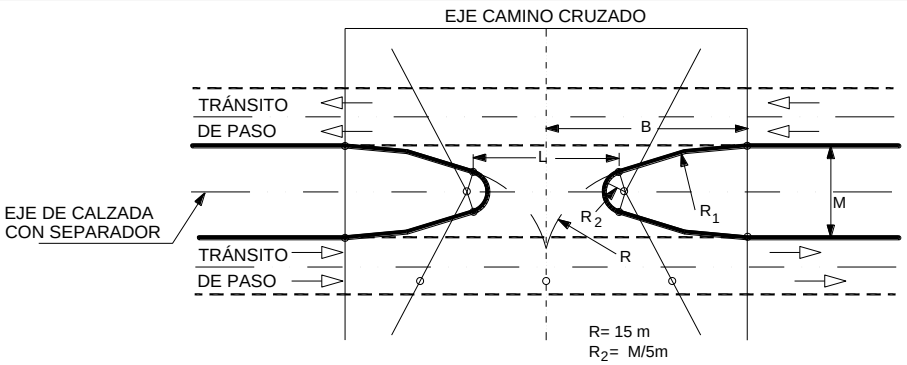
En la **Figura 502.23**, se aprecia dos casos de intersecciones a nivel en "T" y en "+" para giros a la izquierda y de cruce.

Figura 502.23
Intersecciones a nivel en "T" y en "+", para giros a la izquierda y de cruce



En la **Figura 502.24**, se muestra el diseño de la abertura de un separador, en el que se aprecia el detalle de un remate en punta de proyectil.

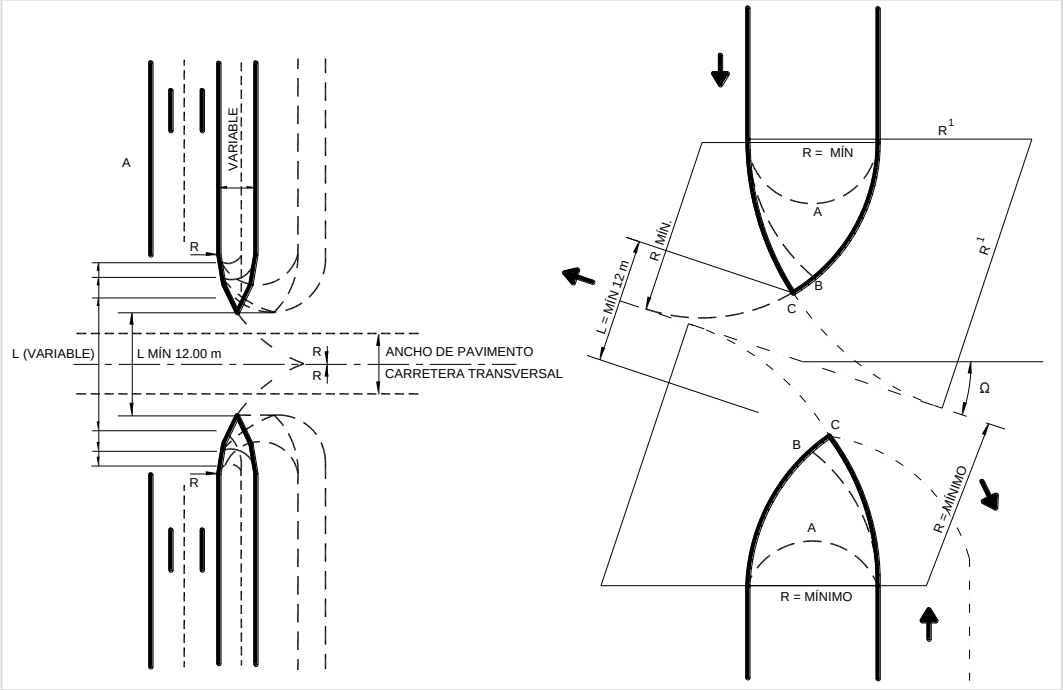
Figura 502.24
Aberturas de separador con remate en punta de proyectil



M ANCHO SEPARADOR m	DIMENSIONES					
	R= 30 m		R= 45 m		R= 70 m	
	L	B	L	B	L	B
6	18	20	20	24	21.5	27.5
9	15	21	17	26	19.5	31
12	12.5	22	15	27.5	17.5	33
15	–	–	13.5	29	15.5	35
18	–	–	–	–	14	37
21	–	–	–	–	12.5	39

En la **Figura 502.25**, se muestra el detalle de la abertura de un separador, para radio de giro mínimo con y sin esviajes en el cruce.

Figura 502.25
Abertura de separador para radio de giro mínimo con o sin esviaje



La **Tabla 502.13**, contiene dimensiones de aberturas de separadores centrales para permitir giros a la izquierda en condiciones mínimas.

Tabla 502.13
Dimensiones de aberturas de separadores centrales para giros a la izquierda Vehículo tipo Vp radio de giro mínimo 15 m

Esviaje	Ancho Separador (m)	Ancho de aberturas normales al camino que cruza (m)			R1 Caso C asimétrico (m)
		Semi-círculo A	Punta de Proyectil		
			Simétrico B	Asimétrico C	
0º	1,00	29,0	29,0	------	------
	2,00	28,0	23,0	------	------
	2,50	28,0	21,0	------	------
	3,00	27,0	19,0	------	------
	6,00	24,0	13,0	------	------
	9,00	21,0	12,0 mín.	------	------
	12,00	18,0	12,0 mín.	------	------
	15,00	15,0	12,0 mín.	------	------
	18,00	12,0	12,0 mín.	------	------
10º	3,00	32,0	24,5	23,0	21,5
	6,00	28,0	17,5	16,0	20,5
	9,00	24,5	13,5	12,0 mín.	19,5
	12,00	21,5	12,0 mín.	12,0 mín.	19,0
	15,00	18,0	12,0 mín.	12,0 mín.	18,5
	18,00	14,0	12,0 mín.	12,0 mín.	18,0
20º	3,00	37,0	29,5	27,5	29,5
	6,00	32,5	22,0	19,5	27,5
	9,00	28,5	18,0	14,5	26,0
	12,00	24,5	14,5	12,0 mín.	24,5
	15,00	20,5	12,0 mín.	12,0 mín.	23,0
	18,00	16,0	12,0 mín.	12,0 mín.	21,5
30º	3,00	41,0	35,0	32,0	42,5
	6,00	36,5	27,5	23,0	39,5
	9,00	31,5	22,5	17,5	36,5
	12,00	27,5	18,5	12,5	33,5
	15,00	23,0	15,5	12,0 mín.	30,5
	18,00	18,0	12,0	12,0 mín.	27,5
40º	3,00	44,5	38,5	36,0	64,0
	6,00	40,0	32,0	27,5	58,5
	9,00	35,0	27,5	20,5	53,0
	12,00	30,0	23,5	15,5	47,5
	15,00	25,0	19,5	12,0 mín.	42,0
	18,00	19,5	15,5	12,0 mín.	36,5

* Esviaje medido como el número de grados sexagesimales que separa el camino secundario de la normal al camino principal.

502.10.02 Giros en U en torno al separador central

El diseño geométrico de carreteras, no debe considerar giros de esta naturaleza, por tratarse de maniobras que ponen en riesgo la seguridad vial; en todo caso, en las intersecciones a nivel de las autopistas, debe diseñarse rotondas u otra solución adecuada, para el retorno de los vehículos.

502.11 Islas

502.11.01 Generalidades

Las islas son áreas resultantes del diseño de una intersección a nivel y se constituyen en elementos básicos para el manejo y separación de conflictos. Se sitúan entre los carriles de circulación, teniendo como objetivo guiar el movimiento de los vehículos, servir de refugio a los peatones y proporcionar una zona para la ubicación de la señalización e iluminación; pueden estar delineadas por marcas o barras de resalto y también pueden ser elevadas sobre el pavimento, limitadas por sardineles.

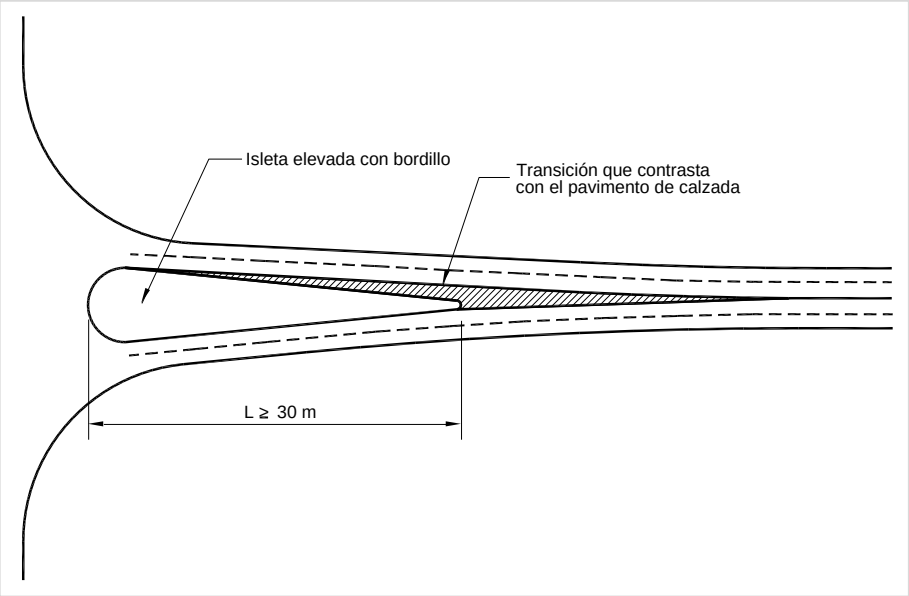
502.11.02 Tipos de islas

Las islas pueden agruparse en tres clases principales, según su función: divisorias o separadora; canalización, encauzamiento o direccionales y de refugio.

Islas divisorias o separadoras. Tienen forma de lágrima y se usan principalmente en las cercanías de las intersecciones, en carreteras no divididas, sirven asimismo para separar sentidos de circulación igual u opuesta. Deben tener una longitud mínima de 30 m y de preferencia 100 m o más.

Este tipo de isla, se emplea con frecuencia en carreteras sin división central, para avisar a los conductores de la presencia ante ellos de un cruce, a la vez que regulan el tránsito a través de la Intersección, en la **Figura 502.26** se muestra un ejemplo de isla divisoria o separadora con sardinel.

Figura 502.26
Isla divisoria o separadora con sardinel

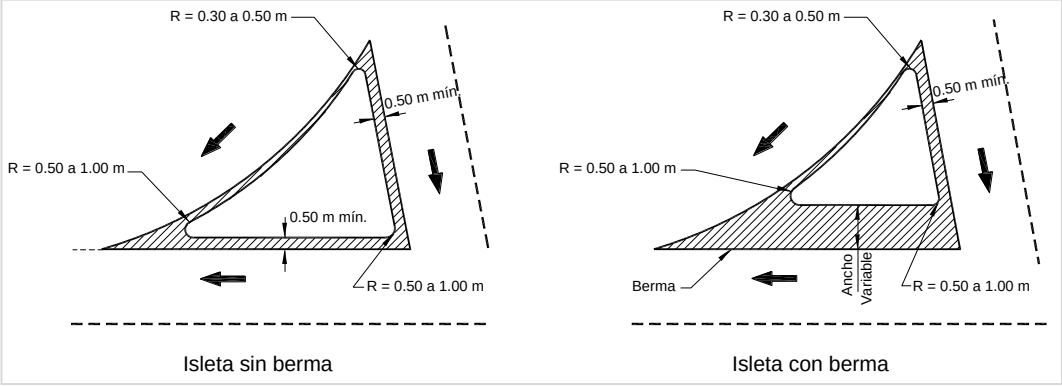


Islas de canalización, encauzamiento o direccional. Son diseñadas para controlar y dirigir los movimientos de tránsito, especialmente los de giro, determinan el recorrido correcto que debe seguir un conductor para efectuar un movimiento específico dentro de la intersección.

Pueden ser de diversas formas y tamaños, según las características y dimensiones de la intersección: triangulares, para separar giros a la derecha, y centrales, alrededor de las cuales los vehículos efectúan sus giros. Las islas centrales deben tener como mínimo entre 4,50 m^2 y 7,00 m^2, y las triangulares deben tener un lado, como mínimo de 2,40 m a 3,60 m.

En la **Figura 502.27** se muestra un ejemplo de Islas de canalización, encauzamiento o direccional.

Figura 502.27
Islas de canalización, encauzamiento o direccional



Islas refugio. Son las que sirven para proporcionar una zona de protección a los peatones, pueden emplearse para evitar cruces demasiado largos y facilitar los cruces por los ramales en intersección**.**

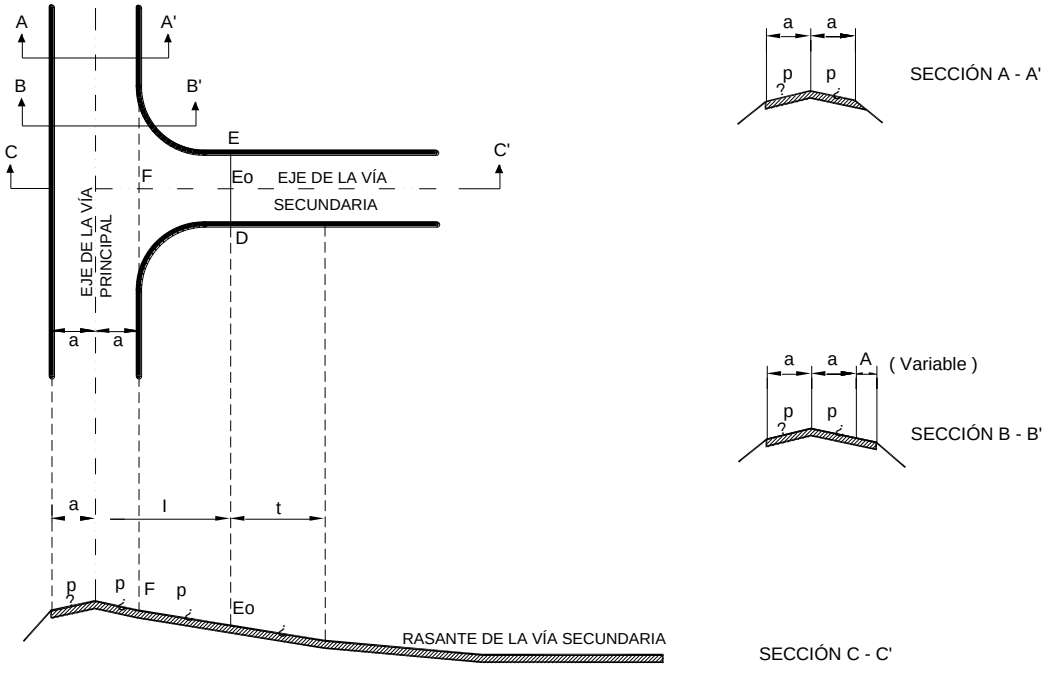
502.12 Perfil longitudinal de intersecciones

La **Figura 502.28**, muestra la solución del perfil longitudinal de una intersección en "T".

De dicha figura se puede anotar, que el perfil longitudinal de la vía secundaria, puede iniciarse en un punto cualquiera entre Eo y F, con lo cual, el plano en el que se inscribirá la intersección, seguirá siendo una prolongación del carril correspondiente, pero con una pendiente variable en el sentido del eje de la vía secundaria.

La pendiente inicial del perfil longitudinal de la vía secundaria, deberá ser de preferencia, la del carril prolongado. Sin embargo, en casos justificados, podrá permitirse diferencias de inclinación de hasta 4% en el caso de condición de parada, y de 0,5% en el caso de un "CEDA EL PASO"

Figura 502.28
Perfil longitudinal de una intersección en "T"



502.13 Intersecciones rotatorias o rotondas

502.13.01 Generalidades

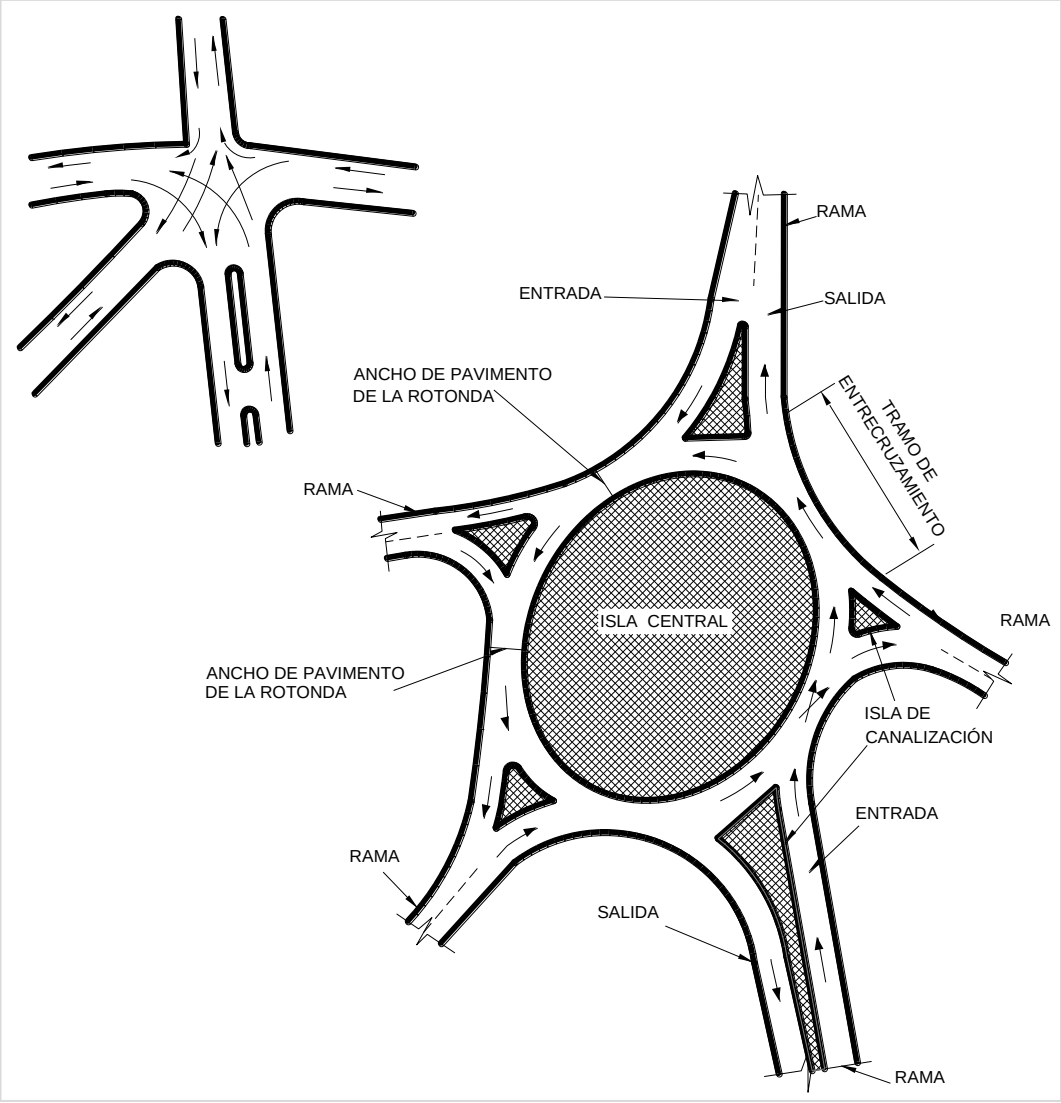
La intersección rotatoria a nivel, también conocida como rotonda o glorieta, se distingue porque los flujos vehiculares que acceden a ella por sus ramas, circulan mediante un anillo vial, en el cual la circulación se efectúa alrededor de una isla central. Las trayectorias de los vehículos en el anillo, son similares a los entrecruzamientos,

razón por la cual el número de puntos de conflicto, es menor que en otros tipos de intersecciones a nivel.

Las rotondas son ventajosas, si los volúmenes de tránsito de las ramas de acceso son similares, o si los movimientos de giro predominan sobre los de paso. En los tramos que las carreteras atraviesan zonas urbanas, las rotondas con semáforo, alivian congestiones por exceso de flujos o reparto desequilibrado de la demanda por rama.

En la **Figura 502.29**, presenta el esquema básico de una intersección tipo rotonda o glorieta.

Figura 502.29
Esquema básico de una intersección tipo rotonda o glorieta



502.13.02 Elementos de diseño en rotondas

- **Criterios generales:** El diseño de este tipo de solución, debe basarse en los estudios de tráfico correspondientes, en lo pertinente a la capacidad de la rotonda y el dimensionamiento de las secciones

de entrecruzamiento, para lo cual puede seguirse el siguiente procedimiento:

- Se propone una longitud de la sección de entrecruzamiento compatible con la geometría de la solución.
- Se determina la capacidad de cada sección de entrecruzamiento propuesta.
- Se compara dicha capacidad con el volumen de demanda de entrecruzamiento.

Para el cálculo de la capacidad de la sección de entrecruzamiento, Qp, se utiliza la fórmula de Wardrop:

$$Qp = \frac{\left[160W\left(\frac{1+e}{W}\right)\right]}{\left(1+\frac{W}{L}\right)}$$

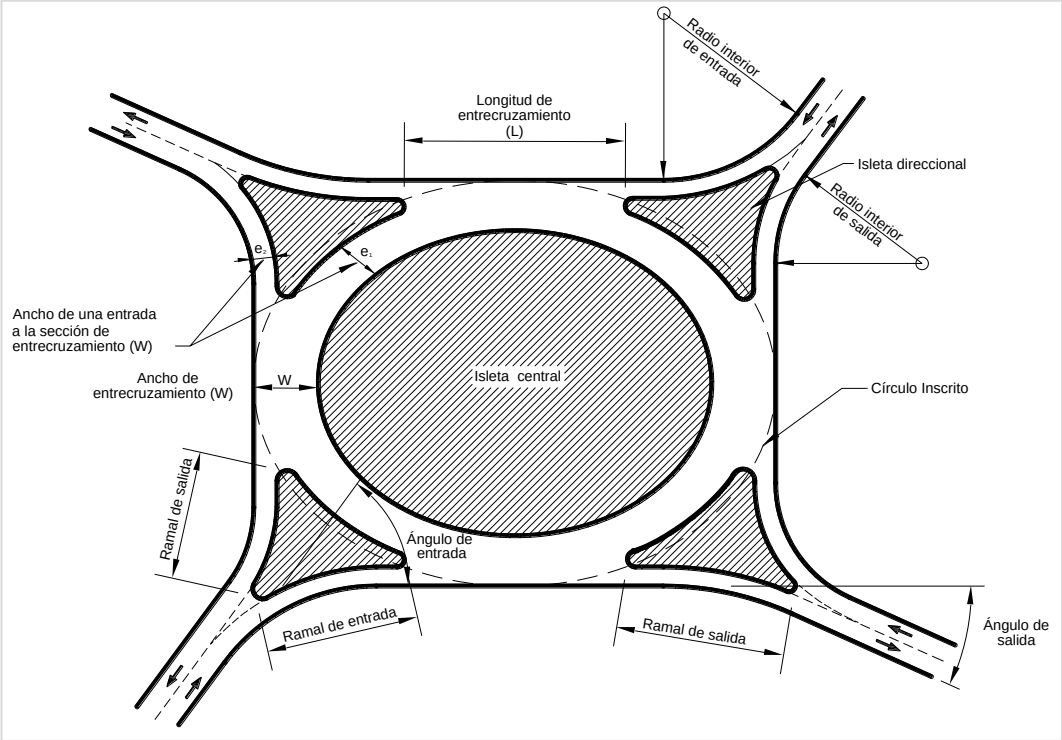
$$e = \frac{(e_1 + e_2)}{2}$$

Dónde:

Qp	:	Capacidad de la sección de entrecruzamiento, como tránsito mixto, en vehículos / hora.
W	:	Ancho de la sección de entrecruzamiento, en metros.
e	:	Ancho promedio de las entradas a la sección de entrecruzamiento, en metros.
e_1, e_2	:	Ancho de cada entrada a la sección de entrecruzamiento, en metros.
L	:	Longitud de la sección de entrecruzamiento, en metros.

En la **Figura 502.30**, se muestran los elementos contenidos en la fórmula de Wardrop.

Figura 502.30
Elementos contenidos en la formula de Wardrop



- **Criterios geométricos.** En la Tabla 502.14 se presentan los criterios de diseño geométrico aplicables a las glorietas.

Tabla 502.14
Criterios de diseño geométrico de rotondas

Descripción		Unidad	Magnitud
Diámetro mínimo de la isla central		m	25
Diámetro mínimo del círculo inscrito		m	50
Relación W/L (Sección entrecruzamiento)			Entre 0,25 y 0,40
Ancho sección entrecruzamiento (W)		m	Máximo 15
Radio interior mínimo de los accesos	De entrada	m	30
	De salida	m	40
Ángulo ideal de entrada			60°
Ángulo ideal de salida			30°

- **Islas direccionales**. El dimensionamiento de las islas direccionales será consecuencia de la geometría general de la solución; sin embargo, éstas deben tener como mínimo entre 4,50 m^2 y 7,00 m^2.
- Ramales de entrada y salida. Para el diseño de los ramales de entrada y salida, se aplicarán los criterios y dimensiones mínimas establecidas en el presente Manual, en lo relativo a anchos de calzada, bermas, peraltes, visibilidad y radios mínimos en función de la Velocidad de Diseño adoptada.

SECCIÓN 503

Intersecciones a desnivel

Es una solución de diseño geométrico, para posibilitar el cruzamiento de dos o más carreteras o con vías férreas en niveles diferentes, con la finalidad de que los vehículos puedan realizar todos los movimientos posibles de cambios de trayectoria de una carretera a otra, con el mínimo de puntos de conflicto posible.

Un paso a desnivel se construye, con el objeto de aumentar la capacidad o el nivel de servicio de intersecciones importantes, con altos volúmenes de tránsito y condiciones de seguridad vial insuficientes, o para mantener las características funcionales de un itinerario sin intersecciones a nivel.

Las intersecciones, deben contener las mejores condiciones posibles de seguridad, visibilidad, funcionalidad y capacidad.

En las autopistas de Primera Clase, es condición indispensable que toda intersección sea a desnivel, en cambio en las autopistas de Segunda Clase y carreteras de Primera Clase, es posible la combinación de intersecciones a nivel y desnivel.

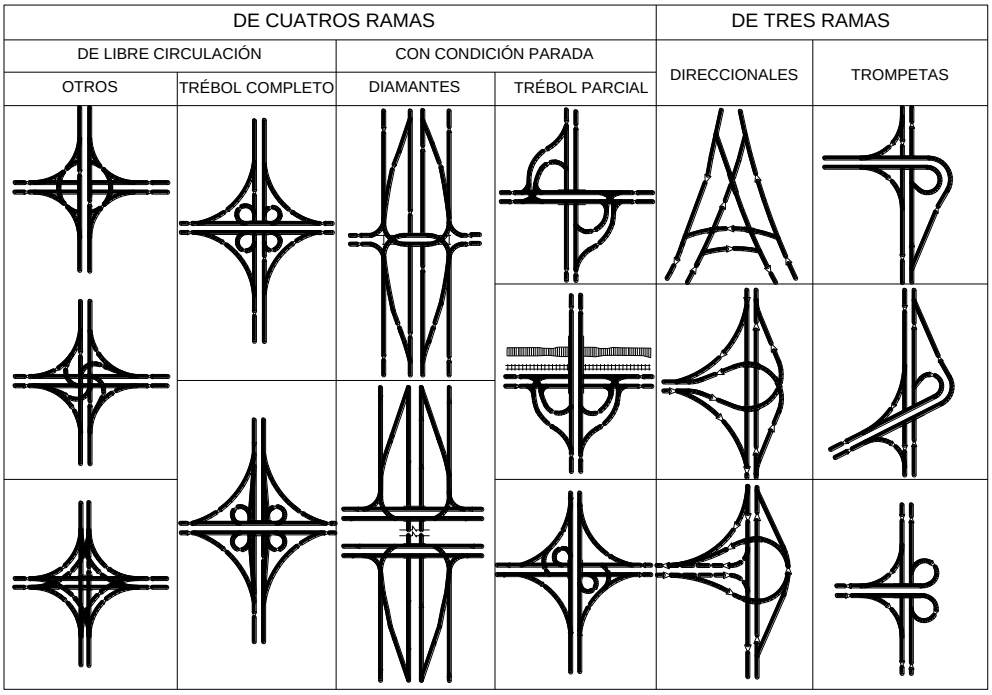
503.01 Clasificación y tipo de intersecciones a desnivel

La clasificación y tipo de intersecciones a desnivel son las siguientes:

- Intercambios de Tres Ramas: Tipo Trompeta "T", Direccionales en "T" y Direccionales en "Y".
- Intercambios de Cuatro Ramas con Condición de Parada: Tipo Diamante – Clásico, Tipo Diamante – Partido y Tipo Trébol Parcial (2 cuadrantes).
- Intercambios de Cuatro Ramas de Libre Circulación: Tipo Trébol Completo (4 cuadrantes), Rotatorios, Omnidireccionales, de Tipo Turbina y de más de Cuatro Ramas

La **Figura 503.01**, presenta diferentes tipos de intersecciones viales a desnivel.

Figura 503.01
Tipos de intersecciones a desnivel

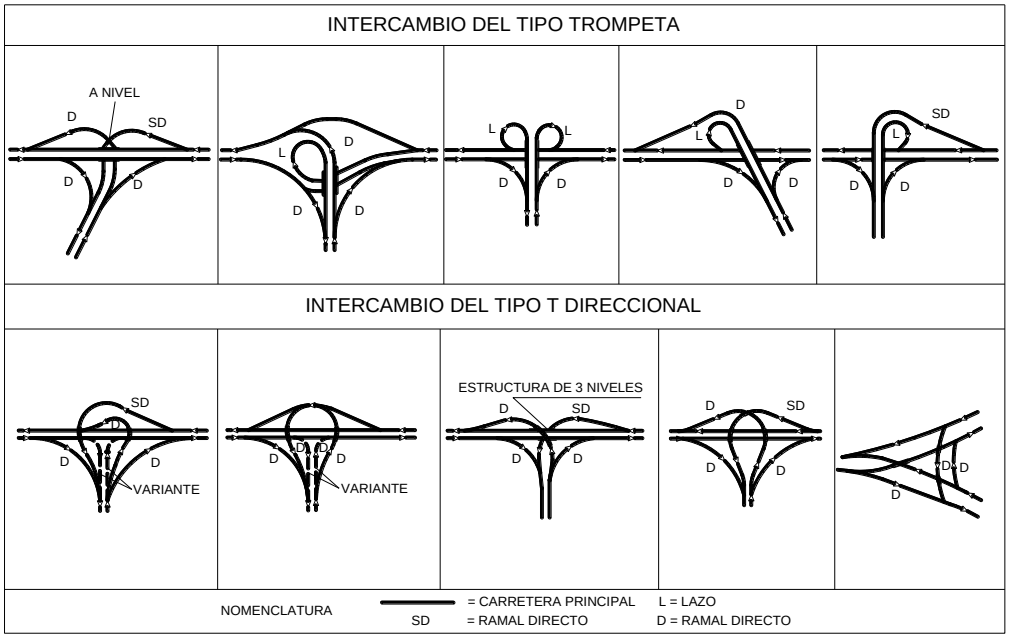


503.02 Intercambios de tres, cuatro y más ramas

503.02.01 Intercambios de tres ramas

Un intercambio de tres ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, perdiendo desde ese punto su continuidad. En la **Figura 502.02**, se muestran ejemplos de este tipo de intercambio.

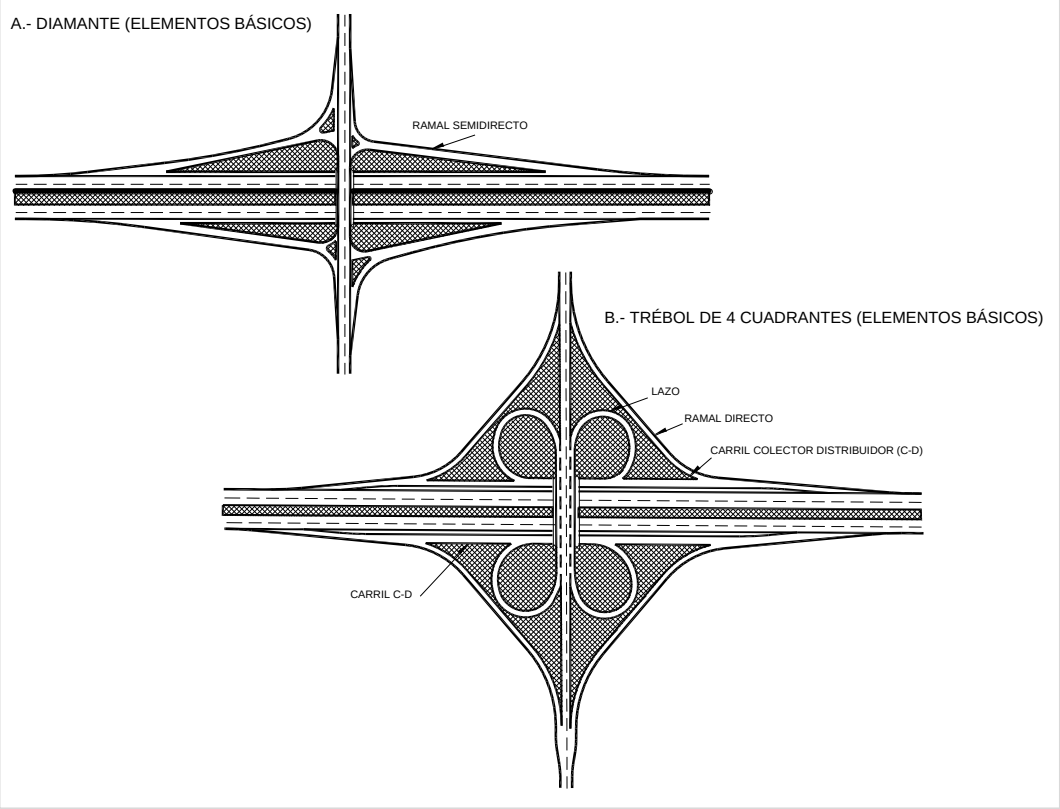
Figura 503.02
Intercambio de tres ramas



503.02.02 Intercambio de cuatro y más ramas

Un intercambio de cuatro ramas es característico de las situaciones en las que una carretera se incorpora a otra, sin perder su continuidad, con detención de algunos flujos de tránsito o libre circulación de todos los flujos. En la **Figura 503.03**, se presentan los dos tipos más característicos de intercambio con y sin condición de parada, los cuales son: tipo diamante y trébol.

Figura 503.03
Tipos característicos de intercambios de cuatro ramas (diamante y trébol)



En las **Figuras 503.04** y **503.05**, se presenta ejemplos de intercambio tipo diamante.

Figura 503.04
Intercambio de cuatro ramas tipo diamante clásico

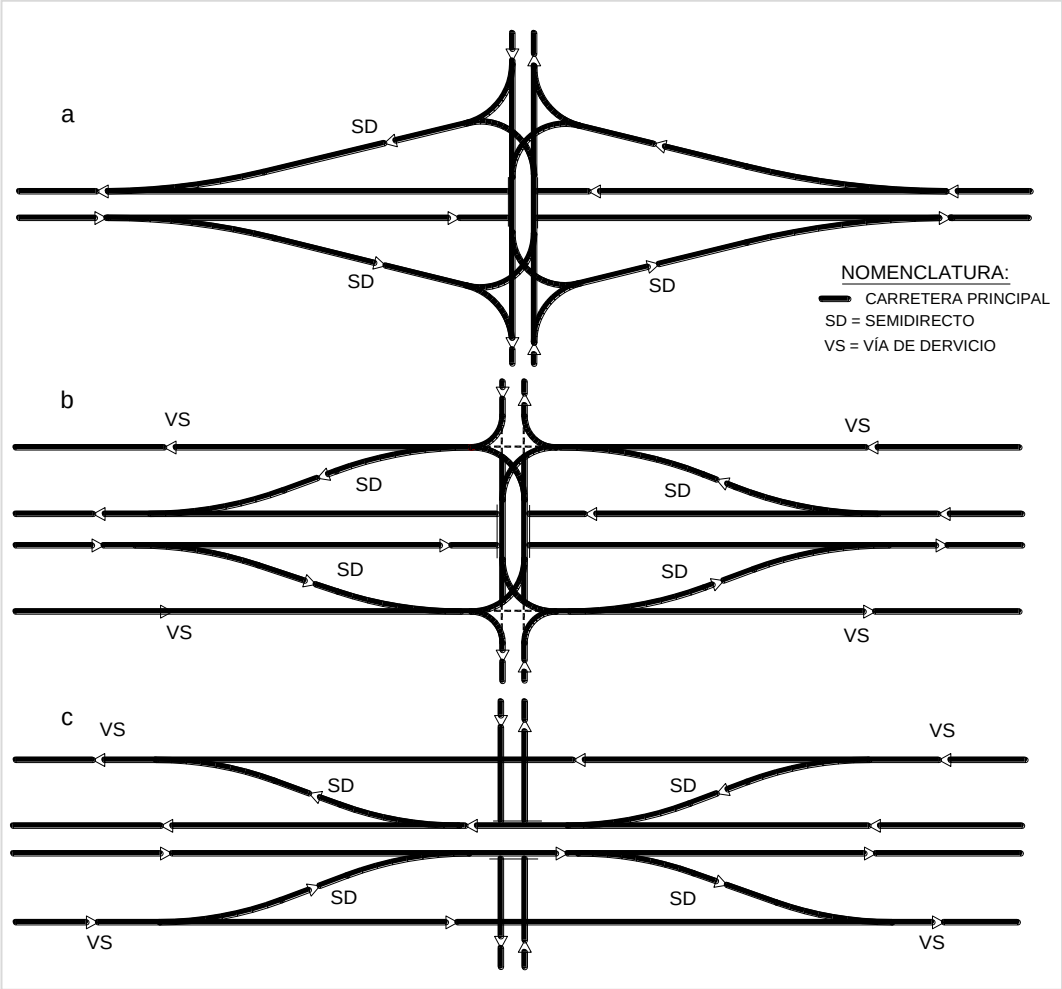
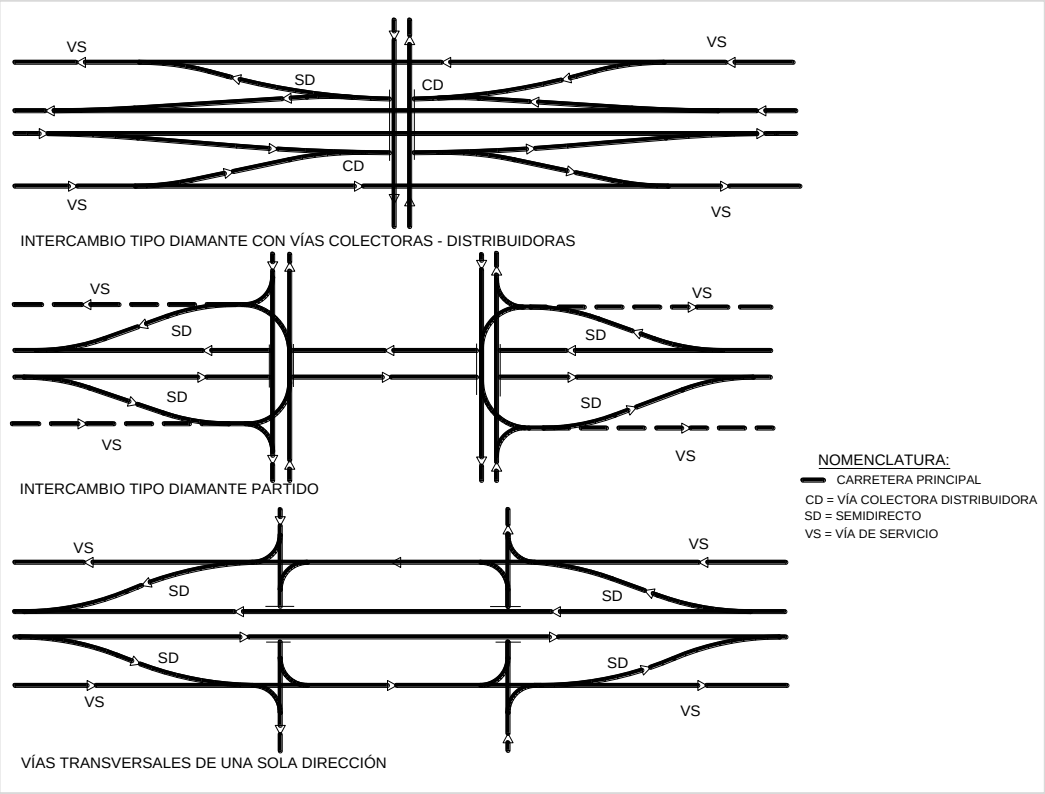


Figura 503.05
Modificaciones de intercambio de cuatro ramas tipo diamante



En las **Figuras 503.06**, **503.07** y **503.08**, se presenta ejemplos de intercambios de cuatro ramas tipo trébol.

Figura 503.06
Intercambios tipo trébol parcial

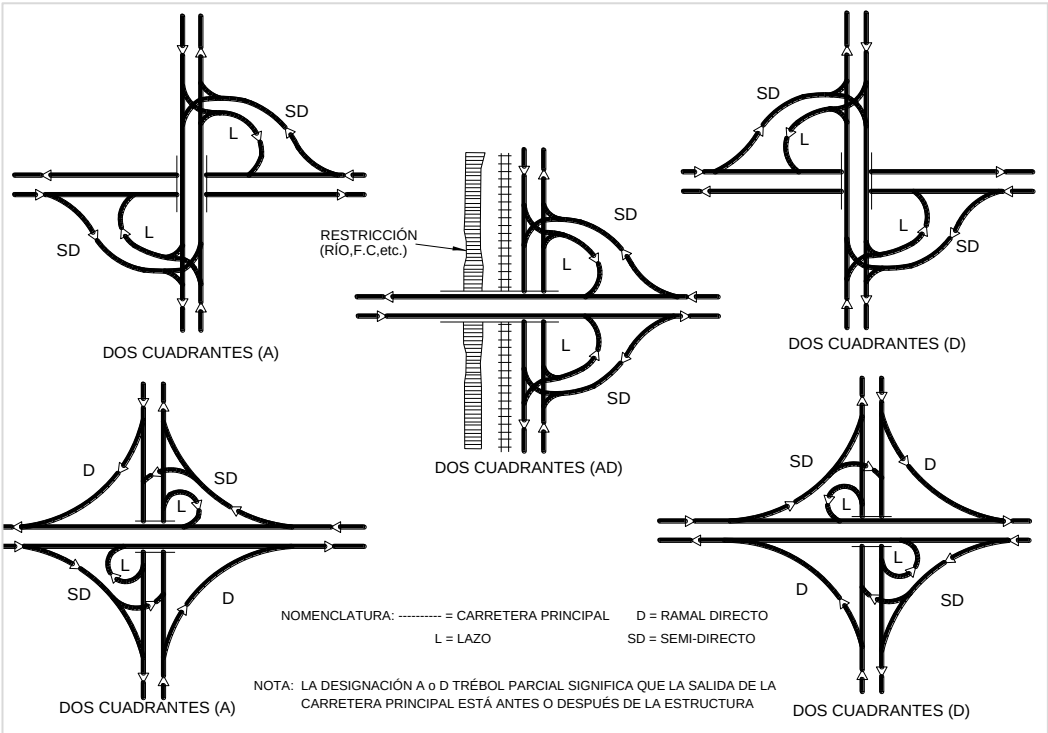


Figura 503.07
Intercambios tipo trébol simétricos de libre circulación

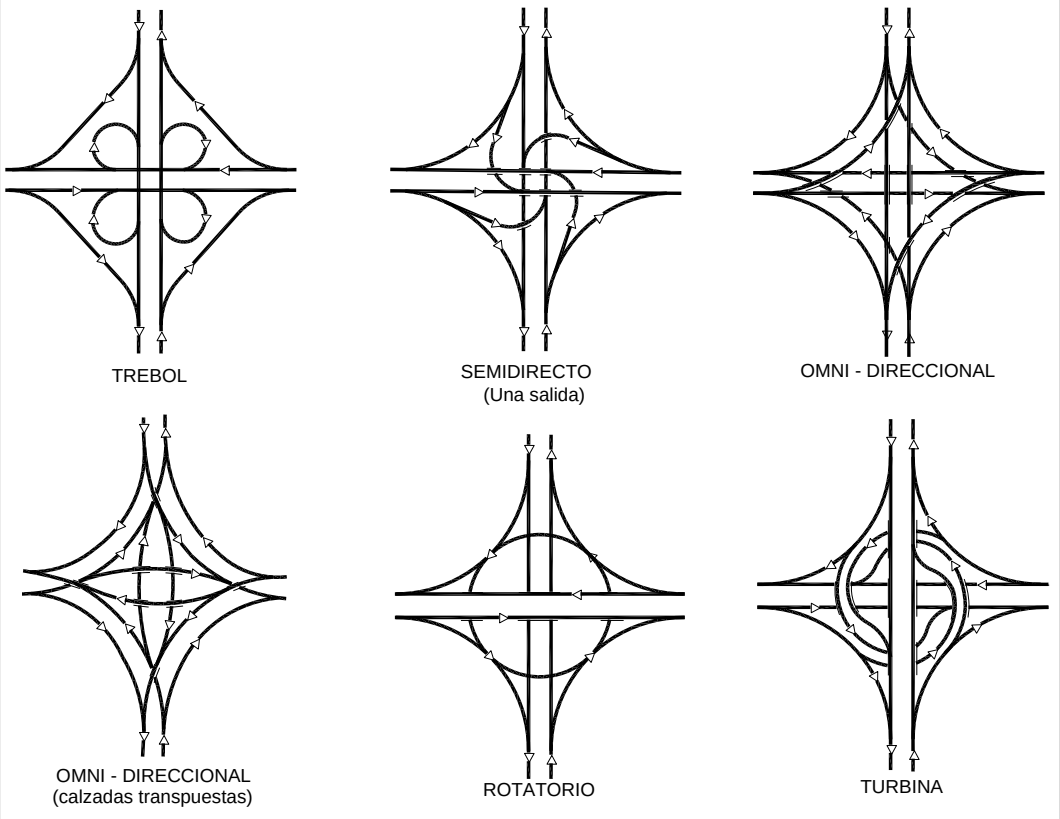
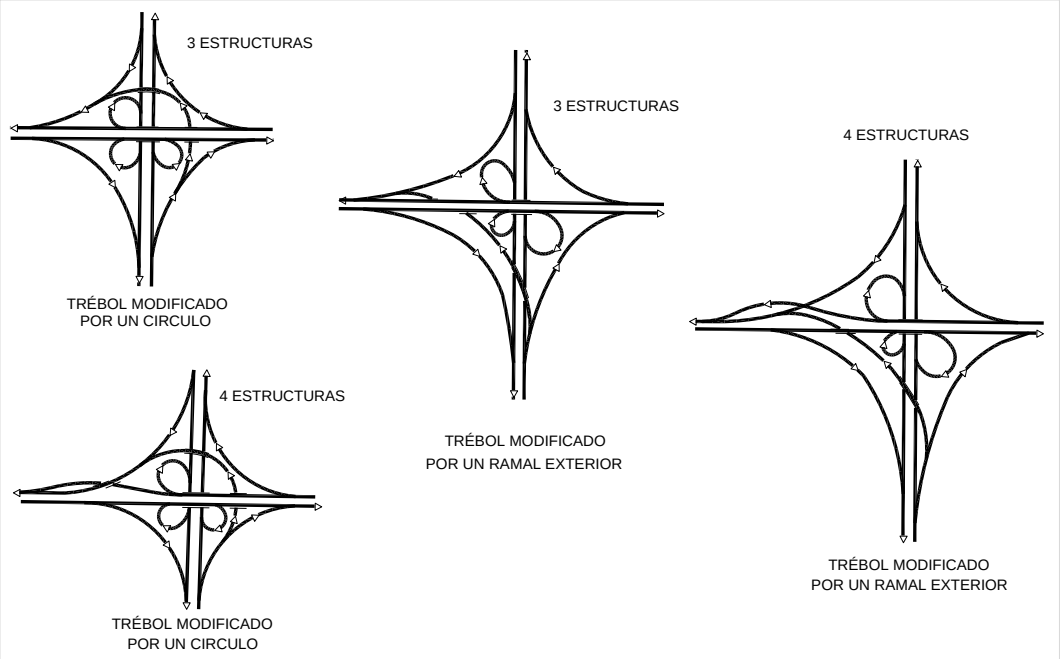


Figura 503.08
Intercambios tipo trébol no simétricos de libre circulación



En las **Figuras 503.09** y **503.10**, se presenta ejemplos de intercambios de más de cuatro ramas tipo trébol.

Figura 503.09
Intercambios de más de cuatro ramas con giros a la izquierda mayores a la capacidad de lazos

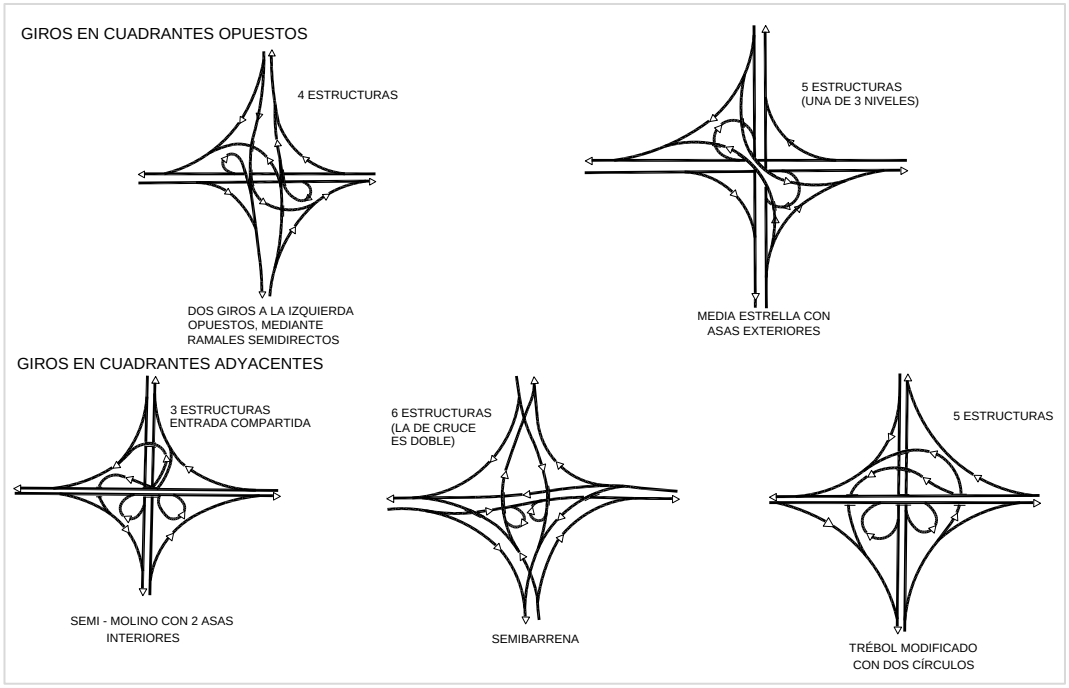
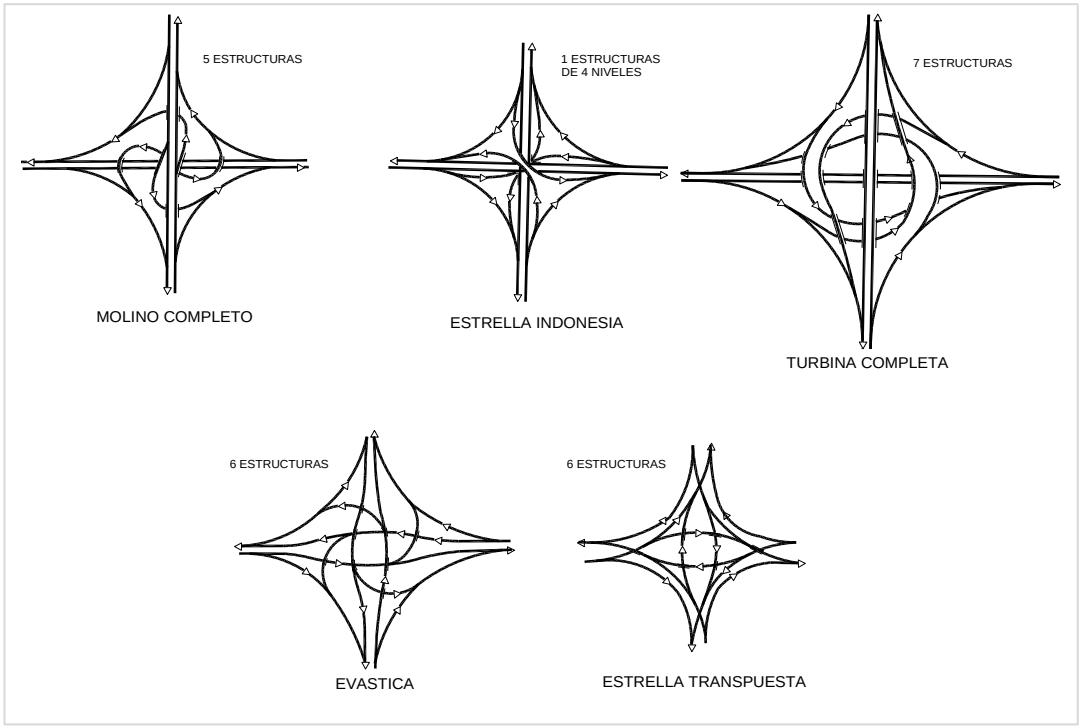


Figura 503.10
Intercambios de más de cuatro ramas con todos los giros a la izquierda

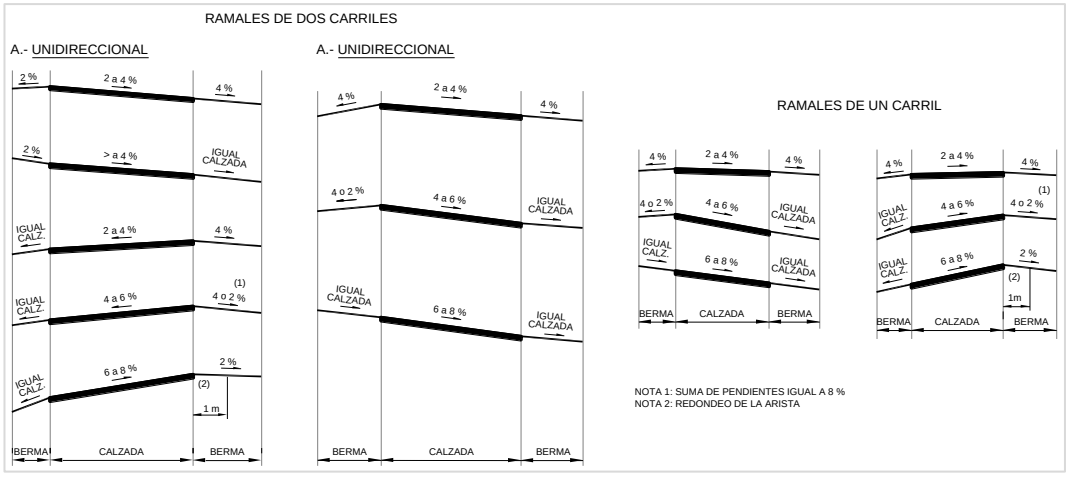


503.03 Ramales

Los ramales interconectan las vías involucradas en la intersección vial, pudiendo adoptar una variedad de formas, agrupándose básicamente en tres categorías en función a sus formas: ramales directos, semidirectos y de enlace.

La **Figura 503.11**, presenta ejemplos de secciones transversales de ramales.

Figura 503.11
Secciones transversales tipo de ramales



En la **Figura 503.12 y 503.13**, se presentan ejemplos de ramales directos, semidirectos y de enlace.

Figura 503.12
Ramales de enlace

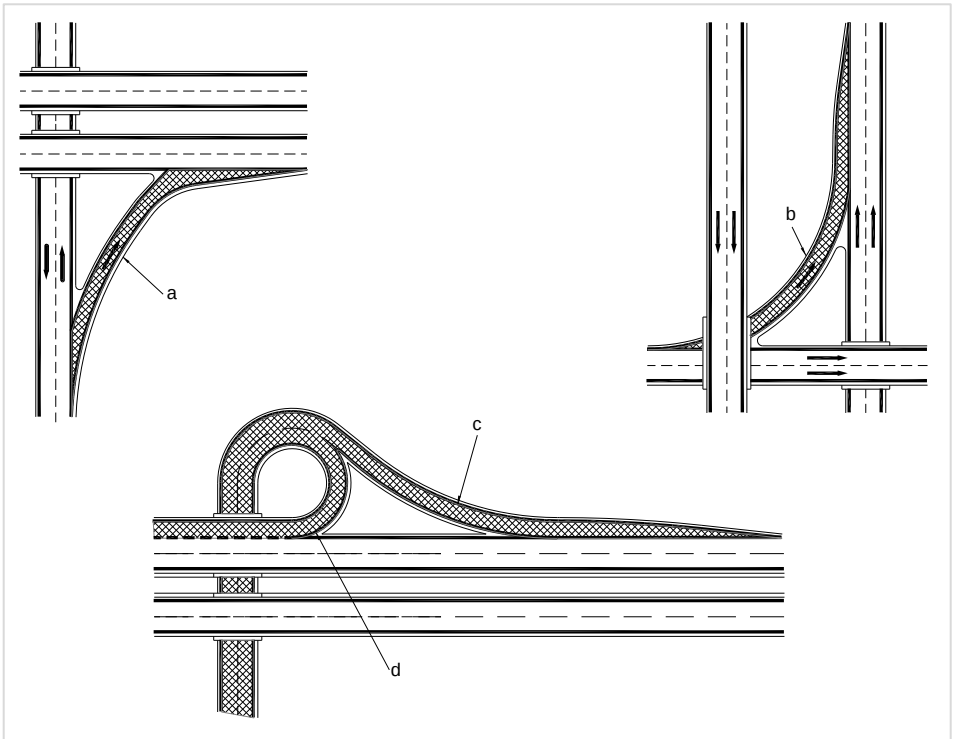
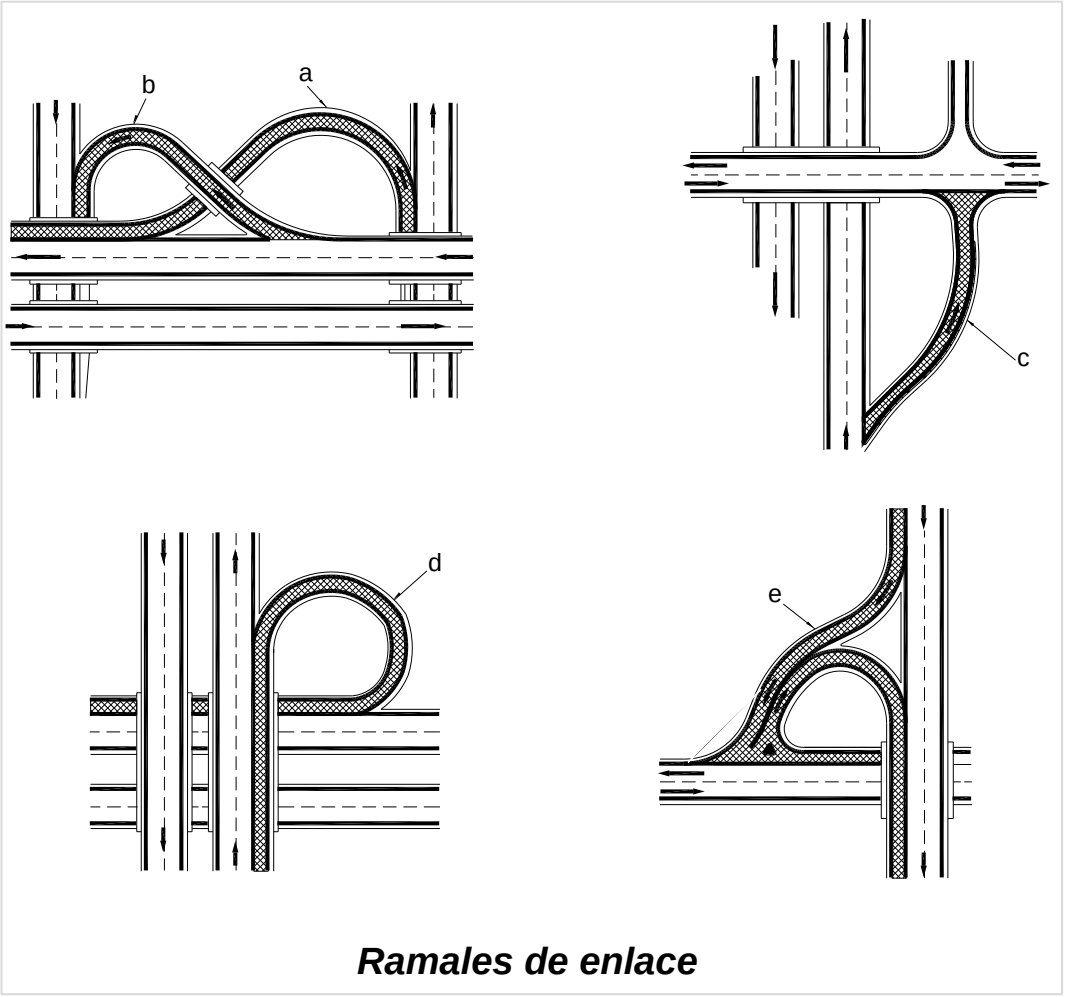
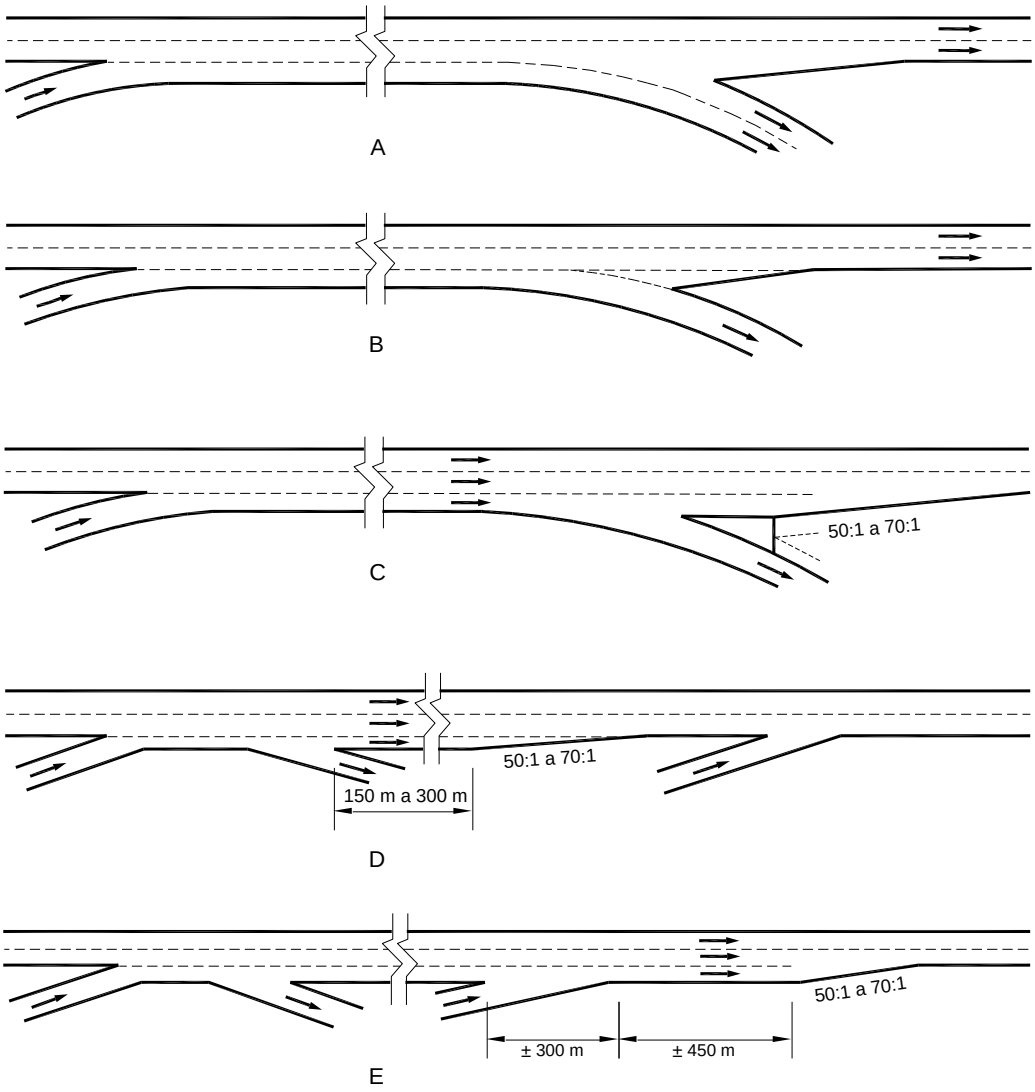


Figura 503.13
Ramales de enlace



En la **Figura 503.14**, se presentan otros tipos de ramales de enlace.

Figura 503.14
Otros tipos de ramales de enlace

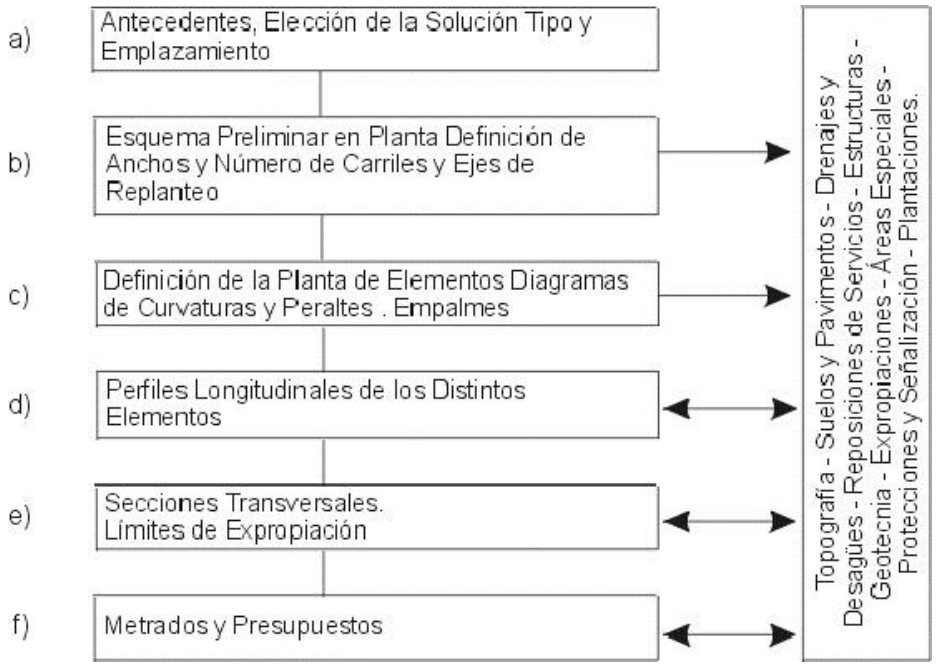


503.04 Criterios de diseño geométrico

503.04.01 Esquema general de diseño

En el **Esquema 503.01**, se presenta una secuencia general de las actividades que comprenden el diseño geométrico de un intercambio vial a desnivel.

Esquema 503.01
Secuencia general de actividades de diseño geométrico de un intercambio vial a desnivel



Las seis etapas del indicado esquema, contiene al lado izquierdo, el conjunto de actividades que abarcan el diseño propiamente dicho del intercambio vial a desnivel; en tanto que al lado derecho, considera las actividades que indirectamente interactúan con él y entre sí durante el diseño del proyecto.

503.04.02 Criterios generales de diseño

Para el diseño geométrico de una intersección a desnivel, se debe partir de los resultados del estudio de tráfico correspondiente.

a. Capacidad de las vías y flujos emergentes

En la **Tabla 503.01**, se indica la capacidad de las vías principales y de las vías de enlace en intersecciones a desnivel.

Tabla 503.01
Capacidad de las vías en intersecciones a desnivel

Tipo de Vía	Ancho del Carril (metros)	Capacidad por carril (vehículo/hora)
Vía Principal	3,60	1.500
Vía Secundaria	3,30	1.350
Vía de Enlace		1.200
Carril de Deceleración		1.200, Colocar señal informativa antes de llegar a la intersección (200 m).

Flujo emergente, es el máximo proveniente del carril más cercano anterior al punto de entrada, más el flujo de la vía secundaria que conecta a la principal. Por lo general dicho flujo está comprendido entre 1.300 y 2.000 vehículos/hora. Si el flujo que emerge es superior a 2.000 vehículos/hora, se debe proveer un carril adicional en la vía principal, más allá del punto de intersección.

b. Diseño en planta

Sección de entrecruzamiento

La sección de entrecruzamiento corresponde a aquella dónde se entrecruzan los distintos flujos vehiculares que siguen un mismo sentido de circulación, la cual consta del número mínimo de carriles que se requiere en la sección de entrecruzamiento, y la longitud mínima de la indicada sección de entrecruzamiento.

El número mínimo de carriles de entrecruzamiento, se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$N = \frac{(W1 + K\,W2 + F1 + F2)}{C}$$

Dónde:

N : Número de carriles de entrecruzamiento.

W1 : Volumen vehicular mayor que se entrecruza.

K : Factor de entrecruzamiento (1 a 3)

W2 : Volumen vehicular menor que se entrecruza.

F1, F2 : Flujos exteriores que no se entrecruzan.

C : Capacidad normal del carril de la vía principal.

Por último, es conveniente que para verificar la conveniencia técnica de la solución, se lleve a cabo el análisis con un modelo de simulación de tránsito, que permita examinar el funcionamiento de la intersección en conjunto con la malla vial aledaña.

En la **Tabla 503.02**, se presentan volúmenes vehiculares por hora de servicio, correspondientes a la calidad del flujo deseado.

Tabla 503.02
Volúmenes vehiculares de servicio según calidad de flujo

Calidad de Flujo	C: (Volumen por carril)
I	2.000
II	1.900
III	1.800
IV	1.700
V	1.600

La calidad de flujo deseado, equivale a lo que se denomina niveles de servicio en la capacidad de las carreteras con tránsito ininterrumpido. La **Tabla 503.03**, presenta la relación existente entre el nivel de servicio y la calidad de flujo en los tramos de entrecruzamiento.

Tabla 503.03
Relación entre el nivel de servicio y la calidad de flujo en tramos de entrecruzamiento

Nivel de servicio	Calidad de flujo en tramos de entrecruzamiento			
	Autopistas		Carreteras de dos carriles	Vías urbanas
	En la propia carretera	Carreteras conexión, colectoras, distribuidoras y de enlace		
A	I-III	II-III	II	III-IV
B	II	III	II-III	III-IV
C	II-III	III-IV	III	IV
D	III-IV	IV	IV	
E	IV-V	V	V	IV
F		Insatisfactorio		V

La longitudes mínimas de la sección de entrecruzamiento, se presentan en la **Tabla 503.04**, y que corresponden a los siguientes valores mínimos absolutos: V = 50 km/h, C=1700 y K=3.

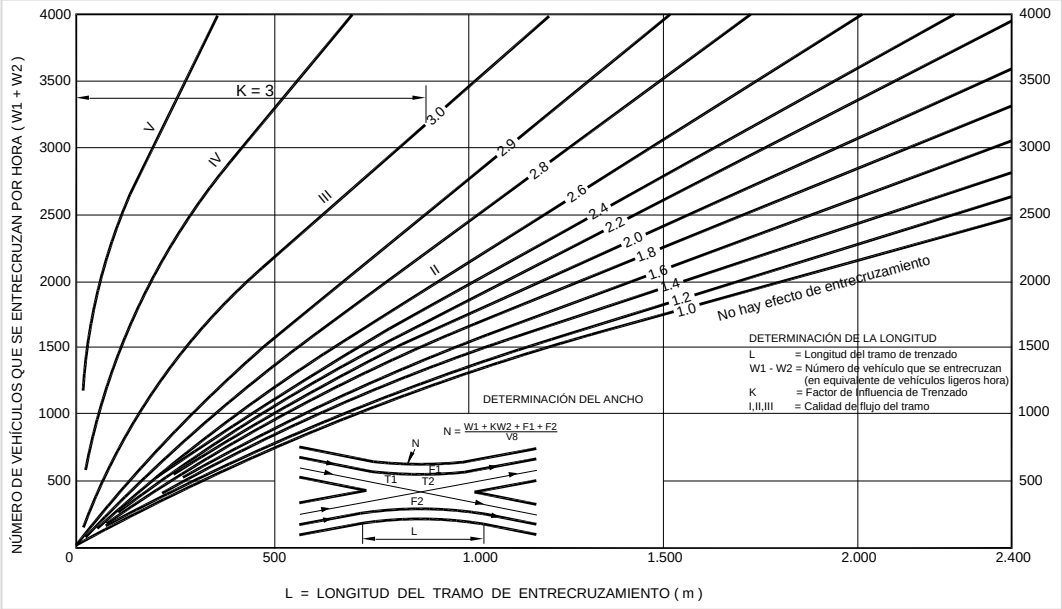
Tabla 503.04
Longitudes mínimas de entrecruzamiento

Volumen de Entrecruzamiento = W1 + W2 (vehículo/hora)	Longitud Mínima de la sección de entrecruzamiento (m)
1.000	75
1.500	120
2.000	200
2.500	290
3.000	410
3.500	565

Es factible proporcionar longitudes mayores que las mínimas indicadas en la tabla que antecede, en tales casos puede hacerse una corrección en el número de carriles, cambiando el valor de K por

el que corresponda en la **Figura 503.15**, al usar una mayor longitud de entrecruzamiento.

Figura 503.15
Longitudes mayores de entrecruzamiento



En el análisis de las secciones de entrecruzamiento, debe tenerse en consideración lo siguiente:

- Cuando N es menor que 3, para un volumen total con un volumen exterior superior a 600 vehículos/hora, se debe suministrar un carril adicional para el flujo exterior.
- Cuando N es menor que 4, para un volumen total con dos volúmenes exteriores superiores a 600 vehículos/hora (cada uno), se debe suministrar un carril adicional a cada uno.
- No se tendrá en cuenta el entrecruzamiento, si la distancia en metros entre las vías de entrada y salida es igual o superior a 0,8 veces el volumen horario que se entrecruza.
- Dónde emergen dos vías, el número de carriles más allá del punto de entrada, no debe ser menor que la suma de los carriles de las calzadas que emergen menos uno (1).
- Más allá del punto de salida, el ancho de la calzada principal no se debe reducir en más de un carril.

Balance de carriles

En el diseño de intersecciones a desnivel, debe efectuarse un balance de carriles, que contemple lo siguiente:

- La distancia entre puntos de salida sucesivos, debe ser al menos, la longitud del carril que interviene en el cambio de velocidad y debe incrementarse hasta dónde sea necesario, para facilitar las maniobras y la señalización.

- La distancia mínima entre puntos consecutivos de entrada y salida, debe ser 180 m.
- El ángulo deseable entre la vía de enlace o secundaria y la calzada de la vía principal, debe estar entre 4° y 5º.
- La longitud mínima de las narices de entrada y salida, debe ser de 45 m.
- Si después de una punta de salida, el ancho de la vía principal se reduce en un carril, la reducción debe hacerse mediante una línea diagonal cuya longitud sea superior a 90 m, medidos a partir de la nariz de salida.

Carriles de cambio de velocidad

Los carriles de cambio de velocidad, deben ubicarse en los tramos en tangente y dónde los estándares del trazo longitudinal y del nivel de visibilidad son altos, no se deben ubicar en los alineamientos curvos de la vía principal.

Vías de enlace

En la **Tabla 503.05** se presentan los criterios correspondientes a velocidad de diseño, ancho de la calzada y pendiente en vías de enlace de intersecciones a desnivel.

Tabla 503.05
Velocidad de diseño, ancho de calzada y pendiente en vías de enlace

Descripción	Criterio	
Velocidad de diseño	Adecuarla a la demanda de tránsito para lograr una capacidad suficiente y, por homogeneidad, se procurará que no sea inferior a la mitad de la velocidad correspondiente a la vía de la que procede. Si es un enlace, mínimo 25 km/h.	
Ancho de calzada	Mínimo 4,0 m de calzada. Si el volumen de tránsito amerita el suministro de una vía de enlace con dos carriles, el ancho de la calzada se debe incrementar a 7,20 m.	
Sobreancho	No serán de aplicación los correspondientes a las vías principales y únicamente para radios menores de 30,0 m el ancho de calzada será de 4,50 m.	
Pendiente	Normal < 5%	
	Máxima.	8% tránsito liviano. 5% mayor porcentaje de tránsito pesado

La **Tabla 503.06**, contiene valores mínimos de velocidades de diseño en ramales de enlace.

Tabla 503.06
Valores mínimos de velocidades de diseño en ramales de enlace

		Enlaces directos entre autopistas				Enlaces directos				Enlaces semidirectos					Lazos	
		V.D Carretera de destino (km/h)														
		80	100	120	40	60	80	100	120	40	60	80	100	120	40-80	100-120
V.D Carretera de origen (km/h)	40					30	30	35	40		30	30	35	40	25	30
	60				30	35	40	45	50	30	35	40	45	30	35	
	80	60	65	70	45	50	55	60	40	45	50	35				
	100	70	80	70	60	40										
	120	80	90	100	80	70	50									

Notas:

a) Las velocidades de diseño de enlace indicadas en la tabla son las mínimas deseables, las que pueden disminuir en 5 km/h cada vez, hasta un mínimo de 25 km/h; es aplicable desde 40 km/h, a cualquier velocidad de diseño de la carretera de destino.

b) Para Velocidades de diseño de una o ambas vías, que sean intermedias entre los valores dados, se deberá interpolar.

c) Si el ramal es de doble sentido, se aplica el valor que corresponda al sentido más exigente.

La **Tabla 503.07** contiene valores de radios mínimos con peraltes máximos en ramales de enlace.

Tabla 503.07
Radios mínimos con peraltes máximos en ramales de enlace

V Ramal (km/h	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
ƒ máx %	31	28	25	23	21	19	18	17	16	15	14	13	13
p máx %	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7,5	7	6,5	6,5
R mín adoptado	15	20	30	40	55	75	90	120	140	170	240	330	400

En la **Tabla 503.08**, se presentan valores de parámetros mínimos ($A_{mín}$) de clotoides de transición, para determinadas velocidades de diseño y radios mínimos.

Tabla 503.08
Parámetros mínimos de clotoides

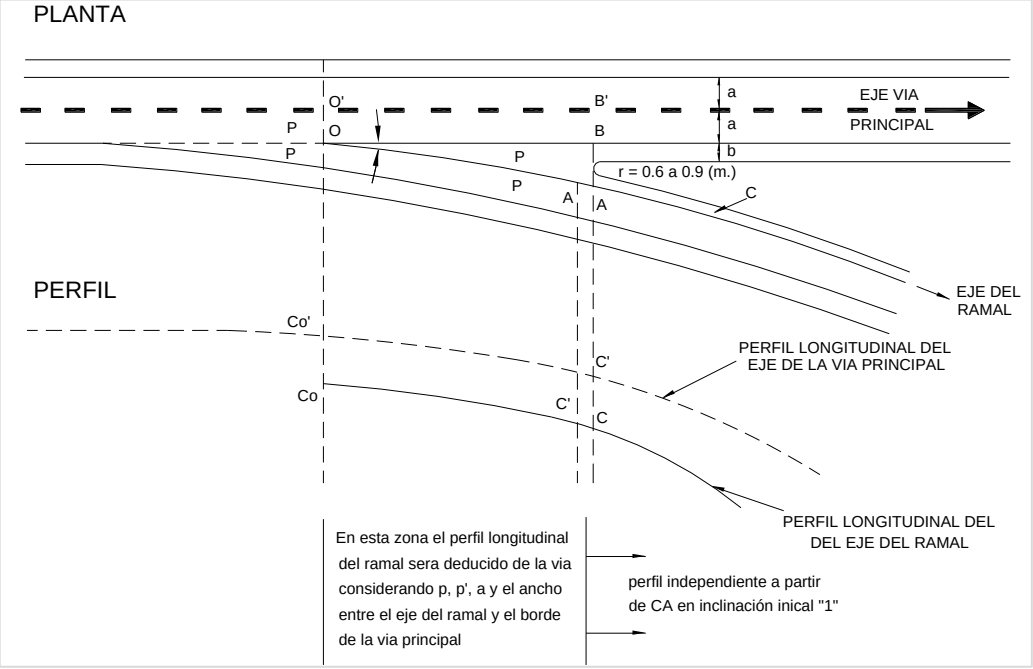
Vp Ramal (km/h)	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100
R mín (m)	25	35	45	60	75	90	120	170	240	330	400
A mín (m)	20	30	35	40	50	60	70	100	135	160	190

c. Diseño en perfil

El diseño en perfil de un intercambio a desnivel, debe cumplir con los criterios, parámetros y demás disposiciones establecidas en el

presente Manual, para el Diseño Geométrico en Perfil (**Sección 303**). En la **Figura 503.16**, se muestra el detalle en planta y perfil de un ramal.

Figura 503.16
Planta y perfil de un ramal



Dónde:

a : Ancho carril vía principal

O : Origen del eje ramal (en este caso, sobre el borde de la calzada)

O' : Proyección de O sobre el eje de la vía principal

p : Peralte del carril contiguo al ramal

p_1 : Inclinación transversal de la punta (de preferencia igual a p)

p_2 : Peralte del ramal (es variable en la zona de transición)

AB : Ancho de la punta en la nariz: distancia entre bordes de calzada a partir del cual el eje longitudinal del ramal se independiza. En este caso: c + b + 0.6 < AB < c + b + 0.9.

A' : Punto próximo a A dentro de la cuña y sobre el eje del ramal (AA´@ 1 m).

$C_{O'}$: Cota de $_{O'}$

C_O : Cota de origen del ramal ($C_o = C_{O'} \pm a\ p$)

$C_{B'}$: Cota del eje de la vía principal en la nariz (en B´)

C_B : Cota del borde del carril en la nariz ($C_B = C_{B'} \pm a\ p$)

C_A : Cota de partida del perfil longitudinal del ramal en su zona independiente ($C_B \pm AB \cdot p_1$)

$C_{A'}$: Cota del puente A´ (Se deduce igual que C_A)'

i : Pendiente inicial del P.L. del ramal en su zona independiente i = (C_A - $C_{A'}$)/AA'

En la **Tabla 503.09** se presenta los parámetros mínimos para el perfil longitudinal de ramales, en función a la velocidad de diseño.

Tabla 503.09
Parámetros mínimos para el perfil longitudinal de ramales

V Ramal (km/h)	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90	100
Distancia de visibilidad de parada (m)	20	26	32	39	47	55	65	75	85	95	120	145	175
K Convexo(m)	300	300	300	400	525	700	1.000	1.400	1.700	2.200	3.500	5.000	7.200
K Cóncavo (m)	250	350	450	600	800	1.000	1.200	1.500	1.750	2.000	2.700	3.400	4.200
L mínimo (m)	15	20	20	22	25	28	32	35	40	50	60	80	100
Inclinaciones máximas de rasante (%)	± 8,0	± 8,0	± 8,0	± 8,0	± 7,5	± 7,0	± 6,5	± 6,0	± 6,0	± 5,5	± 5,0	± 4,5	± 4,0

Notas:

a) Los parámetros mínimos recomendables para una V dada, son aquellos correspondientes a la V 10 km/h superior.

b) En lugares dónde se prevean formaciones de hielo, las pendientes no deben exceder el 6%.

c) K = L/A, L= Longitud de curva vertical, A= Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

d. Diseño de la sección transversal

El diseño de la sección transversal de un intercambio a desnivel, debe cumplir con los criterios, parámetros y demás disposiciones establecidas en el presente Manual, para el Diseño Geométrico de la Sección Transversal (**Sección 304**).

La **Tabla 503.10**, presenta valores de la máxima diferencia algebraica que debe existir entre la inclinación transversal del carril de la carretera de paso y el peralte del ramal de giro, en su arista común.

Tabla 503.10
Máxima diferencia algebraica entre inclinación transversal del carril de la carretera de paso y el peralte del ramal de giro en su arista común

Velocidad de diseño en ramal (km/h)	Diferencia Algebraica ($P_{carretera} - P_{ramal}$) %
25 – 30	5 – 8
40 – 50	5 – 6
>60	4 – 5

SECCIÓN 504

Diseño geométrico de atravesamiento de zonas urbanas

El diseño geométrico de una carretera en su paso por zonas urbanas, debe cumplir con los criterios, parámetros y demás disposiciones establecidas en el presente Manual, tanto para vehículos como para peatones.

En la **Tabla 504.01**, se presentan valores de diseño geométrico, para atravesamiento de zonas urbanas, para las velocidades de diseño indicadas en la misma.

Tabla 504.01
Valores de diseño geométrico para cruce de carreteras por zonas urbanas

Descripción		Unidad	Velocidad de diseño (km/h)		
			80	60	50
Distancia mínima de visibilidad	De parada	m	130	90	70
	De paso	m			
Pendiente longitudinal	Máxima	%	7,0	7,0	7,0
	Mínima	%	0,5	0,5	0,5
Curvas verticales	k mín. paso=L/A	m/%			50
	K mín. parada=L/A	m/%	15	10	5
	Longitud mínima	m	45	35	25
Peralte máximo		%	7	7	7
Eliminar bombeo no favorable si el radio es menor que		m	1.830	1.220	810
Emplear curva de transición si el radio es menor que		m	600	325	225
Distancia mínima a un obstáculo lateral desde el borde de la calzada		m	0,8	0,8	0,8
Altura mínima de pasos peatonales subterráneos.		m	2,50	2,50	2,50
Entretangencia entre curvas de distinto sentido		m	110	80	80
Entretangencia entre curvas del mismo sentido.		m	220	170	140
Intersecciones no semaforizadas: radio mínimo en las esquinas		m	15	15	5
Intersecciones semaforizadas	Ancho en zona Peatonal	m	3,0 a 5,0 depende del flujo peatonal		
	Ancho en tramos en tangente	m	3,0 mínimo 4,0 máximo		
	Ancho de carril en tramos en curva	m	4,5 mínimo 6,0 máximo		

CAPITULO VI

COORDINACIÓN DEL TRAZO EN PLANTA Y PERFIL, Y CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

SECCIÓN 601

Coordinación del trazo en planta y perfil

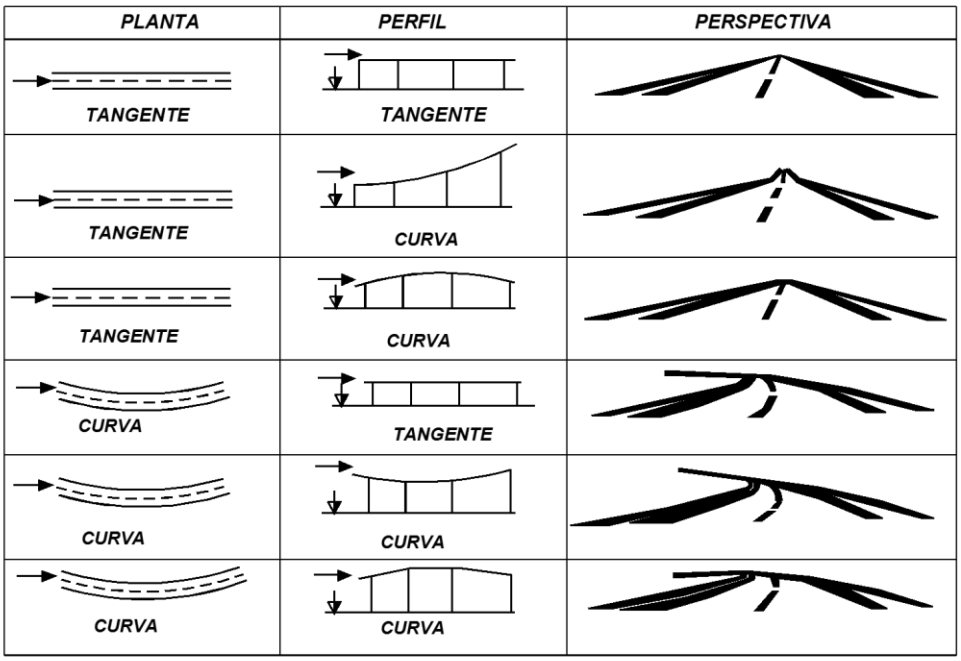
601.01 Generalidades

Las normas precedentes tiene por objeto lograr un diseño geométrico de buena calidad, es decir con niveles adecuados de visibilidad, comodidad y seguridad, lo cual conlleva a una correcta elección de los elementos en planta y perfil, que configuran el trazado. No obstante, la norma aplicada por separado al diseño en planta y perfil, no asegura un buen diseño, puesto que por ejemplo, cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la curvatura horizontal pueden conllevar a una serie de depresiones no visibles al conductor del vehículo. Por ello, es necesario estudiar sus efectos combinados, aplicando criterios de compatibilización y funcionamiento.

La ejecución de las combinaciones posibles de los elementos verticales y horizontales del trazado, con su correspondiente apariencia en perspectiva, para la totalidad de un trazado no es siempre factible ni indispensable; en la mayoría de los casos, basta con respetar las normas aquí consignadas para evitar efectos contraproducentes para la seguridad y la estética de la vía.

La superposición de los elementos del trazado en planta y perfil, unidos a las características transversales de la carretera, constituye una visión tridimensional o espacial, denominada también perspectiva. En la **Figura 601.01**, se muestra combinaciones de los elementos verticales y horizontales del trazado, con su correspondiente apariencia en perspectiva.

Figura 601.01
Combinaciones en planta y perfil, y su perspectiva



601.02 Criterios generales de diseño

Para conseguir una adecuada coordinación de los elementos del trazado en planta y perfil, se tendrá en consideración los siguientes criterios generales:

1. Los puntos de tangencia de toda curva vertical, en coincidencia con una curva horizontal, estarán situados dentro de la clotoide en planta y lo más próximos al punto de radio infinito. En general los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo.

2. Debe cumplirse la siguiente relación:

$$5A \leq \frac{L}{R} \leq 10A$$

Dónde:

L: Longitud de curva vertical (m)

A: Valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes (tanto x 1)

R: Radio de curva circular en planta (m)

3. En carreteras con velocidad de diseño igual o menor a 60 km/h, debe cumplirse la siguiente condición:

$$L = \frac{100\ A\ R}{p}$$

Dónde:

p :Peralte correspondiente a la curva circular (%)

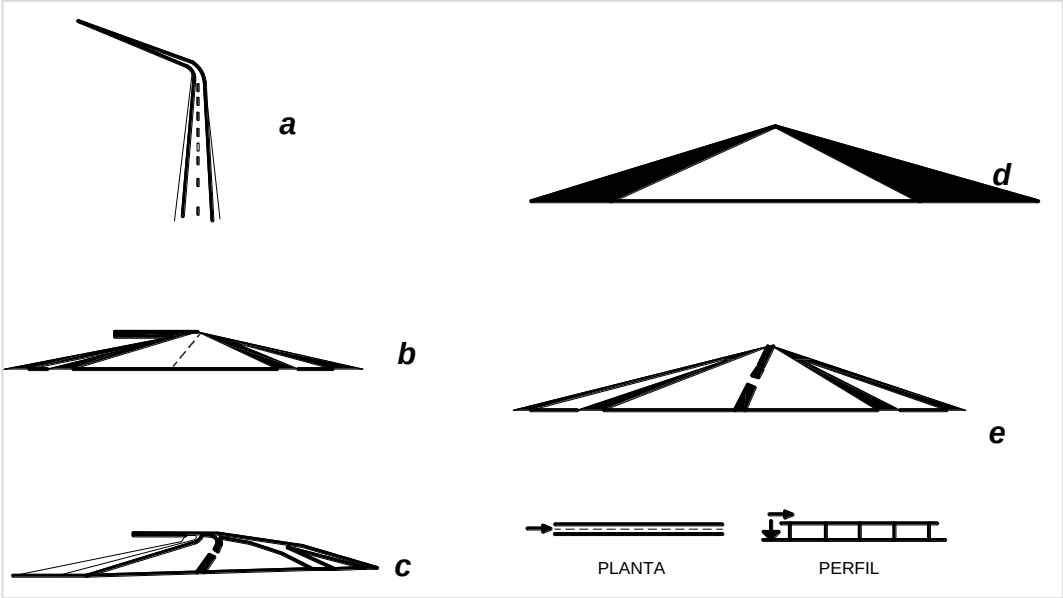
L, A y R :Ídem, numeral anterior (2)

601.03 Casos de coordinación del trazo en planta y perfil

A continuación se presentan casos recomendables y no deseables de coordinación de los elementos del trazado en planta y perfil:

1) En la **Figura 601.02**, se muestran imágenes en perspectiva o guía óptica de combinación de elementos de trazado en planta y perfil. En **(a)**, se aprecia el empleo de una curva en planta de pequeño desarrollo entre dos alineamientos rectos largos; en **(b)**, se aprecia dicho fenómeno; y en **(c)**, queda resuelto el mismo, mediante la utilización de curvas de acuerdo a radios de curvatura más amplios. Asimismo en **(d)** y **(e)**, se muestran dos plataformas en perspectiva, la primera, sin demarcación horizontal, contrasta negativamente con la otra cuyas bandas pintadas ofrecen una mejor guía óptica.

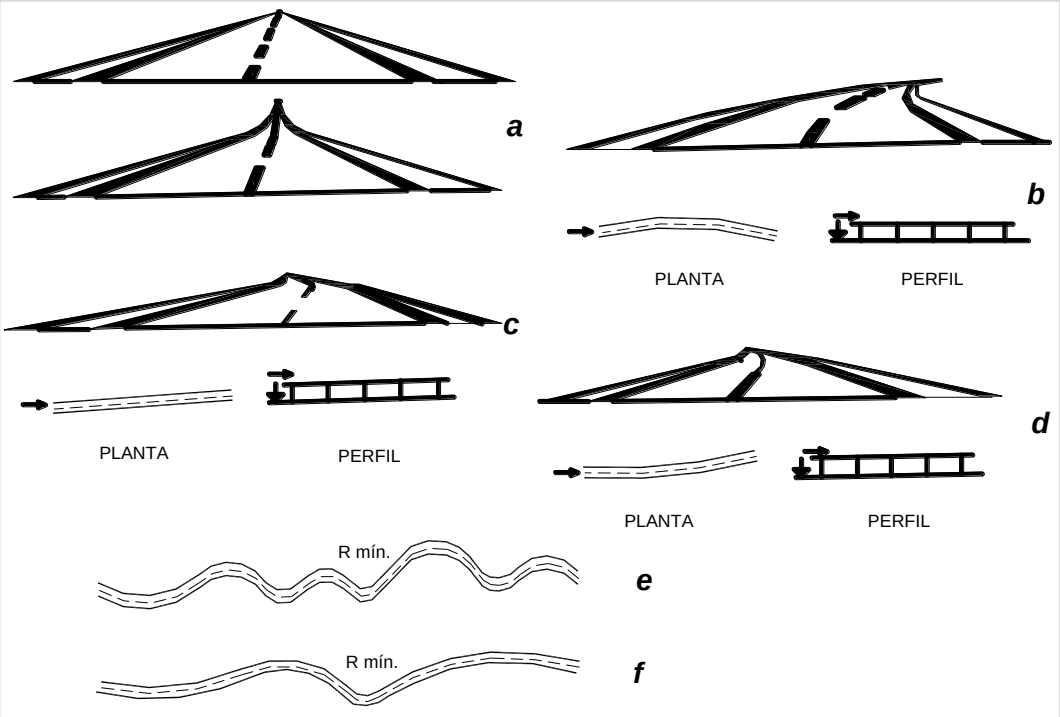
Figura 601.02
Casos de imágenes en perspectiva y guía óptica



2) En las **Figura 601.03**, se aprecian elementos de trazado en planta y su perspectiva. En **(a)**, se aprecia en perspectiva tramos con tangentes largas que producen la sensación de rigidez, las mismas que deben evitarse mediante curvas verticales cóncavas de gran parámetro, que disminuyen el encandilamiento y permiten apreciar la velocidad de los vehículos enfrentados; en **(b)**, se aprecia tramos en tangente de desarrollo breve entre dos curvas del mismo sentido, que producen un efecto estético indeseable y ofrecen una perspectiva equívoca al conductor; en **(c)**, se aprecia una curva de pequeño desarrollo entre dos alineamientos en tangentes largos que produce mala imagen visual; y en **(d)**, se muestra la solución al problema antes indicado, mediante una curva amplia.

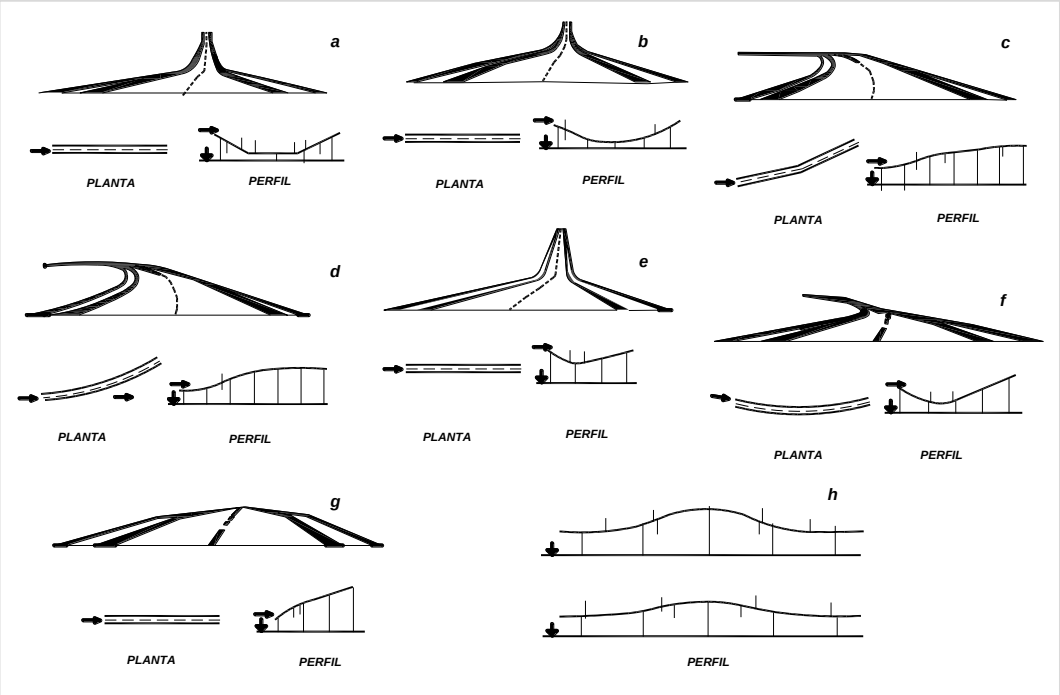
Asimismo en **(e)**, se aprecia un trazado dónde la topografía obliga a la utilización de curvas de radios mínimos. En cambio, dónde los alineamientos en tangente amplios induzcan a velocidades de operación que pueden exceder a las de diseño, el intercala miento de un radio mínimo es peligroso, tal como se aprecia en **(f)**, por lo que deben utilizarse curvas más amplias.

Figura 601.03
Elementos del trazado en planta y su perspectiva



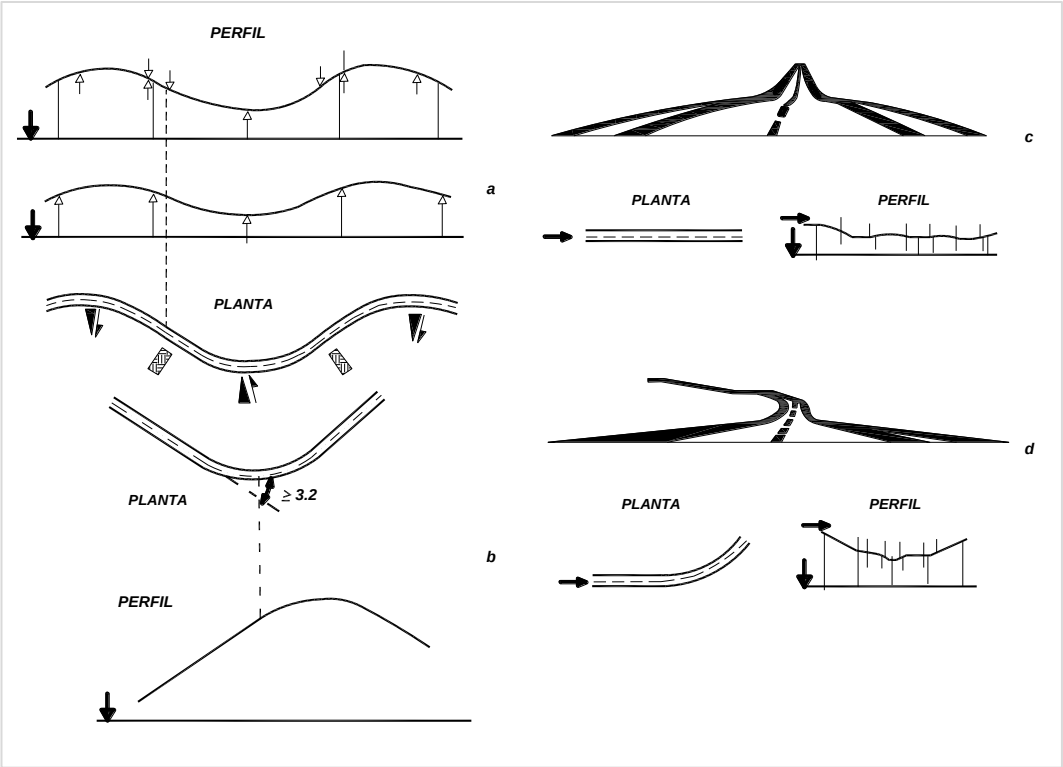
3) En la **Figura 601.04**, se aprecian elementos de trazado en perfil y su perspectiva. En **(a)**, se aprecia tangentes cortas, entre dos curvas cóncavas y en **(c)**, entre dos curvas convexas, que dan sensación de ambigüedad y no deben ser utilizadas. En **(b)** y **(d)**, se muestra la solución a lo anterior, reemplazándolas por curvas verticales únicas y amplias; en **(e)** y **(f)**, se muestran las curvas verticales cóncavas que favorece el guiado óptico, evitando valores reducidos entre tramos largos de pendiente constante, ya sea con trazados en planta rectos o curvos, puesto que estas configuraciones, vistas desde lejos, presentan una discontinuidad evidente; en **(g)**, se muestran las curvas convexas que enlazan pendientes del mismo sentido, se deben evitar los parámetros reducidos, puesto que ellas dan la sensación de quiebre, debiendo usarse parámetros verticales lo más grandes posibles; en **(h)**, se muestra el perfil longitudinal en parajes con ondulaciones acentuadas, deben preferirse parámetros convexos mayores que los cóncavos, para mejorar la visibilidad en las zonas de relieve abrupto; finalmente en **(i)**, en parajes planos, o con poca diferencia de cotas (10 m a lo sumo), son los parámetros cóncavos, los que deben ser mayores que los convexos, para aprovechar al máximo la buena visibilidad que aquellos confieren.

Figura 601.04
Elementos del trazado en perfil y su perspectiva



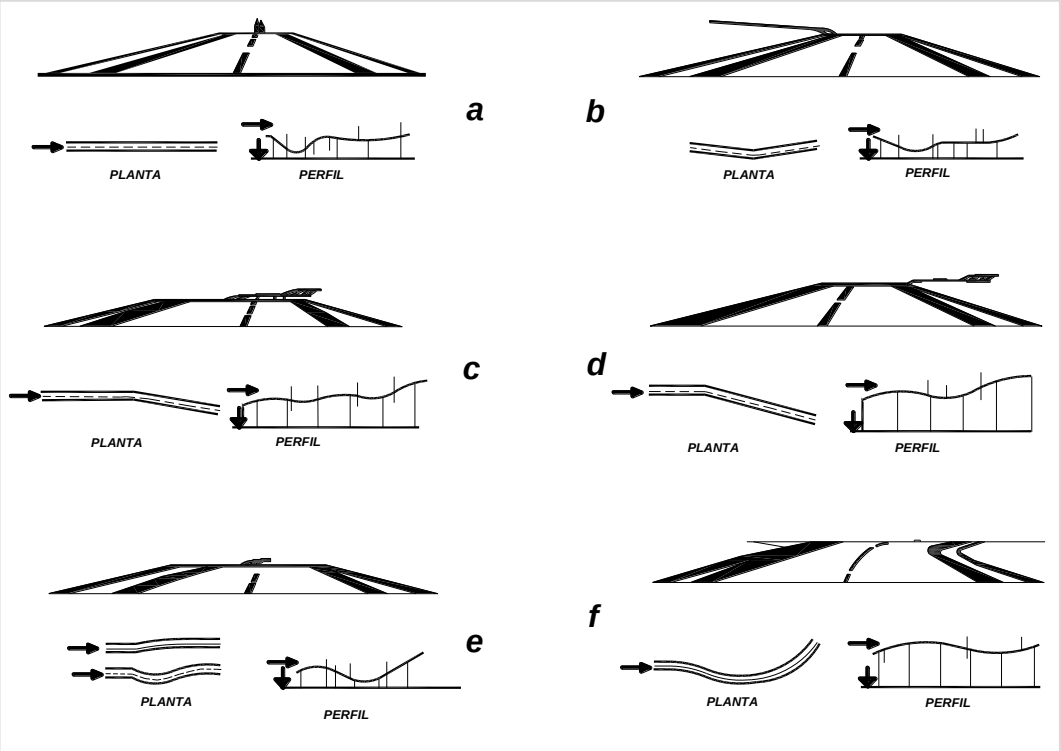
4) En la **Figura 601.05**, se aprecian la relación entre los elementos de diseño y los puntos de inflexión, del diseño en planta y perfil. En **(a)**, los puntos de inflexión en planta y perfil deben aproximadamente coincidir y ser iguales en cantidad a lo largo de un tramo; en **(b)**, en las curvas verticales convexas deberá verse con antelación un tramo de curva en planta correspondiente a unos 3,2º de giro, o sea, la clotoide entera si A = R/3; en **(c)** y **(d)**, la sucesión de curvas verticales en tramos en tangente o en curva, permite una visión del trazado como un tobogán, lo cual por ser antiestético debe evitarse.

Figura 601.05
Relación entre los elementos de diseño y puntos de inflexión en planta y perfil



5) En la **Figura 601.06**, se aprecian situaciones de pérdida de trazado, que consiste en la aparente desaparición de la plataforma a la vista del conductor y que genera un efecto psicológico adverso. En **(a)**, se tiene una pérdida de trazado en tangente; en **(b)**, se observa el fenómeno en una curva amplia; en **(c)**, el efecto es especialmente peligroso pues no se tiene distancia de visibilidad de adelantamiento; en **(d)**, hay visibilidad de adelantamiento, pero la perspectiva de la vía hace difícil la apreciación de las distancias; en **(e)** y **(f)**, se observan casos extremos de pérdidas de trazado, en los que el conductor, puede equivocar su apreciación en cuanto al desarrollo del trazado y del tránsito en sentido contrario.

Figura 601.06
Situaciones de pérdida de trazado



El indicado efecto psicológico por la pérdida de trazado, no se produce cuando el conductor puede ver sin interrupciones en la carretera, las longitudes indicadas en la **Tabla 601.01**, que corresponden a determinadas velocidades de diseño.

Tabla 601.01
Longitudes que evitan el efecto de pérdida de trazado

V (km/h)	L (m)
40	200
50	250
60	300
70	350
80	400
90	500
100	600
110	700
120	800

6) En lo relacionado a combinaciones no deseables, deben evitarse las siguientes situaciones en carreteras de una calzada :

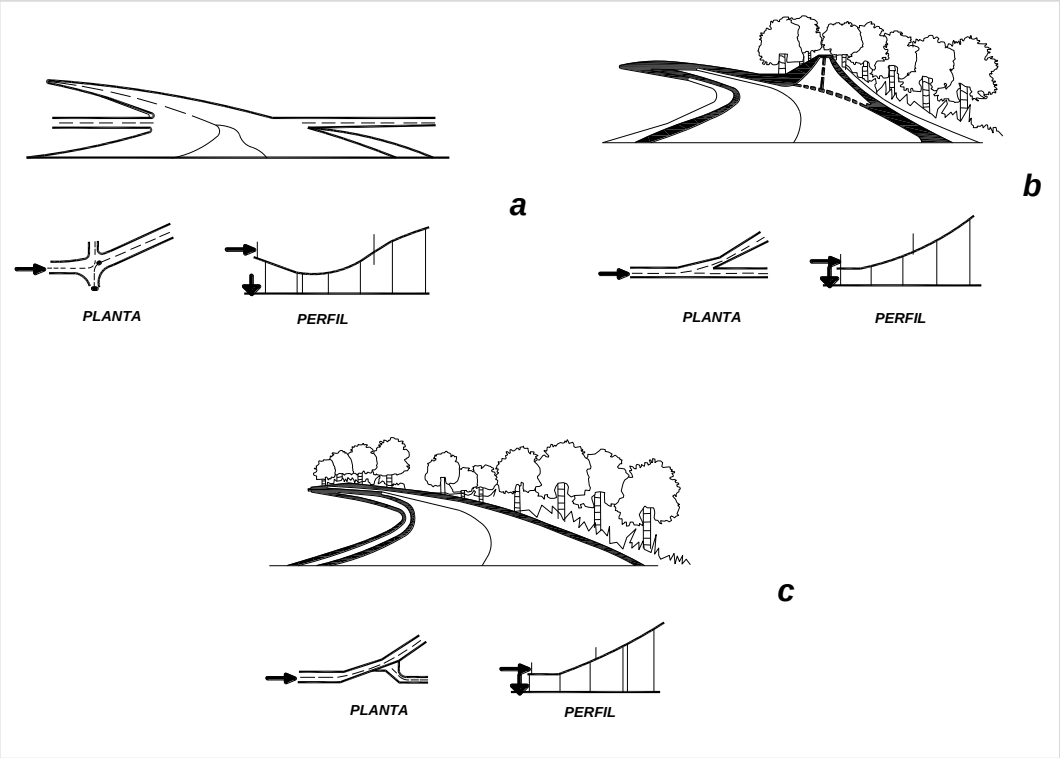
- Alineación única en planta (tangente o curva) que contenga una curva vertical cóncava o convexa corta.
- Curva vertical convexa en coincidencia con un punto de inflexión en planta.
- Tangente en planta con curvas convexa y cóncava consecutivas.
- Tangente seguida de curva en planta en correspondencia con curvas convexa y cóncava.
- Alineamiento en curva, de desarrollo corto, que contenga una curva cóncava corta.
- Conjunto de alineamientos en planta, en dónde puede percibirse dos curvas verticales cóncavas o dos curvas verticales convexas simultáneamente.
- Curva horizontal de radio mínimo, próxima al punto más bajo de una curva vertical cóncava que conecte rasantes de pronunciadas pendientes.

7) Del mismo modo, en autopistas se evitará:

- Curva cóncava en coincidencia con un punto de inflexión en planta.
- Curva vertical corta entre pendientes largas dentro de un mismo alineamiento en planta.
- Rasantes uniformes entre curvas verticales (cóncavas o convexas) consecutivas dentro de un mismo alineamiento en planta.
- Curvas en planta cortas dentro de una curva vertical larga.
- Cuando las rasantes de una y otra calzada son distintas, no se debe variar sus posiciones relativas, si no es en tramos dónde existan combinaciones de curvas horizontales y verticales.

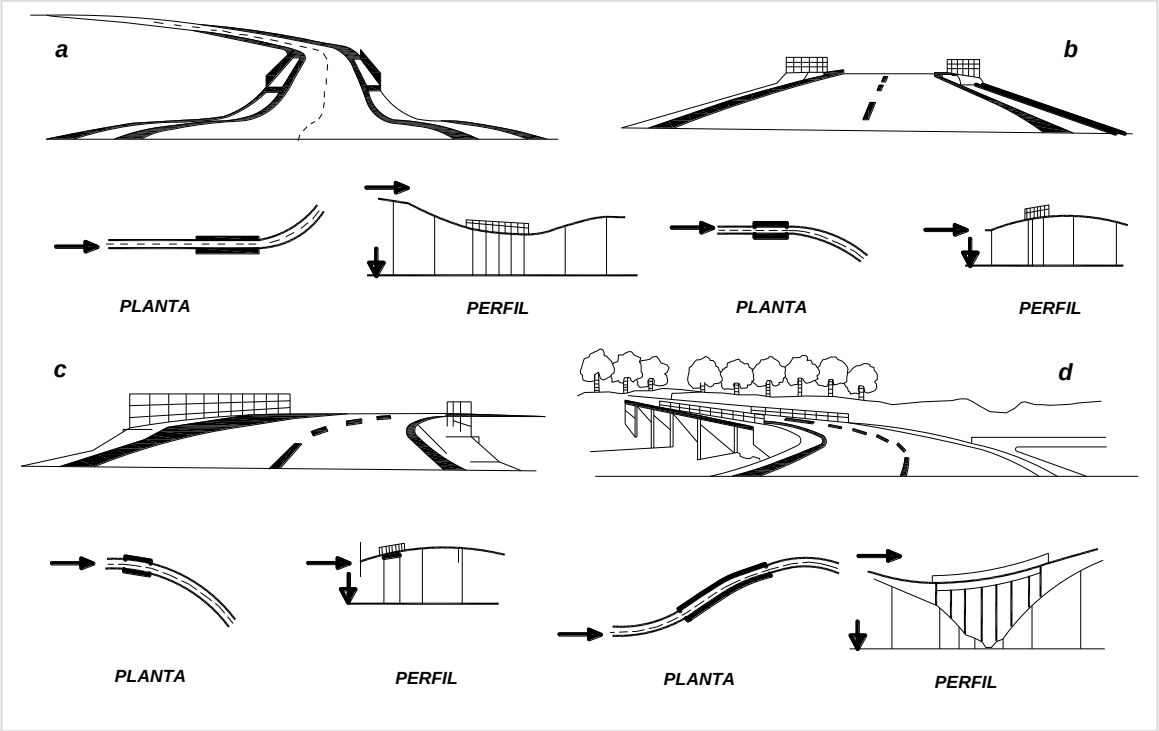
8) La **Figura 601.07**, se muestra casos de coordinación del trazo en planta y perfil en intersecciones. En **(a)**, se indica que las intersecciones deben estar situadas en zonas de amplia visibilidad, lo cual debe cumplirse por lo menos para la vía de mayor importancia; en **(b)**, se muestra que la bifurcación entre dos carreteras de distinta importancia, no debe hacerse de modo que puedan confundir al conductor y en **(c)**, es preferible una salida en un ángulo pronunciado, en lugar a una salida tangencial.

Figura 601.07
Casos de coordinación del trazo en planta y perfil en intersecciones



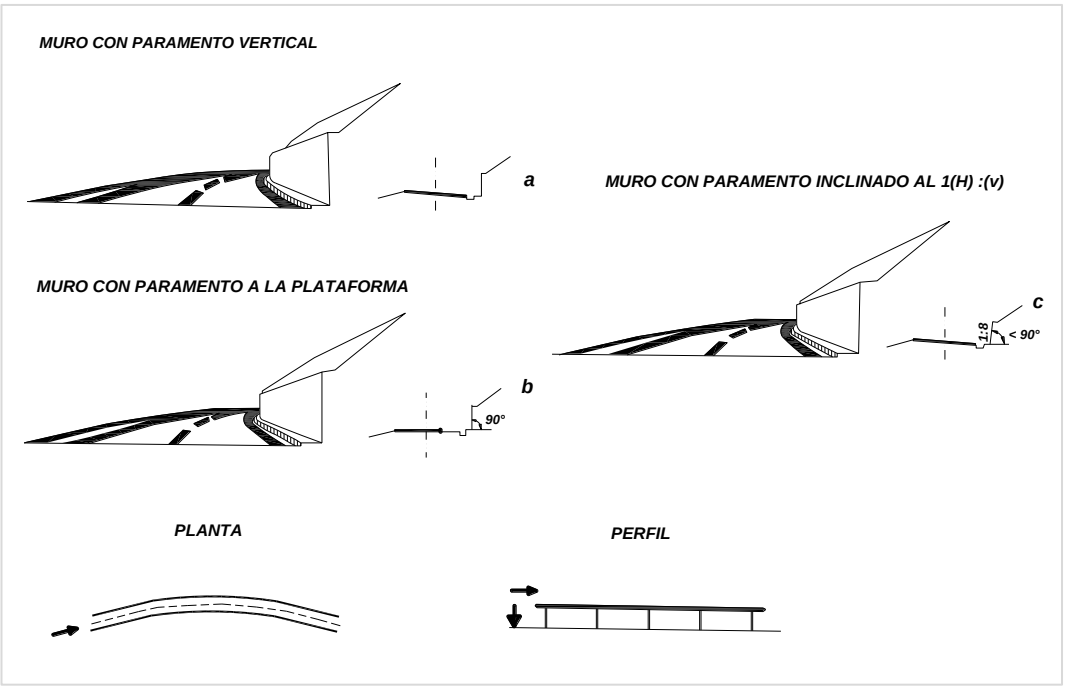
9) En la **Figuras 601.08**, se muestra casos de coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras. En **(a)**, se muestra un efecto no deseable y que sin embargo se presenta de forma frecuente; en **(b)**, se muestra que las estructuras no deben ser situadas al comienzo de una curva vertical u horizontal, porque dificultan la visibilidad del camino; en **(c)**, se aprecia que es preferible ubicarlas en zonas de curvatura franca y en **(d)**, se aprecia que en lo posible debe contar con una buena visibilidad previa.

Figura 601.08
Coordinación del trazo en planta y perfil en estructuras



10) En la **Figuras 601.09**, se muestra los casos de coordinación del trazo en planta y perfil con el entorno de la carretera, dónde se observa el efecto de la inclinación de los muros sobre la perspectiva del camino.

Figura 601.09
Coordinación del trazo en planta y perfil con el entorno de la carretera: muros



SECCIÓN 602

Consistencia del diseño geométrico

602.01 Generalidades

El diseño de una carretera, pese a ser abordado de forma separada en planta, perfil y en sección transversal, tiene como producto final una franja tridimensional, en la cual la totalidad de sus elementos generarán un conjunto único de interacción con los usuarios, y determinarán las condiciones reales de operación.

Durante el proceso de diseño, es necesario anticipar la interacción de los elementos de la carretera, con las condiciones probables de operación vehicular, así como con el entorno que ésta afectará, con el fin de evitar sobrecostos derivados de correcciones, durante el proceso de construcción o antes de cumplirse su período de servicio.

La seguridad vial que debe garantizarse en el diseño de una carretera, es un requisito de creciente importancia para la sociedad en su conjunto y para los entes viales en particular. En tal sentido, los caminos deben satisfacer las condiciones de circulación con seguridad y con el mínimo impacto ambiental posible.

La consistencia del diseño geométrico de una carretera, se entiende como la relación de homogeneidad de sus características geométricas y las condiciones de seguridad que espera encontrar el conductor de un vehículo que circula por ella.

Los avances tecnológicos actuales expresados en programas de cómputo, que facilitan la simulación tridimensional del proyecto, son herramientas que, pese a su gran aporte, no permiten la determinación de ciertos detalles del diseño vial, por lo que siempre será necesario estudiar las representaciones en planta, perfil y sección transversal del diseño.

La aplicación de las normas contenidas en el presente Manual, debe dar como resultado un diseño que cumpla con las siguientes condiciones:

- Que el conductor pueda distinguir la superficie de rodadura, así como eventuales obstáculos, a una distancia suficiente que le permita reaccionar adecuadamente.
- Que el conductor pueda apreciar de manera oportuna, puntos particulares tales como intersecciones, confluencias, bifurcaciones, puentes, túneles, etc.
- Tener una percepción continua de la evolución del trazado, evitando confusiones generadas por interrupciones en la geometría, que podrían llevar a respuestas erróneas a los conductores.

- Que el conjunto resultante del proceso de diseño, tenga las mejores condiciones de seguridad vial y el menor impacto ambiental, posibles.

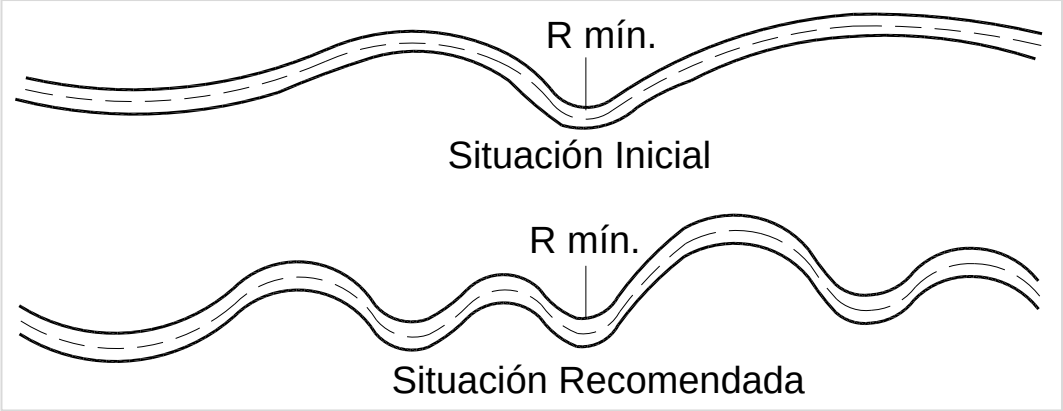
602.02 Interacción del diseño en planta, perfil y sección transversal

A continuación se presentan algunos criterios generales, para lograr un diseño geométrico que contenga una adecuada interacción entre el diseño en planta, perfil y sección transversal:

602.02.01 Combinaciones recomendables

- Cuando se presenten variaciones en el tipo de terreno que obliguen a la ubicación de curvas horizontales y verticales con parámetros cercanos al mínimo, se debe generar una transición de la geometría en las zonas adyacentes, de tal forma que se facilite a los conductores realizar los ajustes necesarios a la velocidad. Ver **Figura 602.01**.

Figura 602.01
Transición de geometría en zonas adyacentes a curvas horizontales y verticales



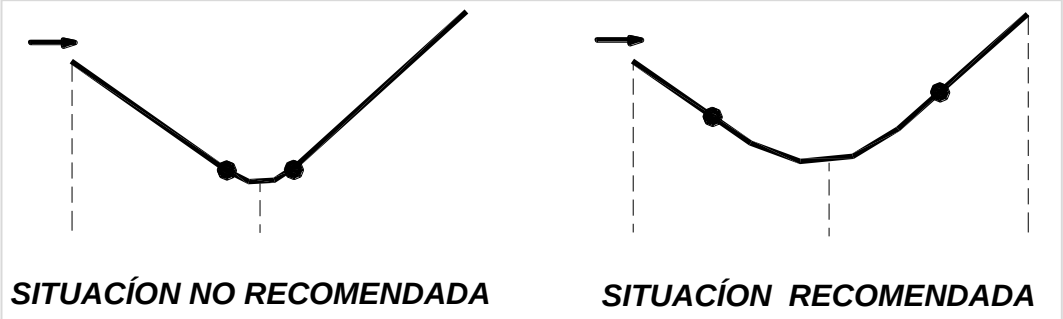
- Se debe buscar la coincidencia de curvas horizontales y verticales, siempre que los valores de diseño para cada una, no se encuentren muy cercanos o exactamente en los mínimos permitidos. Lo anterior tiende a aumentar la ocurrencia de tramos con visibilidad de adelantamiento y mejorar las condiciones de drenaje, entre otras. Cuando se realice esta superposición empleando curvas convexas, se debe permitir que los conductores identifiquen la presencia y magnitud de la curva horizontal antes de generarse el cambio de pendiente longitudinal, es decir, se debe limitar la longitud de la curva vertical convexa según el tipo de curva horizontal, de la siguiente manera:

  - Si la curva es espiral-circular-espiral, el desarrollo de la curva vertical deberá realizarse dentro del tramo circular central.

- Si se emplea una curva espiral – espiral, el desarrollo de la curva vertical deberá permitir al conductor apreciar más de la mitad de la longitud de la curva horizontal.
- Si la curva es circular simple, el desarrollo de la curva vertical se deberá realizar en una longitud inferior a la de la horizontal.
- Si se emplean curvas circulares compuestas, la longitud de la curva vertical deberá permitir al conductor apreciar por lo menos dos curvas simples consecutivas.

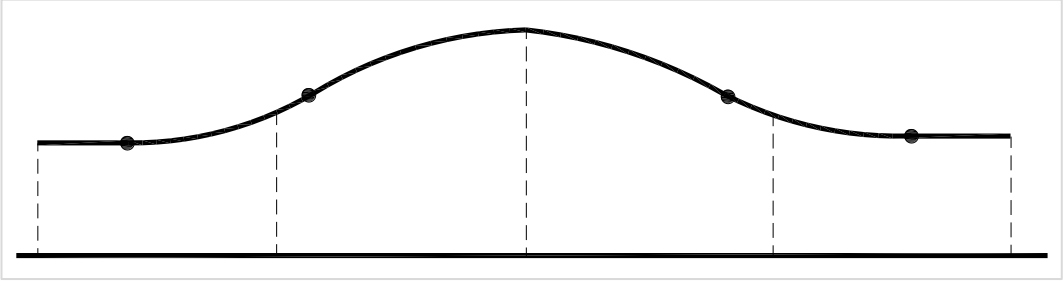
- En terrenos planos, deben sustituirse los tramos en tangente de gran longitud, por curvas horizontales de gran dimensión, buscando disminuir el efecto de monotonía, causada por alineamientos muy largos, así como el deslumbramiento durante la noche.
- El uso de curvas verticales cóncavas es recomendable, siempre que se encuentren acorde con la longitud del tramo de pendiente constante, requiriéndose mayores longitudes de curva entre mayor sea la longitud de las pendientes adyacentes. Ver **Figura 602.02**.

Figura 602.02
Uso recomendable de curvas verticales cóncavas



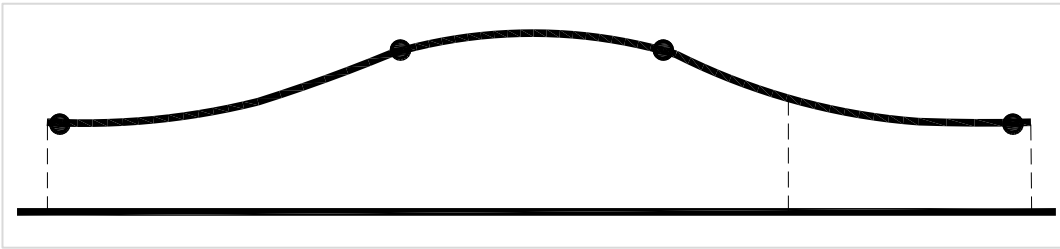
- En sectores de la carretera dónde el terreno presente ondulaciones acentuadas, se deben emplear curvas verticales convexas de mayor longitud que las cóncavas, buscando con esto mejorar las condiciones de visibilidad en las partes altas. Ver **Figura 602.03**.

Figura 602.03
Curva vertical convexa de mayor longitud que las cóncavas



- En terrenos planos o con ondulaciones bajas, se deben emplear longitudes mayores para las curvas verticales cóncavas que para las convexas, buscando aprovechar las condiciones de visibilidad de las primeras. Ver **Figura-602.04**.

Figura 602.04
Curvas verticales cóncavas de mayor longitud que la convexa

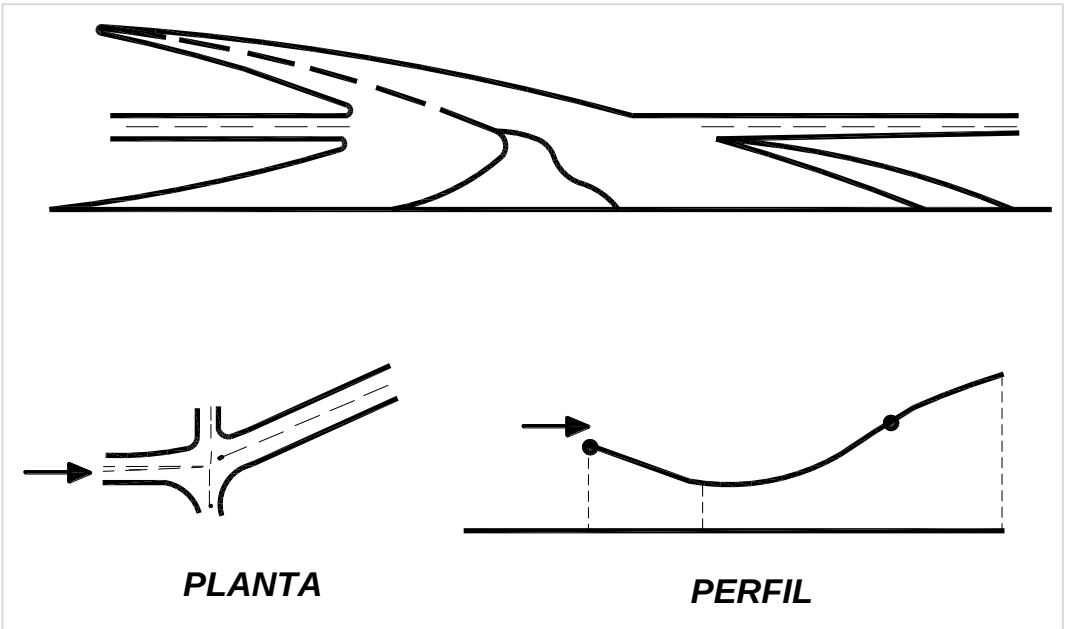


602.02.02 Combinaciones recomendables de la carretera con sus elementos complementarios

Puentes e intersecciones:

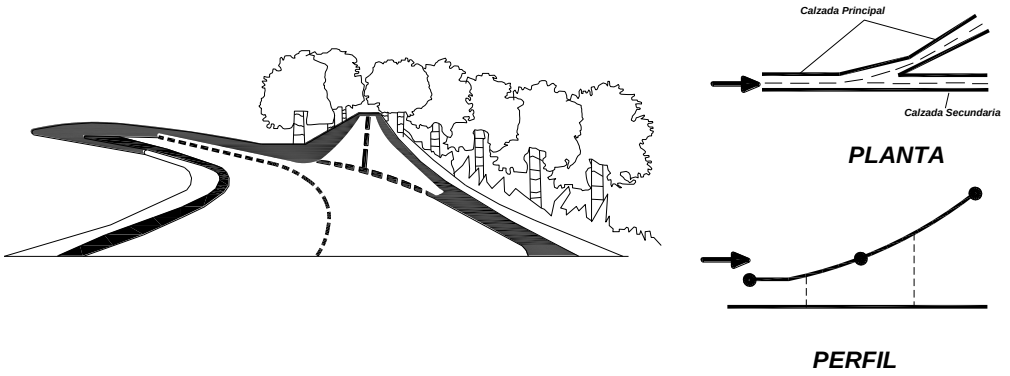
- Las intersecciones deben estar ubicadas en zonas de amplia visibilidad, tanto en la vía de circulación, como en la vía o vías con que se intersectan. En la mayoría de los casos, se recomienda el uso de curvas verticales cóncavas. En caso de no poderse cumplir esta condición para las dos vías, se le debe dar prioridad a la vía de mayor importancia. Ver **Figura 602.05**.

Figura 602.05
Ubicación recomendada de intersección

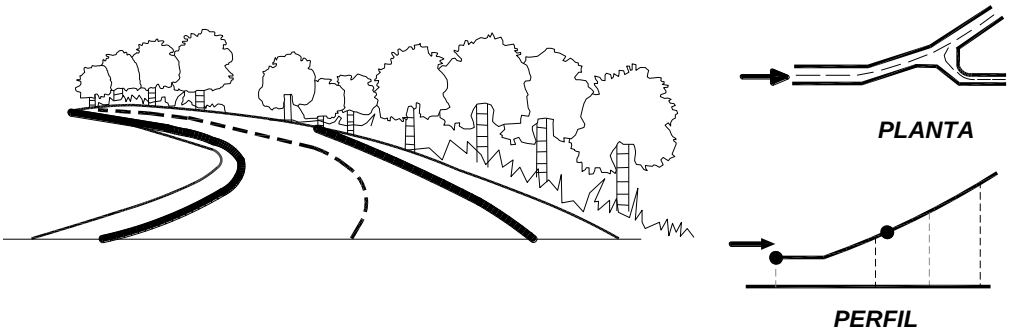


- La presencia de bifurcaciones, debe estar claramente definida para evitar confusión a los conductores. Su diseño debe resaltar la prioridad de la vía principal, y para la vía de menor importancia se debe plantear la intersección mediante un ángulo pronunciado, que permita una respuesta adecuada por parte de quienes ingresan, así como una cómoda transición de velocidades. Ver **Figura 602.06**.

Figura 602.06
Condiciones producidas por una bifurcación



Condición Indeseable



Condición Deseable

- La siembra de árboles en zonas cercanas a la intersección, puede servir para advertir a los conductores sobre su presencia, siempre que la ubicación de los mismos, no afecte las condiciones de visibilidad, y disminuya el riesgo ante la eventualidad de despistes.
- Los puentes no deben entorpecer las condiciones de operación de la carretera para lo cual se debe procurar que:
  - Su ubicación no genere condiciones geométricas forzadas. Ver **Figura 602.07**.
  - Su sección transversal no debe generar efectos ópticos indeseables, como por ejemplo la disminución aparente del ancho de calzada. Ver **Figura 602.08**.

- El trazado debe permitir a los conductores su identificación oportuna, evitando el efecto "sorpresa".

Figura 602.07
Condiciones forzadas de ubicación de puentes

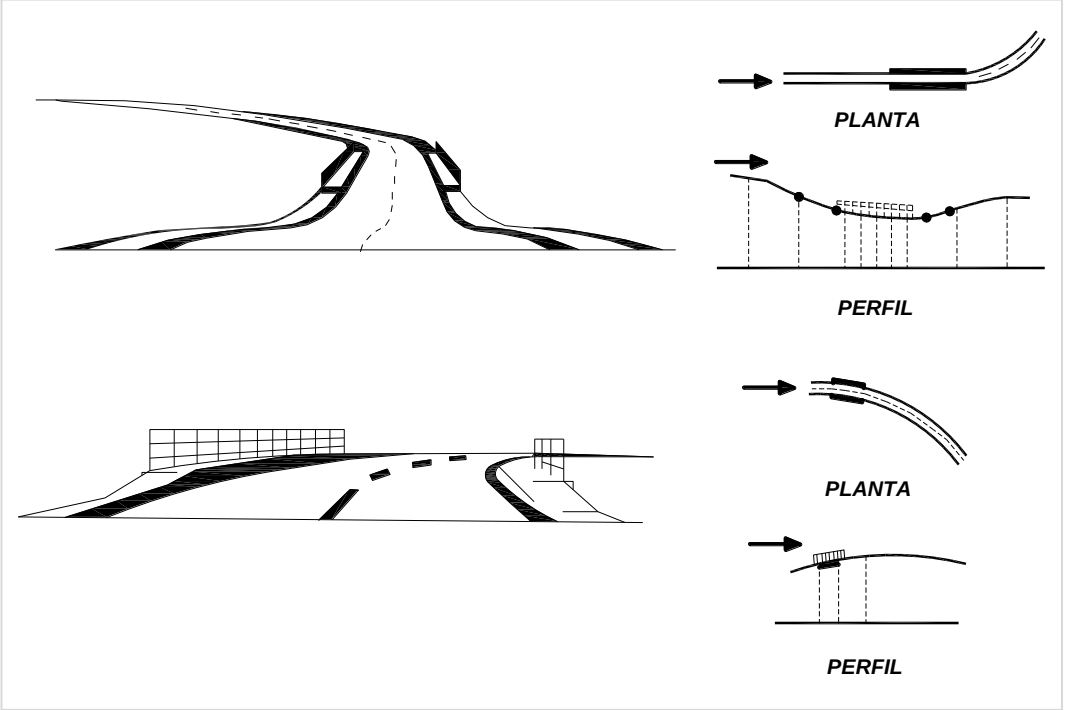
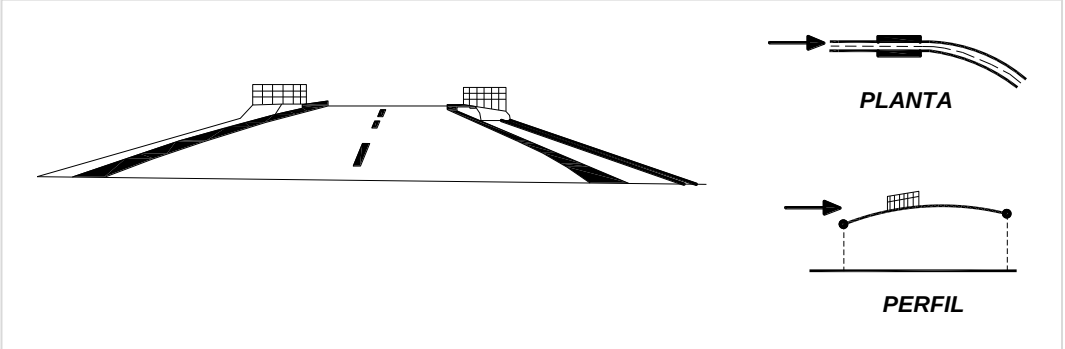


Figura 602.08
Efectos ópticos por la aparente reducción del ancho de calzada



Elementos de drenaje:

Con el fin de aumentar la durabilidad del conjunto de elementos de la vía, así como disminuir la afectación a la operación vehicular y peatonal, es necesario contar con un sistema de drenaje adecuado. En general, los elementos de drenaje no deben obstaculizar ni generar afectación a las condiciones de operación vehicular, ya sea por disminución física o aparente del ancho de calzada. A continuación se indican algunas recomendaciones que deben ser tenidas en cuenta en el diseño:

- Las obras de drenaje, deben evitar al máximo las concentraciones de agua en la vía, las cuales generan disminución en la velocidad de los vehículos, y en casos críticos accidentes por el fenómeno de "hidroplaneo".
- En lo posible, las obras de drenaje no deben ubicarse dentro de curvas horizontales de radios cercanos al mínimo, por el efecto restrictivo que generan sobre los conductores y que los obliga a realizar operaciones súbitas de frenado.
- El diseño de las cunetas, debe permitir la conducción de las aguas superficiales sin que su geometría (sección transversal), se constituya en un riesgo para los vehículos en caso de despiste y ocasional volcamiento, ante el evento que algún vehículo traspase el borde exterior de la berma.
- En zonas de cruce de peatones, se debe tener precaución en que las aguas de escorrentía no afecten el paso de éstos.
- Tener especial cuidado en los sitios de descarga de las estructuras de drenaje, a fin de evitar efectos de erosión y otros daños.

Iluminación:

La iluminación constituye uno de los principales elementos para garantizar la operación de la vía durante la noche, siendo importante prever algunos casos:

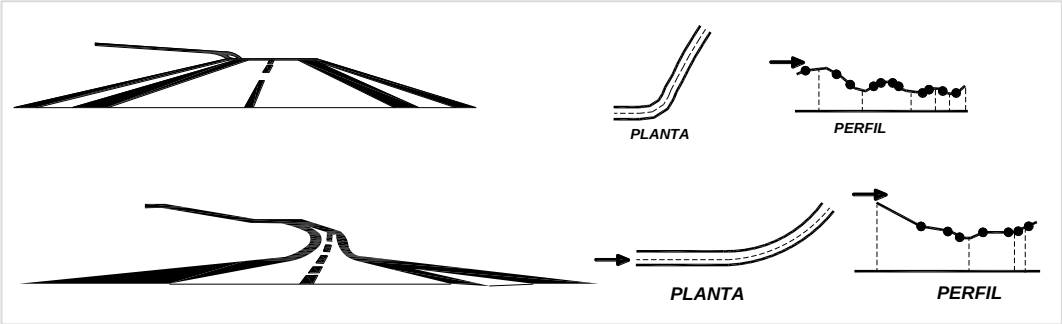
- El paso por zonas urbanas.
- Intersecciones a nivel o desnivel, dónde se requiere mejorar la visibilidad para la identificación de particularidades.
- En puentes y túneles, dónde por sus particularidades se requiera iluminación por seguridad vial.

602.02.03 Combinaciones no recomendables

En el diseño deben evitarse las siguientes combinaciones en planta, perfil y sección transversal:

- Tangentes de gran longitud seguidos de curvas horizontales de radios mínimos.
- Tangentes de gran longitud a expensas de pendientes fuertes.
- Pendientes bajas a expensas de desarrollos en planta muy extensos.
- Combinaciones que conduzcan a la pérdida de trazado entendiéndose por esta, a la aparente desaparición visual de la vía y su súbita reaparición, a una distancia inferior a la requerida para recuperar el control del vehículo.
- En terrenos planos y ondulados, la sucesivas curvas verticales y de corta longitud produce el efecto de pérdida de trazado y de disminución de los tramos de adelantamiento, más aún, cuando se suman curvas en planta sucesivas; como se ve en **Figura 602.09**.

Figura 602.09
Curvas verticales sucesivas



- Cuando las situaciones antes indicadas no puedan evitarse, es conveniente proveer visibilidad continua a la carretera, en las longitudes indicadas en la **Tabla 602.01**.

Tabla 602.01
Longitudes de visibilidad continua

Velocidad (km/h)	Longitud (m)
30	150
40	200
50	250
60	300
70	350
80	400
90	500
100	600
110	700
120	800

ANEXO I

GUÍA DE CONTENIDO DE LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS DE CARRETERAS

CONTENIDO DE LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS DE CARRETERAS

La presente guía, tiene por finalidad uniformizar y estandarizar el contenido de los expedientes que constituyen los estudios definitivos de construcción, rehabilitación y mejoramiento de carreteras, en concordancia con las normas vigentes sobre la materia.

Contenido

De acuerdo a lo establecido por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por decreto supremo N° 034-2008-MTC y sus modificatorias, los estudios definitivos de carreteras, contienen como mínimo lo siguiente:

Capítulo I : Resumen ejecutivo
Capítulo II : Memoria descriptiva
Capítulo III : Metrados
Capítulo IV : Análisis de precios unitarios
Capítulo V : Presupuesto
Capítulo VI : Fórmulas polinómicas (según corresponda)
Capítulo VII : Cronogramas
Capítulo VIII : Especificaciones técnicas
Capítulo IX : Estudios de ingeniería básica

- Tráfico
- Topografía
- Suelos, canteras y fuentes de agua
- Hidrología e hidráulica
- Geología y geotecnia (incluye estabilidad de taludes)
- Seguridad vial

Capítulo X : Diseños:

- Geométricos
- Pavimentos
- Estructuras
- Drenaje
- Seguridad vial y señalización

Capítulo XI : Plan de mantenimiento
Capítulo XII : Estudio socio ambientales
Capítulo XIII : Planos

Capítulo I: Resumen ejecutivo

El resumen ejecutivo del estudio definitivo de una carretera, es el compendio general del proyecto, exponiendo en forma genérica, pero clara el contenido y objetivo del mismo. Asimismo, deberá incluir el resumen de las obras planteadas en las partidas genéricas y específicas.

El resumen ejecutivo debe ir en un tomo independiente, conteniendo el resumen de cada uno de los capítulos, y entre otros, la siguiente información específica:

- Localización del proyecto en el mapa del país.
- Localización del proyecto en el mapa vial departamental
- Plano clave del proyecto
- Secciones transversales típicas.
- Resumen del diseño geométrico en planta y perfil: curvas horizontales y curvas verticales, pendientes máximas y mínimas, longitud de carretera, y radios de curvatura mínimo y máximo.
- Resumen de obras de drenaje: alcantarillas, cunetas revestidas y sin revestir, subdrenes, zanjas de coronación, y otros.
- Resumen de puentes, túneles y obras complementarias
- Resumen de los estudios de ingeniería básica, plan de mantenimiento y estudio socio ambiental.
- Aspectos importantes y particulares del proyecto
- Resumen de metrados
- Presupuesto
- Cronograma de actividades.

Capítulo II: Memoria descriptiva

Consiste en la descripción general del proyecto, indicando su ubicación y características generales, en lo concerniente a orografía, clima, altitud, poblaciones que atraviesa, distancias respecto a las principales ciudades cercanas, población beneficiada, facilidades de acceso y otras particularidades del proyecto.

En este capítulo, debe describirse todas las actividades a realizar para alcanzar los objetivos del proyecto, de manera que la entidad contratante pueda tener claridad sobre los criterios utilizados, los análisis realizados y los diseños adoptados; asimismo, debe indicarse la fuente de la información estadística que se incluya, así como gráficos, cuadros y fotografías según sea el caso.

Por tanto, este capítulo debe contener un orden lógico de ejecución de las distintas actividades del proyecto y la sustentación de los parámetros usados, bien sea mediante referencia bibliográfica, resultados de auscultaciones de campo o ensayos de laboratorio, y/o memorias de cálculo aplicables al proyecto.

Capítulo III: Metrados

Este capítulo contendrá las cantidades de las actividades o partidas del proyecto a ejecutar, tanto en forma específica como global precisando su

unidad de medida y los criterios seguidos para su formulación, en concordancia con lo establecido en el "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, vigente, abarcando básicamente lo siguiente:

- Trabajos preliminares
- Movimiento de tierras
- Pavimentos
- Drenaje y obras complementarias
- Transporte
- Señalización y seguridad vial
- Protección ambiental
- Puentes y túneles
- Otros

Los metrados deberán estar sustentados por cada partida, con la planilla respectiva y con los gráficos y/o croquis explicativos que el caso requiera.

Capítulo IV: Análisis de precios unitarios

Los análisis de precios unitarios, contienen el costo de los recursos de mano de obra, materiales y equipos necesarios para cumplir de manera integral la actividad o partida correspondiente, en concordancia con lo establecido en el "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, vigente. Estará conformado básicamente por:

- Bases de cálculo de los costos
- Análisis de costo directo
- Análisis de los costos indirectos
- Resumen de los componentes de los costos

Capítulo V: Presupuesto

Constituye la determinación del costo total del proyecto, y comprenderá las partidas genéricas y específicas, alcances, definiciones y unidades de medida acorde a lo establecido en el "Glosario de Partidas" aplicables a obras de rehabilitación mejoramiento y construcción de carreteras y puentes, vigente; asimismo, será determinado en base a los metrados y precios unitarios correspondientes e incluirá los gastos generales, utilidades, impuestos y demás requeridos por la entidad contratante.

Capítulo VI: Fórmulas polinómicas

Acorde a la normatividad vigente sobre la materia, el expediente del estudio incluirá o no, la o las fórmulas polinómicas de reajuste automático de precios, correspondientes.

Capítulo VII: Cronogramas

El cronograma de obras, comprende la programación de la ejecución secuencial y ordenada de las partidas genéricas y específicas establecidas en el estudio, estableciendo la Ruta Crítica correspondiente, con la finalidad de alcanzar los objetivos del proyecto. Incluye además, los cronogramas de utilización de materiales y equipos.

Los cronogramas, serán elaborados de acuerdo al método de programación que establezca la entidad contratante.

Capítulo VIII: Especificaciones técnicas

Serán las correspondientes a las establecidas por el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, vigente. En caso que las particularidades del proyecto, requiera la inclusión de actividades no contempladas en el indicado Manual, se anexará las correspondientes "Especificaciones Especiales", que serán aprobadas por la entidad contratante y reportadas al órgano normativo correspondiente.

Capítulo IX: Estudios de ingeniería básica

Los estudios de Ingeniería básica, comprenderá lo siguiente:

Tráfico

El Estudio de tráfico deberá contener básicamente lo siguiente:

- Identificación de "tramos homogéneos" de la demanda.
- Conteos de tráfico en estaciones sustentadas y aprobadas por la entidad contratante. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo, y se realizarán durante un mínimo de 7 días continuos de 24 horas.
- Factores de corrección (horario, diario, estacional), para obtener el Índice Medio Diario Anual (IMDA), por tipo de vehículo y total.
- Encuesta de origen-destino (O/D) del proyecto y de una ruta alterna, con un mínimo de tres días consecutivos (dos días de la semana y sábado o domingo) por estación; el mínimo de estaciones O/D será de tres (03). La encuesta se realizará de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.
- Censo de carga por tipo de vehículo pesado y por eje (camiones y buses). El censo se efectuará durante 4 días y un mínimo de 12 horas cada día (turno día y noche) hasta completar dos días.

El estudio de tráfico descrito en párrafos arriba es vital e importante para definir los parámetros de diseño de ingeniería (clasificación de la vía, diseño de la calzada y bermas, cálculo EAL, diseño de pavimento, etc.), y para la evaluación económica.
Asimismo, este estudio puede incluir otros aspectos en función a las particularidades del proyecto que serán especificadas por la entidad contratante.

Topografía

Contendrá la información de los trabajos topográficos realizados, en forma directa e indirecta de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante. Incluirá la información cartográfica georeferenciada correspondiente, a las escalas requeridas, considerando las áreas levantadas, longitud de poligonales, magnitud de los errores de cierre, puntos de control enlazados a la Red Geodésica Nacional GPS en el sistema WGS84, estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas UTM y geográficas, comprendiendo básicamente lo siguiente:

- Definición de la franja a levantar, teniendo en cuenta, la longitud del proyecto y considerando un ancho suficiente para poder efectuar variaciones del trazo.
- Establecimiento de una red de puntos ubicados a distancias no mayores a 10 metros o según lo establezcan los documentos de la entidad contratante.
- Colocación de BMs (Bench Mark) cada 500 m o a las distancias que establezca la entidad contratante, tomando como referencia las cotas de los hitos de control vertical del IGN, o con la aprobación de la entidad contratante, se podrá establecer la indicada cota de referencia mediante otro método.
- Detalles planimétricos, altimétricos, planos topográficos, levantamientos complementarios y otros, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.

Suelos, canteras y fuentes de agua

Comprenderán los trabajos de campo, laboratorio y gabinete que permitan evaluar y establecer las características físico-mecánicas de los suelos de fundación que abarque el estudio, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante, estableciendo básicamente lo siguiente:

- El Perfil Estratigráfico en las escalas correspondientes, cuyos resultados se obtendrán luego de efectuar las respectivas prospecciones de campo, así como los análisis y pruebas de laboratorio. Representará en forma gráfica los tipos de suelos y características físico – mecánicas, espesor de los estratos, nivel freático y demás detalles.
- Para el caso de variante o vías de evitamiento, se realizará además las investigaciones geológicas y geotécnicas necesarias.

- En lo relativo a cantera y fuentes de agua, en forma similar se efectuarán los trabajos de campo, laboratorio y gabinete correspondiente, estando orientados a establecer las características físico-mecánicas de los materiales a utilizarse en la ejecución de la Obra. El estudio determinará un diagrama de canteras y fuentes de agua, en el cual se detallará entre otros aspectos, la ubicación de las canteras y puntos de agua, longitud y estado de los accesos, características y calidad de los materiales, resultados de ensayos de laboratorio, usos, potencia, rendimiento, tratamiento, periodo, equipo de explotación, planos y otros.

Hidrología e hidráulica

Comprenderá los resultados del estudio hidrológico de la zona del proyecto y el diseño hidráulico de las obras de drenaje y complementarias correspondientes, teniendo como base el reconocimiento de cada uno de los cauces y estructuras hidráulicas de evacuación, y estableciendo los parámetros de diseño de las nuevas estructuras o tratamiento de las existentes.

El estudio contendrá los resultados de los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, incluyendo entre otros, el diseño de las obras de drenaje requeridas, que comprenda los planos y memoria de cálculo correspondiente, cumpliendo con las disposiciones del Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, vigente, teniendo básicamente en consideración lo siguiente:

- Estudio del régimen hidráulico en los sectores previstos con los resultados obtenidos del estudio hidrológico y establecimiento de los parámetros de diseño.
- Justificación técnica de las obras de drenaje superficial y subterráneas requeridas por el proyecto.
- Evaluación del estado de las obras de drenaje existentes, en cuanto a su capacidad de carga, sección, condición, etc.; con la finalidad de determinar su reforzamiento, ampliación o reemplazo.

Geología y geotecnia (incluye estabilidad de taludes)

Comprenderá el resultado del estudio geológico y geotécnico del proyecto, incluyendo el estudio de estabilidad de taludes, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.

El estudio geológico que tiene por finalidad, establecer las características geológicas de la zona del proyecto, se realizará en base al Cartografiado Geológico a nivel de Geología Regional, utilizando como información base, los Cuadrángulos Geológicos publicados por el INGEMMET y la información topográfica existente (IGN, MINISTERIO AGRICULTURA, SAN).

La información Geológica Regional obtenida, deberá ser presentada en un mapa geológico que describirá los resultados del trabajo de campo, la cual tendrá concordancia con la información base antes indicada. Deberá presentar la interpretación geomorfológica, estratigráfica, litográfica, geología

estructural en el emplazamiento de cada tramo, sobre el cual además, se identificará los poblados, quebradas principales, sectores críticos é inestables y otros que requiera el proyecto.

El estudio geotécnico que tiene por finalidad, la aplicación de la tecnología a la ejecución del proyecto, en función a las características geológicas obtenidas en el estudio. Será presentado en un mapa que deberá describir las evidencias geológicas – geotécnicas encontradas en el campo. La información descrita deberá ser concordante con los resultados de la Información Regional obtenida.

El indicado mapa, identificará además de los poblados y quebradas principales, los sectores críticos o inestables que evidencien movimientos de masas caracterizados por hundimientos, asentamientos, deslizamientos, derrumbes y demás elementos de utilidad al estudio. Además, deberá indicar las medidas correctivas para el tratamiento de los puntos críticos debidamente identificados, ubicados y dimensionados.

El estudio geotécnico, incluirá el análisis de Estabilidad de Taludes del proyecto, para cuyo efecto se deberán efectuar ensayos Estándar y Especiales (Clasificación, Límites de Atterberg, Contenido de Humedad, Corte Directo, Triaxiales, etc.) como medios de obtención de los parámetros geotécnicos de los materiales existentes.

El estudio geotécnico, por lo general debe contener lo siguiente:

- Evaluación de la subrasante
- Evaluación de la estructura del pavimento existente
- Caracterización de los materiales y análisis de estabilidad de terraplenes
- Estudio de estabilidad de taludes en corte y de laderas aledañas.
- Estudio de fundaciones para estructuras
- Evaluación de materiales para concretos y estructura de pavimentos.

Seguridad vial

Comprenderá el resultado del estudio de señalización y seguridad vial del proyecto, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante, en concordancia con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente, y demás dispositivos normativos sobre la materia.

Los resultados del estudio deberán incluir básicamente lo siguiente:

- Análisis del proyecto (tipos de accidentes, factores y puntos de concentración de accidentes, registro y análisis de las características físicas actuales para identificar los factores que puedan afectar la seguridad vial, alumbrado público en zonas urbanas, alineamiento horizontal y vertical inadecuado, intersecciones inadecuadas, estrechamiento de la vía o deformaciones de la superficie, bermas inexistentes o inadecuadas, puntos de cruce y recorrido de animales,

peatones y ciclistas, paradas de buses, inadecuados dispositivos de seguridad vial, insuficiente o inadecuada señalización y otros).

- Análisis de las características físicas de la vía proyectada, para identificar los factores que puedan afectar la seguridad vial.
- Diagnóstico integrado, considerando los resultados del estudio de tráfico y demarcación en planta de los puntos de concentración de accidente.
- Definición de medidas para reducir y prevenir accidentes de tránsito.
- Sistemas de contención Tipo Barreras de Seguridad.

Capítulo X Diseños:

Geométricos

El diseño geométrico del proyecto deberá cumplir con las disposiciones del presente Manual de Diseño Geométrico, conteniendo la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda y teniendo en consideración básicamente lo siguiente:

- Criterios técnicos generales adoptados para el diseño geométrico en planta, perfil y sección transversal del proyecto.
- Clasificación del proyecto.
- Velocidades de diseño del proyecto por tramos homogéneos.
- Visibilidad, curvas horizontales y verticales, tangentes, pendientes, peraltes, sección transversal, taludes, intersecciones, etc.
- Memoria de cálculo, planos y otros, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante.

Pavimentos

El diseño del pavimento del proyecto deberá cumplir con las disposiciones del Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos vigente, conteniendo la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda y teniendo en consideración básicamente lo siguiente:

- Resumen de los parámetros de diseño de la estructura de pavimento.
- Presentación de los análisis de laboratorio efectuados, sustentando adecuadamente las metodologías usadas.
- Estrategia de mantenimiento o conservación, en función a la evolución de daños en el tiempo y las medidas correctivas correspondientes.
- Resumen de las distintas acciones que deberán efectuarse desde el inicio hasta el final de la vida útil del proyecto.

Estructuras

Consiste en el diseño de los diferentes tipos de estructuras del proyecto, tales como puentes, túneles, obras de drenaje, muros, obras complementarias y otros, debiendo cumplir la normatividad vigente sobre la materia, conteniendo la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda y teniendo en consideración básicamente lo siguiente:

- Los criterios de diseño utilizados.
- La normativa aplicada.
- La justificación técnica, del tipo y magnitud de las cargas.
- Mediciones, ensayos y evaluaciones para determinar la condición funcional y estructural de las obras de drenaje existentes.
- Resúmenes de los principales resultados y comprobaciones.

Drenaje

Comprenderá los resultados del diseño hidráulico de las obras de drenaje requeridas por el proyecto, tales como alcantarillas, cunetas, zanjas de coronación, subdrenes, disipadores de energía, badenes, etc., cumpliendo con las disposiciones del Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje, vigente y contendrá la memoria de cálculo, planos y demás documentos, según corresponda, teniendo básicamente en consideración lo siguiente:

- Diseño de los sistemas de drenaje requeridos, cuyo funcionamiento debe ser integral y eficiente.
- Diseño de rehabilitación o reparación de estructuras existentes que se mantienen en el proyecto y diseño de las obras de reemplazo.
- Diseño adecuado de la altura de la rasante de la vía, en zonas de topografía plana o terrenos de cultivo bajo riego adyacentes, para evitar efectos de inundación y saturación de la plataforma.
- Diseño de manejo adecuado de la precipitación pluvial, que posibilite el restablecimiento de la cobertura vegetal.

Seguridad vial y señalización

Comprenderá el diseño de los dispositivos de control del tránsito vehicular y los elementos de seguridad vial del proyecto, incluyendo los planos de señalización y los procedimientos de control, en concordancia con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente, y demás dispositivos normativos sobre la materia, incluyendo básicamente lo siguiente:

- Diseño de la señalización en concordancia con lo dispuesto en el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, y las Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales, vigentes.
- Diseño de la ubicación de los elementos de seguridad vial tales como sistema de contención tipo barreras de seguridad, sistemas de control

satelital de velocidades, reductores de velocidad tipo resaltos, tachas reflectivas y otros según corresponda.

Capítulo XI: Plan de mantenimiento

Comprende el programa de mantenimiento rutinario y periódico durante la vida útil del proyecto, incluyendo el programa de mantenimiento de la etapa de ejecución del mismo, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante y la normativa aplicable sobre la materia. El plan contendrá básicamente lo siguiente:

- Antecedentes e introducción.
- Objetivos generales y específicos.
- Estudio de mantenimiento rutinario y periódico.
- Actividades de emergencia.
- Evaluación de medio ambiente.
- Programa de mantenimiento rutinario y periódico, y actividades de emergencia.
- Cronogramas de mantenimiento rutinario y periódico.
- Costos anuales y cronogramas de desembolso, de las actividades programadas.

Capítulo XII: Estudios socio ambientales

Comprende el resultado del estudio de impacto ambiental del proyecto, de acuerdo a los requerimientos de la entidad contratante y en concordancia con la normatividad vigente sobre la materia. Considerará básicamente lo siguiente:

- Evaluación de los impactos ambientales directos e indirectos del ámbito del proyecto.
- Detalle de las medidas mitigadoras, cronogramas y órganos responsables de su implementación, costos, etc.
- Especificaciones ambientales particulares para las obras.
- Medidas de corrección de los pasivos ambientales considerados críticos.
- Plan de reasentamiento involuntario y compensación de la población.
- Certificación de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA) e Interferencias, del proyecto.
- Plan de Manejo Ambiental (PMA), del proyecto.
- Otros según los requerimientos de la normativa vigente.

Capítulo XIII: Planos

Los planos del proyecto, serán presentados en las escalas, formatos, tamaños, cantidades y demás requerimientos de la entidad contratante y de la normativa vigente, serán debidamente identificados, numerados, codificados y protegidos; asimismo, contendrán una leyenda en la que entre otros se indicará la fecha, el nombre del responsable de su elaboración y aprobación, sello y firma, según corresponda. Básicamente abarcará los siguientes planos:

- Ubicación Geográfica del Proyecto
- Clave
- Secciones tipo
- Planta y perfil del proyecto
- Secciones transversales
- Intersecciones
- Diagrama de masas
- Canteras y puntos de agua
- Depósitos de materiales excedentes (DME)
- Pavimentos
- Estructuras (puentes y túneles), obras de drenaje y complementarias
- Taludes y Estabilizaciones
- Señalización y seguridad vial
- Impacto ambiental

REPUBLICA DEL PERU

Resolución Directoral

N° 16-2016-MTC/14
Lima, 31 de mayo del 2016.

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 16° de la Ley N° 27181-Ley General del Transporte y Tránsito Terrestre establece que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es el órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, teniendo, entre otras, competencias normativas;

Que, en ese marco, el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado por Decreto Supremo Nº 034-2008-MTC, ha señalado en el Numeral 4.1 de su artículo 4°, que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento e interpretar las normas técnicas contenidas en dicho reglamento. Asimismo; el artículo 19°, en concordancia con la Primera Disposición Complementaria Final de la misma norma, señalan que este Ministerio, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, elabora, actualiza y aprueba los manuales para la gestión de la infraestructura vial;

Que, el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, ha previsto en su artículo 18°, que los manuales son documentos de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio, que sirven como instrumentos técnicos a las diferentes fases de gestión de la infraestructura vial;

Que, en la relación de manuales previstos en el artículo 20º del mencionado reglamento, se encuentra el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, el cual, según el artículo 29° de la misma norma, contiene las normas, guías y procedimientos para el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito, así como las especificaciones y características de fabricación de los elementos de señalización y los protocolos técnicos que aseguran la compatibilidad de los sistemas de comunicación y control de semáforos;

Que, el vigente Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras se encuentra aprobado por la Resolución Ministerial N° 210-2000-MTC/15.02, el cual ha sido modificado por las Resoluciones Ministeriales N°s. 405-2000-MTC/15.02, 733-2004-MTC/02 y 870-2008-MTC/02. Asimismo, en virtud a las funciones normativas asignadas a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, dicho manual fue modificado por este órgano de línea, mediante las Resoluciones Directorales N°s. 18-2012-MTC/14 y 18-2014-MTC/14;

Que, de otro lado, de acuerdo con el artículo 60° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la

N° 16-2016-MTC/14
Lima, 31 de mayo del 2016.

Dirección de Normatividad Vial de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, tiene, entre sus funciones, la de formular y actualizar normas de carácter técnico y/o administrativas relacionadas con la gestión de infraestructura vial (estudios, construcción, rehabilitación, mejoramiento, mantenimiento y uso de caminos);

Que, en ejercicio de tales funciones, la Dirección de Normatividad Vial planteó, en el año 2013, la actualización del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, mediante la contratación de los servicios de una empresa consultora;

Que, para tal efecto, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones contrató los servicios del Consorcio INTRA-CCI (conformado por las empresas Ingeniería de Tráfico SL. Sucursal del Perú y Consultores y Contratistas de Ingeniería S.A.C.) a fin que formule la actualización de la citada norma;

Que, luego de realizada la actualización del manual y de otorgada la conformidad a los servicios de la citada consultora, la Dirección de Normatividad Vial presentó a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, el proyecto de actualización del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, para su prepublicación correspondiente, de acuerdo a lo previsto en el artículo 14° del Decreto Supremo N° 001-2009-JUS-"Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de proyectos normativos y difusión de normas legales de carácter general", y en la Directiva N° 001-2011-MTC/01-Directiva que establece el procedimiento para realizar la publicación de proyectos de normas legales, aprobada por Resolución Ministerial N° 543-2011-MTC/01;

Que, en atención a ello, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles dispuso, a través de la Resolución Directoral N° 01-2015-MTC/14 de fecha 15 de enero del 2015, la publicación del proyecto de manual en la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, con el objeto de recibir las sugerencias y comentarios de la ciudadanía en general, por un plazo de treinta (30) días hábiles;

Que, la publicación del proyecto de manual motivó la presentación de observaciones, sugerencias, y aportes; siendo que la revisión, evaluación, e integración de los mismos, ha estado a cargo de la Dirección de Normatividad Vial;

Que, una vez concluida tal labor, la citada Dirección ha formulado la versión definitiva de la actualización del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, la misma que ha sido presentada a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, para su trámite de aprobación correspondiente,

REPUBLICA DEL PERU

Resolución Directoral

N° 16-2016-MTC/14
Lima, 31 de mayo del 2016.

con Informe N° 038-2016-MTC/14.04 de fecha 24 de mayo del 2016. Asimismo, ha sustentado su aprobación con Informe Técnico N° 003-2016-MTC/14.04;

Que, estando a lo señalado, resulta pertinente dictar el acto administrativo de aprobación correspondiente;

De conformidad con la Ley N° 29370-Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, y en uso de las facultades conferidas por Resolución Ministerial N° 006-2016-MTC/01;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Aprobar la actualización del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, la cual obra en Anexo que consta de trescientos noventa y cuatro (394) folios, y cuyo original forma parte integrante de la presente Resolución Directoral.

Dicho manual, de conformidad con el artículo 18° del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, constituye un documento de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio.

ARTÍCULO SEGUNDO.- Disponer la publicación de la presente Resolución Directoral en el Diario Oficial "El Peruano", y la publicación de su Anexo, que contiene el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, en la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (http://www.mtc.gob.pe).

ARTÍCULO TERCERO.- La norma aprobada por el artículo primero de la presente resolución, entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano".

ARTÍCULO CUARTO.- Disponer la remisión a la Dirección General de Desarrollo y Ordenamiento Jurídico del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, en un plazo no mayor de tres (3) días hábiles de la publicación de la resolución directoral en el Diario Oficial "El Peruano", copia autenticada y el archivo electrónico del Anexo respectivo.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES – Dirección General de Caminos y Ferrocarriles – REPUBLICA DEL PERU

Ing. CARLOS E. LOZADA CONTRERAS
DIRECTOR GENERAL
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRANSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS

Edición Mayo 2016

PERÚ PROGRESO PARA TODOS

ÍNDICE

1. PRESENTACIÓN 6

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES 7

1.1 INTRODUCCIÓN 7

1.2 ORGANIZACIÓN DEL MANUAL 7

1.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS 7

1.4 ANTECEDENTES 8

1.5 REQUERIMIENTOS 8

1.6 CONSIDERACIONES 8

1.6.1 DISEÑO 8
1.6.2 UBICACIÓN Y REQUISITOS 9
1.6.3 USO 9
1.6.4 UNIFORMIDAD Y ESTANDARIZACIÓN 9
1.6.5 CONSERVACIÓN O MANTENIMIENTO 9
1.6.6 OBLIGACIÓN DE USO DE LOS DISPOSITIVOS DEL CONTROL 10
1.6.7 INCORPORACIÓN DE NUEVOS DISPOSITIVOS 10
1.6.8 REMOCIÓN DE DISPOSITIVOS NO NECESARIOS 11
1.6.9 PUBLICIDAD 11

1.7 AUTORIDAD COMPETENTE 11

1.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL 12

1.9 ESTUDIOS DE INGENIERÍA VIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO 12

CAPÍTULO 2 SEÑALES VERTICALES 13

2.1 GENERALIDADES 13

2.1.1 DEFINICIÓN 13
2.1.2 FUNCIÓN 13
2.1.3 CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES VERTICALES 13
2.1.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS SEÑALES VERTICALES 13
2.1.4.1 Diseño 14
2.1.4.2 Mensaje 14
2.1.4.3 Forma y color 14
2.1.4.4 Tamaño 18
2.1.4.5 Símbolos 18
2.1.4.6 Orla 18
2.1.4.7 Visibilidad y retrorreflexión 18
2.1.4.8 Ubicación 19
2.1.5 SISTEMA DE SOPORTE 24
2.1.6 CONSERVACIÓN 24
2.1.7 DISPOSICIONES GENERALES 25

2.2 SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN 25

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN 25
2.2.1.1 Mensaje 25
2.2.1.2 Ubicación 26
2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN 26
2.2.3 SEÑALES DE PRIORIDAD 26
2.2.4 SEÑALES DE PROHIBICIÓN 26
2.2.4.1 Señales de prohibición de maniobras y giros 27
2.2.4.2 Señales de prohibición de paso por clase de vehículo 27
2.2.4.3 Otras señales de prohibición 28

2.2.5 SEÑALES DE RESTRICCIÓN 29
2.2.6 SEÑALES DE OBLIGACIÓN 30
2.2.7 SEÑALES DE AUTORIZACIÓN 32

2.3 SEÑALES DE PREVENCIÓN 32

2.3.1 CARACTERÍSTICAS 32
2.3.1.1 Forma 32
2.3.1.2 Color 32
2.3.2 UBICACIÓN 33
2.3.3 CLASIFICACIÓN 35
2.3.4 SEÑALES PREVENTIVAS POR CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS HORIZONTALES DE LA VÍA: 36
2.3.5 SEÑALES PREVENTIVAS POR CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS VERTICALES DE LA VÍA: 36
2.3.6 SEÑALES PREVENTIVAS POR CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE DE RODADURA 37
2.3.7 SEÑALES PREVENTIVA POR RESTRICCIONES FÍSICAS DE LA VÍA 37
2.3.8 SEÑALES PREVENTIVAS DE INTERSECCIONES CON OTRAS VÍAS 38
2.3.9 SEÑALES PREVENTIVAS POR CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DE LA VÍA 39
2.3.10 SEÑALES PREVENTIVAS PARA EMERGENCIAS Y SITUACIONES ESPECIALES 41

2.4 SEÑALES DE INFORMACIÓN 41

2.4.1 OBJETIVO 41
2.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS SEÑALES DE INFORMACIÓN 41
2.4.2.1 Forma y color 41
2.4.2.2 Tamaño y estilo de letras 42
2.4.2.3 Orla 42
2.4.2.4 Flechas 43
2.4.3 DIAGRAMACIÓN DE SEÑALES INFORMATIVAS 44
2.4.3.1 Diagramación de señales informativas tipo mapa 44
2.4.4 ENUMERACIÓN DE SALIDAS 45
2.4.5 UBICACIÓN 46
2.4.6 CLASIFICACIÓN 46
2.4.7 SEÑALES QUE GUÍAN AL USUARIO A SU DESTINO 46
2.4.7.1 Señales de pre señalización 46
2.4.7.1.1 Señales de pre señalización en intersecciones o cruces rurales 47
2.4.7.1.2 Señales de pre señalización en intersecciones o cruces en zonas urbanas con limitación de giro 49
2.4.7.1.3 Señales de pre señalización en carriles de solo salida o deceleración 49
2.4.7.2 Señales de dirección 50
2.4.7.3 Balizas de acercamiento 52
2.4.7.4 Señal de salida inmediata 53
2.4.7.5 Señales de confirmación 53
2.4.7.6 Señales de identificación vial 54
2.4.7.7 Señales de localización 56
2.4.7.8 Señales de servicios generales 57
2.4.7.9 Señalización turística 60

2.5 SEÑALIZACIÓN PARA ESTACIONES DE PEAJE Y PESAJE 61

2.5.1 PRESEÑALIZACIÓN 61
2.5.2 SEÑALIZACIÓN Y ELEMENTOS DE CONTROL DE VELOCIDAD 62
2.5.3 BARRERAS DE CONTROL 62
2.5.4 SEMÁFOROS E INDICADORES DE FORMA DE PAGO 62
2.5.5 ESPIGONES 62

2.6 SEÑALIZACIÓN PARA RAMPAS DE EMERGENCIA 62

2.6.1 PRESEÑALIZACIÓN 63
2.6.2 SEÑAL DE DIRECCIÓN 63
2.6.3 SEÑAL DE INGRESO A LA RAMPA DE EMERGENCIA 63
2.6.4 DEMARCACIÓN 63
2.6.5 DELINEACIÓN DE LA RAMPA 63

2.7 SEÑALIZACIÓN BILINGÜE 63

2.8 SEÑALES DE MENSAJE VARIABLE (SMV) 63

2.9 EQUIPAMIENTO PARA LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS) 64

2.10 DESCRIPCIÓN DE SEÑALES 67

2.10.1 SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN 67
2.10.2 SEÑALES DE PREVENCIÓN 83
2.10.3 SEÑALES DE INFORMACIÓN 98
2.10.4 SEÑALES DE SERVICIOS GENERALES 100
2.10.5 SEÑALES TURÍSTICAS 105

2.11 SEÑALIZACIÓN DE SUCESOS QUE AFECTA LA CIRCULACIÓN DE LA VÍA 108

2.11.1 Sucesos no predecibles 108
2.11.2 Sucesos predecibles 109
2.11.3 Criterios para la señalización de sucesos 109
2.11.4 Principios fundamentales para la señalización de sucesos 109
2.11.5 Dispositivos de control del transito 109
2.11.5.1 Señales reglamentarias 109
2.11.5.2 Señales preventivas 110
2.11.5.3 Señales informativas 110

2.12 TIPO DE ALFABETO 110

2.12.1 Alfabeto tipo, en minúsculas, para señales de tránsito 110
2.12.2 Recomendaciones generales 110

2.13 DIAGRAMACIÓN DE LAS SEÑALES VERTICALES 137

CAPITULO 3 MARCAS EN EL PAVIMENTO O DEMARCACIONES 253

3.1 GENERALIDADES 253

3.2 FUNCIÓN 253

3.3 ELIMINACIÓN DE MARCAS EXISTENTES EN EL PAVIMENTO 253

3.4 RETRORREFLECTANCIA DE LAS MARCAS EN EL PAVIMENTO 253

3.5 MARCAS PLANAS EN EL PAVIMENTO 254

3.5.1 MATERIALES 254
3.5.2 TOLERANCIAS 254
3.5.3 COLOR 255
3.5.4 CONTRASTE 255
3.5.5 SIGNIFICADO Y ANCHO 255
3.5.6 PATRÓN DE LAS LÍNEAS PLANAS SEGMENTADAS Y DISPOSITIVOS ELEVADOS 256
3.5.7 CLASIFICACIÓN 256
3.5.7.1 Marcas planas en el pavimento 257
3.5.7.1.1 Línea de borde de calzada o superficie de rodadura 257
3.5.7.1.2 Línea de carril 259
3.5.7.1.3 Línea central 261
3.5.7.1.4 Líneas canalizadoras de tránsito 266
3.5.7.1.5 Líneas demarcadoras de entradas y salidas 266
3.5.7.1.6 Líneas de transición por reducción de carriles 268
3.5.7.1.7 Línea de pare 270
3.5.7.1.8 Líneas de cruce peatonal 272
3.5.7.1.9 Demarcación de espacios para estacionamiento 273
3.5.7.1.10 Demarcación de no bloquear cruce en intersecciones 277
3.5.7.1.11 Demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta 278
3.5.7.1.12 Otras demarcaciones 293
3.5.7.1.13 Palabras, símbolos y leyendas 299
3.5.7.2 Marcas elevadas en el pavimento 321
3.5.7.2.1 Delineadores de piso 321

3.5.7.2.1.1 Tachas retrorreflectivas 321
3.5.7.2.1.2 Otros delineadores de piso 322
3.5.7.2.2 Delineadores elevados 324
3.5.7.2.2.1 Postes delineadores 324
3.5.7.2.2.2 Señal de delineador de curva horizontal (P-61) - "CHEVRON" 326
3.5.7.2.2.3 Delineador de placa "CAPTAFAROS" 328
3.5.7.2.2.4 Delineadores "MARCADORES EN ZONAS SINGULARES" 328

CAPÍTULO 4 DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO DE CASOS ESPECIALES 333

4.1 DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO EN ZONAS ESCOLARES 333

4.1.1 GENERALIDADES 333
4.1.2 VISIBILIDAD 333
4.1.3 SEÑALIZACIÓN 333

4.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO EN CICLOVÍAS 334

4.3 DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO PARA CRUCES A NIVEL CON FERROCARRILES 341

4.4 DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO PARA TÚNELES 347

CAPÍTULO 5 DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO EN ZONAS DE TRABAJO 352

5.1 GENERALIDADES 352

5.2 ZONA DE TRABAJO 352

5.3 DISPOSICIONES PARTICULARES SOBRE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL EN ZONAS DE TRABAJO 353

5.4 PLAN DE MANTENIMIENTO DE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL (PMTSV) 354

5.5 SEÑALES PARTICULARES PARA LAS ZONAS DE TRABAJO 355

5.5.1 SEÑALES DE PREVENCIÓN 355
5.5.2 SEÑALES INFORMATIVAS 356

5.6 MARCAS ELEVADAS PARTICULARES PARA LAS ZONAS DE TRABAJO 357

5.6.1 DELINEADORES O CANALIZADORES 357
5.6.2 TRANQUERAS O BARRERAS O TAMBORES 359
5.6.3 OTROS DISPOSITIVOS COMPLEMENTARIOS 362

CAPÍTULO 6 SEMÁFOROS 365

6.1 GENERALIDADES 365

6.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SEMÁFORO 365

6.2.1 SOPORTE 365
6.2.2 CABEZA 367
6.2.2.1 Cara 367
6.2.2.1.1 Altura de la cara 368
6.2.2.1.2 Ubicación longitudinal 368
6.2.2.1.3 Ángulo de colocación 370
6.2.2.2 Módulo luminoso o carcasa 370
6.2.2.3 Señal luminosa o lente 371
6.2.2.4 Visera 373
6.2.2.5 Placa de contraste o pantalla antirreflejante 373

6.3 UNIDAD DE CONTROL 375

6.4 ESTACIÓN CENTRAL O CONTROL MAESTRO 376

6.5 DETECTORES 376

6.6 REQUISITOS GENERALES PARA LA INSTALACIÓN DE SEMÁFOROS 377

6.6.1 GENERALIDADES 377
6.6.1.1 Alcances generales de los estudios requeridos 377

6.6.1.2 Alcances generales de las condiciones de tránsito requeridas 378
6.6.1.2.1 Volumen vehicular para ocho horas 378
6.6.1.2.2 Volumen vehicular para cuatro horas 379
6.6.1.2.3 Volumen vehicular para horas punta 380
6.6.1.2.4 Volumen peatonal 382
6.6.1.2.5 Movimiento o circulación progresiva 382
6.6.1.2.6 Accidentes frecuentes 382
6.6.1.2.7 Red vial 382
6.6.1.2.8 Intersección cerca de un paso a nivel ferroviario 383

6.7 TIPO DE SEMÁFOROS 384

6.7.1 CLASIFICACIÓN 384
6.7.1.1 Semáforos para vehículos 385
6.7.1.1.1 Semáforos fijos o presincronizados 385
6.7.1.1.2 Semáforos sincronizados por el tránsito 385
6.7.1.1.3 Semáforos adaptados al tránsito 385
6.7.1.2 Semáforos para peatones 385
6.7.1.3 Semáforos especiales 387
6.7.1.3.1 Semáforos de destellos o intermitentes 387
6.7.1.3.2 Semáforos para regular el uso de carriles 388
6.7.1.3.4 Semáforos para indicar la aproximación de trenes 389
6.7.1.3.5 Semáforos para regular el uso de carriles de peaje 389

6.8 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS Y CONFIGURACIÓN DE LOS INDICADORES DE LOS SEMÁFOROS 389

6.8.1 FORMA Y COLOR DE LOS INDICADORES DEL SEMÁFORO 389
6.8.2 POSICIÓN DE LOS INDICADORES DENTRO DEL SEMÁFORO 390
6.8.2 CONFIGURACIÓN DE LOS INDICADORES DE LOS SEMÁFOROS 390

PRESENTACIÓN

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles; así como de fiscalizar su cumplimiento.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC tiene como uno de sus principales objetivos propender a que el transporte se desarrolle en condiciones de eficiencia, seguridad para los usuarios y protección del medio ambiente. En este marco, el MTC consideró prioritaria la revisión y actualización del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, vigente desde el año 2000.

El presente Manual constituye el documento técnico oficial, destinado a establecer la necesaria e imprescindible uniformidad en el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito (señales verticales y horizontales o marcas en pavimento, semáforos y dispositivos auxiliares). Contiene los diseños gráficos de las señales reglamentarias, preventivas y de información; igualmente, incorpora señales reguladoras y preventivas en zonas de trabajo e incluye señales turísticas.

Con la utilización del Manual, en las tareas de diseño, construcción y mantenimiento vial, no solo se logrará uniformizar los dispositivos de control del tránsito, sino que se contribuirá a mejorar la seguridad en las vías urbanas y carreteras del país.

El presente manual constituye una herramienta para las diferentes etapas de un proyecto vial (diseño, construcción, mantenimiento vial, entre otros) que contiene los dispositivos de control del tránsito, que contribuirán a mejorar la seguridad en las vías urbanas y carreteras del país.

Finalmente, cabe destacar, el propósito del MTC de actualizar periódicamente el Manual como resultado de las experiencias que se recojan por su utilización y la adopción de innovaciones tecnológicas, producto de los adelantos en la ingeniería vial.

Lima, mayo de 2016

CAPÍTULO 1
GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente Manual es un documento oficial que contiene los diferentes dispositivos para el control del tránsito o movilidad, para ser utilizados en el diseño, construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, conservación o mantenimiento y dispositivos de control del tránsito temporal en zonas de trabajo y emergencias o sucesos.

En el contenido del Manual se establece el modo de empleo de los diferentes dispositivos de control del tránsito, en cuanto se refiere a su clasificación, funcionalidad, color, tamaño, formas y otros, a utilizarse en las vías que conforman el Sistema Nacional de Carreteras, así como de las vías urbanas.

Su alcance es de ámbito nacional y debe ser utilizado por las autoridades competentes del control y regulación del tránsito o movilidad en las vías urbanas y carreteras, incluyendo las ciclovías, estacionamientos públicos o privados, vías peatonales y vías privadas con acceso al público.

Los requerimientos que brinda este Manual son de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio por las órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno (Nacional, Regional y Local).

1.2 ORGANIZACIÓN DEL MANUAL

Este documento está organizado en seis capítulos, los cuales se dividen en secciones y sub-secciones, siendo los siguientes:

a. Capítulo 1 Generalidades
b. Capítulo 2 Señales verticales
c. Capítulo 3 Marcas en el pavimento o demarcaciones
d. Capítulo 4 Dispositivos de control del tránsito de casos especiales
e. Capítulo 5 Dispositivos de control del tránsito en zonas de trabajo
f. Capítulo 6 Semáforos

1.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS

La definición de los términos usados en el presente documento corresponde al "Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial", vigente.

Así mismo, se incluye los siguientes términos que serán de uso exclusivo para el presente Manual:

CICLISTA:

Persona que transita en bicicleta

CICLOVÍA:

Vía destinada al uso exclusivo de bicicletas.

CONFLUENCIA:

Tramo en que convergen flujos de tráfico similares.

CONSISTENCIA:

Coherencia entre los elementos de un conjunto.

DETECTORES:

Llamados también sensores, son dispositivos capaces de registrar variables de tránsito.

DIAGRAMACIÓN:

Diseño del formato de los dispositivos de control del tránsito.

DISTANCIADORES:

Símbolo empleado para indicar al conductor la distancia mínima que debe mantener al vehículo que lo antecede, con la finalidad de disponer del tiempo suficiente para reaccionar.

INTERMITENCIA:

Posibilidad de continuar la entrega de un mensaje.

NICHO DE AUXILIO:

Llamado también estación de seguridad en túneles.

1.4 ANTECEDENTES

El "Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras" fue aprobado mediante Resolución Ministerial Nº 413-93-TCC/15.01 de 13 de octubre de 1993.

El 03 de mayo del 2000 se aprobó la actualización del "Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras" mediante Resolución Ministerial Nº 210-2000-MTC/15.02.

Las modificaciones al indicado Manual, se aprobaron mediante: Resolución Ministerial Nº 405-2000-MTC/15.02; Resolución Ministerial Nº 733-2004-MTC/02; Resolución Ministerial Nº 870-2008-MTC/02; Resolución Directoral Nº 18-2012-MTC/14; y Resolución Directoral Nº 018-2014-MTC/14.

1.5 REQUERIMIENTOS

Para ser efectivo un dispositivo de control del tránsito es necesario que cumpla con los siguientes requisitos:

a. Que exista una necesidad para su utilización.
b. Que llame positivamente la atención y ser visible.
c. Que encierre un mensaje claro y conciso.
d. Que su localización permita al usuario un tiempo adecuado de reacción y respuesta.
e. Infundir respeto y ser obedecido.
f. Uniformidad.

1.6 CONSIDERACIONES

Para el cumplimiento de los mencionados requerimientos debe tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

1.6.1 Diseño

El diseño y la apariencia exterior de cada dispositivo, tiene importancia en el desarrollo de su función. Su diseño debe asegurar que:

a. Las características del dispositivo, tamaño, contraste, color, forma, composición y retrorreflectorización e iluminación estén combinadas de tal forma que atraigan la atención del usuario.
b. Las características de tamaño y color se aprecien igual durante el día, la noche y períodos de visibilidad limitada.
c. El mensaje del dispositivo debe ser neutro en género.

d. La forma, tamaño, colores y diagramación del mensaje se combinen para que éste sea claro, sencillo e inequívoco para el usuario.
e. En cuanto al mensaje, la forma, color y sencillez del mismo deberán combinarse con la localización para permitir un tiempo adecuado de percepción y reacción en función a los requisitos que establece el Manual de Carreteras - Diseño Geométrico (DG vigente), para estos casos.
f. La uniformidad, racionalidad, tamaño y legibilidad deberán estar combinados de manera de conseguir la debida comprensión de parte del usuario de la vía.
g. Su tamaño, forma y mensaje concuerden con la situación que se señaliza, contribuyendo a su credibilidad y acatamiento.
h. La apariencia de la señal (color, mensaje, forma y otros) debe ser la misma durante el día y la noche.

1.6.2 Ubicación y requisitos

La ubicación de los dispositivos deberá estar dentro del cono visual del usuario, de tal manera que atraiga su atención y facilite su lectura e interpretación tomando en consideración la velocidad máxima o diseño que permite la vía. Adicionalmente, los dispositivos deberán ubicarse apropiadamente en función a la ubicación, objeto, o situación de otros dispositivos complementarios.

Los dispositivos deben instalarse de tal manera que capten oportunamente la atención de los usuarios de distintas capacidades visuales, cognitivas y psicomotoras, otorgando a éstos, la facilidad y tiempo para distinguirlos de su entorno, leerlos, entenderlos, seleccionar la acción o maniobra y realizarla con eficacia y seguridad. Un conductor que viaja a la velocidad máxima permitida en la vía, siempre debe tener el tiempo necesario para poder realizar tales acciones tanto de día como de noche, y en condiciones variadas del entorno.

La ubicación del dispositivo no debe restar espacio vital a otros usuarios de las vías públicas ni restar a la funcionalidad de otro dispositivo. Los dispositivos deben colocarse de forma consistente y uniforme en todas las vías.

1.6.3 Uso

La aplicación de cada dispositivo debe ser tal, que esté de acuerdo con los requerimientos de tránsito vehicular y/o peatonal.

1.6.4 Uniformidad y estandarización

La uniformidad de los dispositivos para el control del tránsito simplifica la labor del usuario de las vías y de las autoridades competentes, puesto que ayuda al reconocimiento y entendimiento de los mismos; es decir, la uniformidad permite a los peatones, conductores y autoridades competentes, la misma interpretación de un dispositivo dado.

1.6.5 Conservación o mantenimiento

La conservación o mantenimiento de los dispositivos y de su entorno debe asegurar su visibilidad, legibilidad, retrorreflectividad y color en todo momento. Los dispositivos limpios, legibles, adecuadamente localizados y en buenas condiciones de funcionamiento, llaman la atención, inspiran respeto de los conductores y peatones y por tanto, contribuyen a la seguridad vial.

En los programas de mantenimiento o conservación vial y/o inspecciones de seguridad vial, deberán programarse mediciones periódicas de los niveles de retrorreflectividad de la señal tal como se encuentra en la vía y mediciones luego de hacer limpieza al tablero, con el objeto de hallar los niveles de retrorreflectividad percibidos por el usuario y determinar si la señal requiere limpieza o reemplazo por estar debajo de los niveles mínimos establecidos en el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG – vigente).

Las indicadas mediciones de retrorreflectividad, deberán realizarse según lo establecido por la normativa ASTM E1709-09 para señales verticales y ASTM E1710-11 para las marcas en el pavimento.

1.6.6 Obligación de uso de los dispositivos del control

Es obligatorio el uso de los dispositivos de control del tránsito establecidos en el presente Manual, estando por tanto, prohibido la colocación y uso de dispositivos de control del tránsito que no cumplan con los requisitos establecidos en el mismo.

1.6.7 Incorporación de nuevos dispositivos

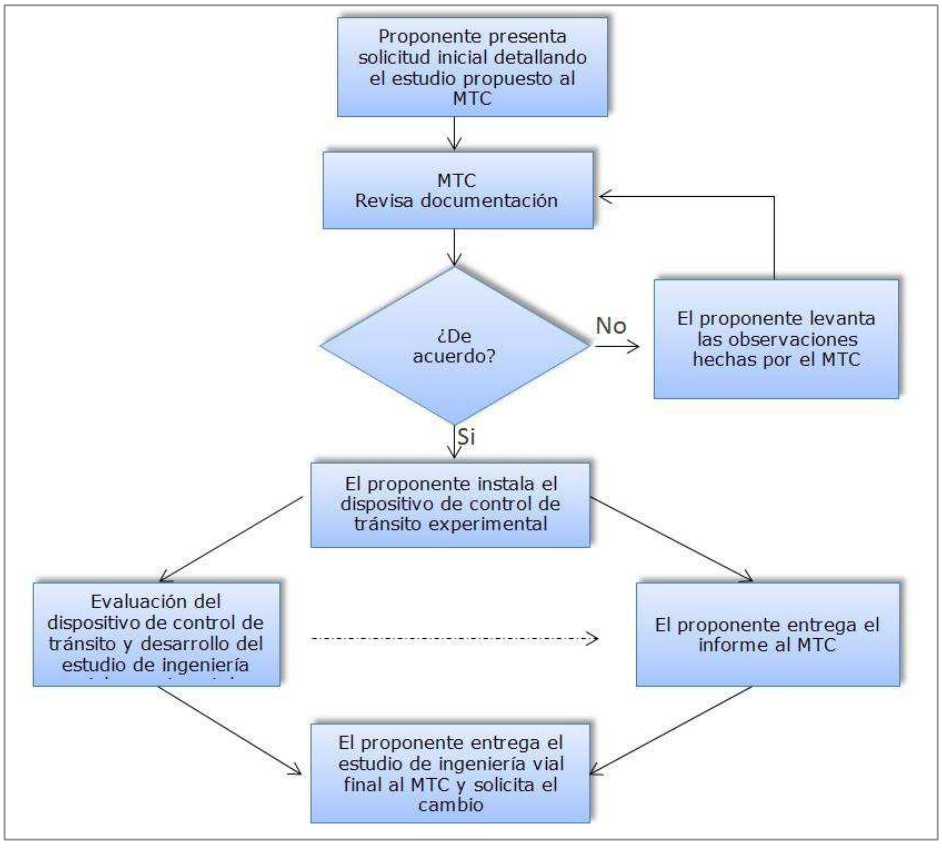
Teniendo en consideración que los cambios tecnológicos obligan a la modificación, complementación o introducción de nuevos dispositivos de control del tránsito, pueden surgir situaciones no previstas en el presente Manual, cuyo procedimiento es necesario formalizar.

Cuando se considere necesaria la modificación, complementación o incorporación de nuevos dispositivos de control del tránsito, el proponente presentará la propuesta correspondiente con el respectivo sustento técnico, a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), quien llevará a cabo un proceso de evaluación y de ser el caso procederá a su aprobación e incorporación al presente Manual.

En aquellos casos que así lo ameriten, la DGCF del MTC podrá autorizar mediante acto administrativo, el uso experimental de nuevos dispositivos de control del tránsito siempre que contribuyan a la mejora de la seguridad vial.

La evaluación del comportamiento de estos elementos experimentales en la mejora de la seguridad vial, servirá de base para su aprobación futura. La **Figura 1.1** presenta un Diagrama del proceso de experimentación a seguir:

Figura 1.1 Diagrama de Flujo - Proceso de Experimentación



La propuesta básicamente deberá contener lo siguiente:

a. Plan de investigación o evaluación que debe contener el monitoreo de la experimentación, especialmente en las primeras etapas de su puesta en campo.
b. El Plan debe contener el periodo y la ubicación del experimento, así como los datos cuantitativos antes y después del estudio que describa el funcionamiento del dispositivo experimental.
c. Descripción del nuevo dispositivo propuesto y la necesidad de su implementación.
d. Declaración jurada que certifique que el concepto del dispositivo no está protegido por una patente o un copyright.
e. Compromiso del proponente del financiamiento del experimento, que debe incluir la restauración del lugar del experimento y las condiciones de su implementación en el presente Manual. Este compromiso debe también estipular, que el proponente suspenderá la experimentación en cualquier momento que se determine que la seguridad vial es afectada.
f. Compromiso de entrega de los informes de avance de acuerdo a la duración de la experimentación, y entrega de los resultados finales.
g. La DGCF del MTC puede cancelar en cualquier momento la experimentación si ésta no se realiza de acuerdo a lo establecido.

Una vez concluido satisfactoriamente el proceso de experimentación, la DGCF del MTC aprobará el o los nuevos dispositivos de control del tránsito, y su incorporación al presente Manual.

1.6.8 Remoción de dispositivos no necesarios

Durante los procesos de mantenimiento o conservación, rehabilitación o mejoramiento de vías, cambios en las condiciones de flujo y operación, o cualquier otra variación del tránsito o la vialidad, se deben evaluar todos los dispositivos de control del tránsito a fin de que mantengan sus condiciones originales de servicio.

En tal sentido, no deben quedar dispositivos que no se ajusten a las condiciones de operación de la vía, incluyendo la etapa de ejecución de obras.

1.6.9 Publicidad

Los dispositivos de control del tránsito no deberán contener ninguna publicidad ya sea de concesionarios, entidades públicas o privadas dentro de su superficie o dentro del área de influencia de la señal.

1.7 AUTORIDAD COMPETENTE

Los dispositivos para el control del tránsito deberán ser colocados con autorización de la autoridad competente de la gestión de la infraestructura vial y de acuerdo con las normas establecidas en el presente Manual.

Las autoridades competentes que controlan y fiscalizan el Derecho de Vía, dispondrán el retiro sin previo aviso, de cualquier rótulo, señal o marca que afecte o constituya peligro para la seguridad vial.

Queda prohibido colocar avisos publicitarios en el Derecho de la Vía, en el dispositivo y/o en su soporte.

En el caso de la ejecución de obras en la vía pública, bajo responsabilidad de quienes las ejecutan se deberá tener instalaciones de señales temporales de construcción y conservación vial autorizadas por el supervisor o inspector de la obra, de conformidad con lo dispuesto en el

Capítulo 5 de este Manual. Dichas señales deberán ser retiradas una vez finalizadas las obras correspondientes.

1.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL

Para garantizar las especificaciones técnicas y características de desempeño y calidad de los materiales usados en la señalización vertical y horizontal así como de otros dispositivos de control del tránsito, deben cumplirse las disposiciones establecidas por el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG vigente), así como de las Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales, vigente; del MTC.

De ser necesaria la utilización de materiales no abarcados por la normatividad antes indicada, tendrán las condiciones de especificaciones especiales, que deberán cumplir con las normatividad internacional correspondiente y aprobación respectiva.

1.9 ESTUDIOS DE INGENIERÍA VIAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO

La implementación de los dispositivos de control del tránsito, se realizará de acuerdo a los estudios de ingeniería vial que debe realizarse para cada caso, y que entre otros contemple, el tipo de vía, el uso del suelo del sector adyacente, las características de diseño acorde al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (DG vigente), características de operación, sus condiciones ambientales, y en concordancia con las normas de tránsito correspondientes.

En cualquiera de las etapas de un proyecto, el estudio de ingeniería vial de señalización deberá estar sustentados técnicamente, elaborado y firmado por un ingeniero con especialidad que corresponda a señalización vial.

La implementación o complementación de los dispositivos de control del tránsito también se realizará de acuerdo a los resultados de auditorías o inspecciones viales.

CAPÍTULO 2
SEÑALES VERTICALES

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 Definición

Las señales verticales son dispositivos instalados al costado o sobre el camino, y tienen por finalidad, reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos establecidos en este Manual. Cabe mencionar que los ejemplos presentados solo tienen carácter ilustrativo, por cuanto cada dispositivo de control que se incluya en un proyecto, deberá ser diseñado específicamente.

2.1.2 Función

Siendo la función de las señales verticales, la de reglamentar, prevenir e informar al usuario de la vía, su utilización es fundamental principalmente en lugares donde existen regulaciones especiales, permanentes o temporales, y en aquellos donde los peligros no siempre son evidentes.

Su implementación será de acuerdo al estudio de ingeniería vial anteriormente citado debiendo evitarse por ejemplo, el uso excesivo de señales verticales en un tramo corto puesto que puede ocasionar contaminación visual y pérdida de su efectividad. Asimismo, es importante el uso frecuente de señales informativas de identificación y destino, a fin de que los usuarios de la vía conozcan oportunamente su ubicación y destino.

2.1.3 Clasificación de las señales verticales

De acuerdo a la función que desempeñan, las señales verticales se clasifican en 3 grupos:

a. Señales Reguladoras o de Reglamentación: Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, en el uso de las vías. Su incumplimiento constituye una falta que puede acarrear un delito.

b. Señales de Prevención: Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

c. Señales de Información: Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en la forma más simple y directa posible. Además proporcionan información relativa a distancias a centros poblados y de servicios al usuario, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, y otros.

Las indicadas señales son de carácter permanente, sin embargo, también deben utilizarse en situaciones temporales, que están referidas a aquellas que modifican transitoriamente la utilización u operación de la vía, en cuyo caso también podrá utilizarse señalización transitoria de carácter especial, estáticas y/o dinámicas de mensaje variable, a fin de prevenir e informar al usuario sobre la existencia de situaciones particulares en la vía, mediante mensajes oportunos y claros en tiempo real, de acuerdo al estudio de ingeniería vial correspondiente para cada caso.

2.1.4 Características de las señales verticales

En esta sección se describen las características básicas aplicables a todas las señales verticales.

2.1.4.1 Diseño

La uniformidad en el diseño en cuanto a: forma, colores, dimensiones, leyendas, símbolos; es fundamental para que el mensaje sea fácil y claramente recibido por el usuario. El presente Manual incluye el diseño y tamaño de las señales, así como el alfabeto modelo que abarca diferentes tamaños de letras y recomendaciones sobre el uso de ellas y el espaciamiento entre letras.

2.1.4.2 Mensaje

Toda señal debe transmitir un mensaje inequívoco al usuario del sistema vial, lo que se logra a través símbolos y/o leyendas. Estas últimas se componen de palabras y/o números. Las condiciones similares deben siempre anunciarse con el mismo tipo de señal, independientemente de dónde ocurran.

Dado que los símbolos se entienden más rápidamente que las leyendas, se recomienda dar prioridad al uso de ellos, según lo especificado en este Manual.

Si el mensaje está compuesto por un símbolo y una leyenda, estos deben ser concordantes. Cuando se usen abreviaturas para unidades de medida, éstas deben corresponder al sistema internacional.

Cuando se utilizan leyendas, las letras y números deben corresponder a la tipografía detallada en la **Sección 2.12**, no siendo aceptable el uso de otros tipos de letras o números, ni espaciamientos menores que los ahí mencionados. Esta normalización asegura y optimiza la legibilidad de las señales.

En señales de reglamentación y de prevención, las leyendas inscritas en ellas, así como las contenidas en los letreros o placas que las complementan, deben estar en letras mayúsculas cuando no se especifique el uso de letras minúsculas en este capítulo. En las señales de información, el uso de mayúsculas o minúsculas está determinado por el tamaño de la letra, como se especifica en la **Sección 2.12**. Normalmente las señales de información se diagraman con letras minúsculas ya que estudios han demostrado que éstas son más legibles en el ámbito vial.

Al instalar una señal cuyo símbolo resulte nuevo en una localidad o región, se recomienda agregar una placa educativa inmediatamente debajo de la señal, que exprese en un texto lo que representa la simbología. Esta placa debe ser rectangular, su ancho no puede exceder el de la señal y su combinación de colores debe corresponder a la de ésta. La placa deberá ser usada por un período máximo de tres años a partir de la instalación de la nueva señal.

2.1.4.3 Forma y color

Las señales reguladoras o de reglamentación, deberán tener la forma circular inscrita dentro de una placa cuadrada o rectangular, con excepción de la señal de «PARE», de forma octogonal, y de la señal "CEDA EL PASO", de la forma de un triángulo equilátero con un vértice hacia abajo. En algunos casos también estará contenida la leyenda explicativa del símbolo.

Las señales de prevención y temporales de construcción tendrán la forma romboidal, un cuadrado con la diagonal correspondiente en posición vertical, con excepción de las de delineación de curvas ("CHEVRON"), cuya forma será rectangular correspondiendo su mayor dimensión al lado vertical, las de ZONA DE NO ADELANTAR que tendrán forma triangular y las de ZONAS ESCOLARES con forma pentagonal.

Las señales de información tendrán la forma rectangular con su mayor dimensión horizontal, a excepción de los indicadores de ruta y de las señales auxiliares. Las señales de servicios generales y las señales de turismo tendrán forma cuadrada.

El color de fondo a utilizarse en las señales verticales será como sigue:

a. AMARILLO. Se utilizará como fondo para las señales de prevención.

b. NARANJA. Se utilizará como fondo para las señales en zonas de ejecución de obras de construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, y mantenimiento o conservación de calles y carreteras.

c. AMARILLO FLUORESCENTE. Se utilizará como fondo para todas las señales de prevención en situaciones que se requiera mayor visibilidad diurna y señales informativas con contenido de prevención.

d. NARANJA FLUORESCENTE. Se utilizará como fondo para todas las señales en zonas de trabajo de construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, y mantenimiento o conservación en situaciones que se requiera mayor visibilidad diurna.

e. AZUL. Se utilizará como fondo en las señales informativas y de servicios generales.

f. BLANCO. Se utilizará como fondo para las señales de reglamentación e informativas, así como para las leyendas o símbolos de las señales informativas y en la palabra «PARE».

g. NEGRO. Se utilizará como fondo en las señales informativas de dirección de tránsito así como en el fondo de las señales de mensaje variable, los símbolos y leyendas en las señales de reglamentación, prevención y de aviso de zonas de trabajo de construcción, rehabilitación, mejoramiento, puesta a punto, y mantenimiento o conservación.

h. MARRÓN. Se utilizará como fondo para señales informativas de lugares turísticos, centros de recreo e interés cultural, Sin embargo, de ser el caso se cumplirá o complementará con lo establecido en las normas sobre señalización del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo MINCETUR.

i. ROJO. Se utilizará como fondo en las señales de «PARE», «NO ENTRE», en el borde de la señal «CEDA EL PASO» y para las orlas y diagonales en las señales de reglamentación, turística. Adicionalmente se utilizará para señales informativas de servicios generales de emergencia **Figura 2.55:** Capítulo 2, **Sección 2.10**.

j. VERDE. Se utilizará como fondo en las señales de información.

k. AMARILLO LIMÓN FLUORESCENTE. Se usará para todas las señales preventivas en zonas escolares, académicas, centros hospitalarios, centros deportivos, centros comerciales, estaciones de bomberos, etc.

l. ROSADO FLUORESCENTE. Se usará para sucesos o incidentes de emergencias que afecten la vía.

Las señales verticales deben mantener en forma efectiva durante toda su vida útil los colores especificados. Los colores se definirán sobre la base de coordenadas cromáticas X e Y aplicadas sobre el Diagrama Cromático CIE 1931 (**Figura 2.1** y **Figura 2.2**). Estas coordenadas representan las esquinas de los polígonos que definen el color especificado. Los colores deben estar dentro de los polígonos correspondientes, formados por los vértices establecidos por la norma ASTM D-4956, vigente. Los valores de las coordenadas cromáticas se muestran en la **Tabla 2.1** y **Tabla 2.2**.

Figura 2.1 Diagrama Cromático CIE 1931

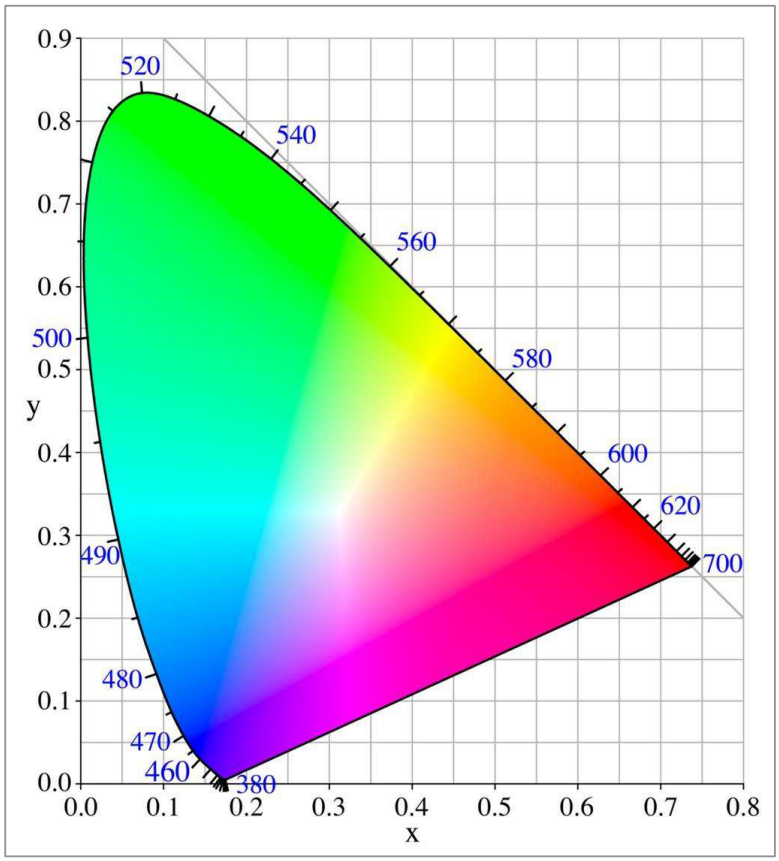


Figura 2.2 Diagrama Cromático CIE 1931

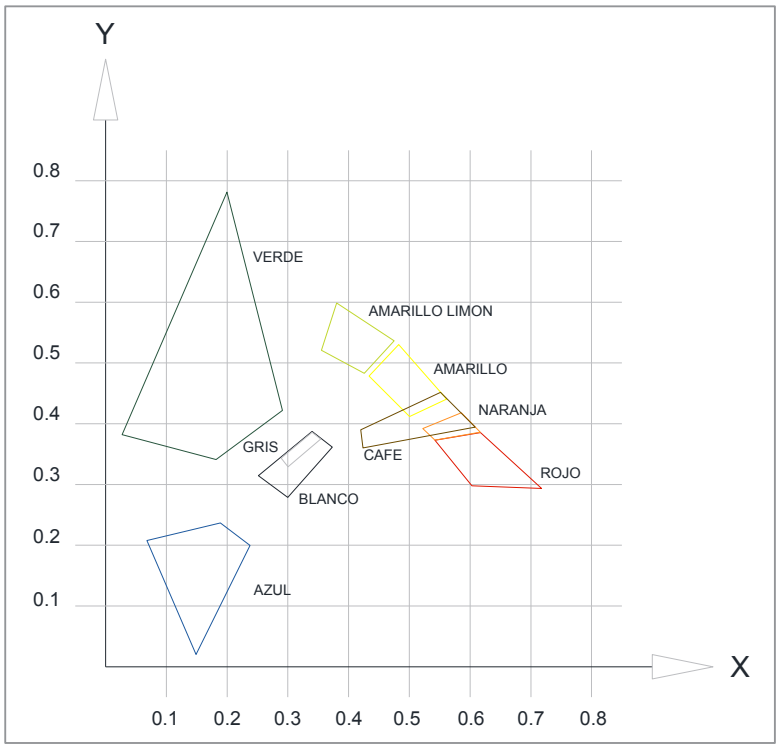


Tabla 2.1 Coordenadas Cromáticas de Día – ASTM D4956

Color	1		2		3		4		5	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Blanco	0,303	0,300	0,368	0,366	0,340	0,393	0,274	0,329		
Amarillo	0,498	0,412	0,557	0,442	0,479	0,520	0,438	0,472		
Naranja	0,558	0,352	0,636	0,364	0,570	0,429	0,506	0,404		
Verde [B]	0,026	0,399	0,166	0,364	0,286	0,446	0,207	0,771		
Rojo	0,648	0,351	0,735	0,265	0,629	0,281	0,565	0,346		
Azul [B]	0,140	0,035	0,244	0,210	0,190	0,255	0,065	0,216		
Marrón	0,430	0,340	0,610	0,390	0,550	0,450	0,430	0,390		
Amarillo-verde Fluorescente (Amarillo-limón)	0,387	0,610	0,369	0,546	0,428	0,496	0,460	0,540		
Amarillo fluorescente	0,479	0,520	0,446	0,483	0,512	0,421	0,557	0,442		
Naranja fluorescente	0,583	0,416	0,535	0,400	0,595	0,351	0,645	0,355		
Rosado fluorescente	0.450	0.270	0.590	0.350	0.644	0.290	0.536	0.230	0.644	0.221

Tabla 2.2 Coordenadas Cromáticas de Noche – ASTM D4956

Color	1		2		3		4	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Blanco								
Amarillo	0,513	0,487	0,500	0,470	0,545	0,425	0,572	0,425
Naranja	0,595	0,405	0,565	0,405	0,613	0,355	0,643	0,355
Verde	0,007	0,570	0,200	0,500	0,322	0,590	0,193	0,782
Rojo	0,650	0,348	0,620	0,348	0,712	0,255	0,735	0,265
Azul	0,033	0,370	0,180	0,370	0,230	0,240	0,091	0,133
Marrón	0,595	0,405	0,540	0,405	0,570	0,365	0,643	0,355
Amarillo-verde fluorescente	0,480	0,520	0,473	0,490	0,523	0,440	0,550	0,449
Amarillo fluorescente	0,554	0,445	0,526	0,437	0,569	0,394	0,610	0,390
Naranja fluorescente	0,625	0,375	0,589	0,376	0,636	0,330	0,669	0,331
Rosado fluorescente								

2.1.4.4 Tamaño

El tamaño de las señales de reglamentación y prevención serán determinadas en base a la velocidad máxima de operación, ya que ésta determina las distancias mínimas a las que la señal deba ser vista y leída.

Las dimensiones mínimas de cada señal de reglamentación y prevención, se detallan en la **Sección 2.13** del presente Capítulo, han sido definidas considerando los siguientes cuatro rangos de velocidades máximas, múltiplos de 10:

- Menor o igual a 50 km/h
- 60 - 70 km/h
- 80 - 90 km/h

100 o mayor km/h

No obstante, cuando se requiera mejorar la visibilidad de una señal, tales dimensiones mínimas pueden ser aumentadas al rango siguiente, siempre que se mantenga la proporción entre todos sus elementos.

Diferente es el caso de las señales de información, ya que en éstas el tamaño de la señal depende del tamaño de letra seleccionada, de la leyenda y los demás elementos a inscribir en la señal. De acuerdo con el tamaño de letra que corresponda a la velocidad máxima y a las características geométricas del tramo vial, la señal se diagrama horizontal y verticalmente con los espacios pertinentes entre todos sus elementos: leyenda, símbolo, orla, flechas y otras.

2.1.4.5 Símbolos

Los símbolos diseñados deberán ser utilizados de acuerdo a lo prescrito en el presente Manual.

2.1.4.6 Orla

Las señales que llevan orla, deberán conformarse con lo prescrito en este Manual, en cuanto a colores y dimensiones. Tiene la función de hacer resaltar la señal, y contribuir a su visualización.

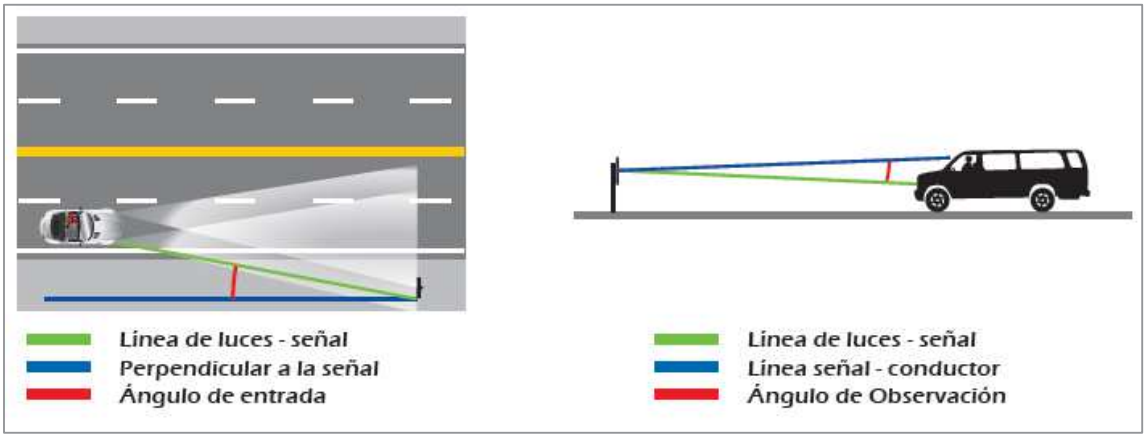
2.1.4.7 Visibilidad y retrorreflexión

Las señales deben ser visibles durante las 24 horas del día y bajo toda condición climática, asegurando una adecuada retrorreflexión.

La retrorreflexión es una propiedad de la señal que debe mantenerse en igualdad de condiciones durante la noche o en condiciones de baja luminosidad por efecto de las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que refleja retorna hacia la fuente luminosa (**Figura 2.3**).

Todos los elementos de una señal vertical, es decir, fondo, caracteres, orlas, símbolo, leyendas y pictogramas, con la sola excepción de aquellos de color negro, deberán estar compuestos de material retrorreflectante, de acuerdo a lo establecido en el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG- vigente.

Figura 2.3 Retrorreflexión



Para señales ubicadas a la izquierda debe aumentarse el valor de la retrorreflexión por un factor de 1,5 y para las señales aéreas por un factor de 3, ya que éstas normalmente no son iluminadas totalmente por los faros del vehículo.

En zonas en que presenten condiciones climáticas de visibilidad adversa (día o noche), como por ejemplo neblina, debe utilizarse señales con propiedad retrorreflectante de un nivel superior a lo normalmente especificado y/o fluorescentes, con la finalidad de mejorar la percepción por el usuario.

2.1.4.8 Ubicación

Para asegurar la eficacia de una señal, su localización debe considerar:

a. Distancia entre la señal y la situación a la cual ésta se refiere (ubicación longitudinal).
b. Distancia entre la señal y la calzada (ubicación lateral).
c. Altura de la señal.
d. Orientación del tablero de la señal.

A. UBICACIÓN LONGITUDINAL

La ubicación longitudinal de la señal debe posibilitar que un usuario que se desplaza a una velocidad máxima permitida en la vía, tenga tiempo de percepción y reacción para efectuar las acciones para una adecuada operación. En general una señal deberá cumplir con lo siguiente:

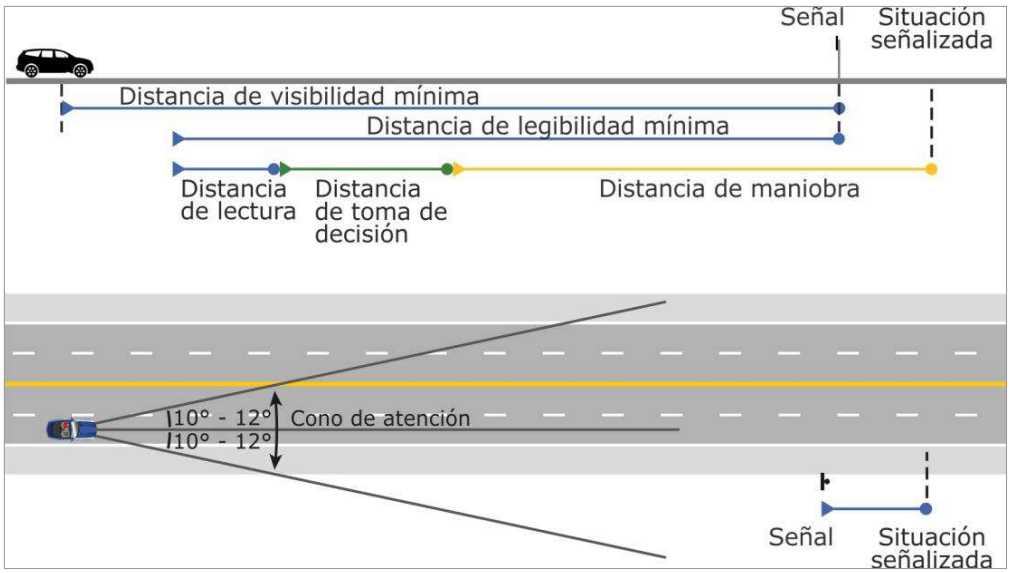
a. Indicar el inicio o fin de una restricción o autorización, en cuyo caso la señal debe ubicarse en el lugar específico donde esto ocurre.

b. Advertir o informar sobre condiciones de la vía o de acciones que se deben o pueden realizar más adelante.

La ubicación longitudinal de la señal **(Figura 2.4)**, está en función a las siguientes distancias que se indican a continuación:

a. Distancia de visibilidad mínima
b. Distancia de legibilidad mínima
c. Distancia de lectura
d. Distancia de toma decisión
e. Distancia de maniobra

Figura 2.4 Ubicación Longitudinal y Distancias de Lectura



B. UBICACIÓN LATERAL

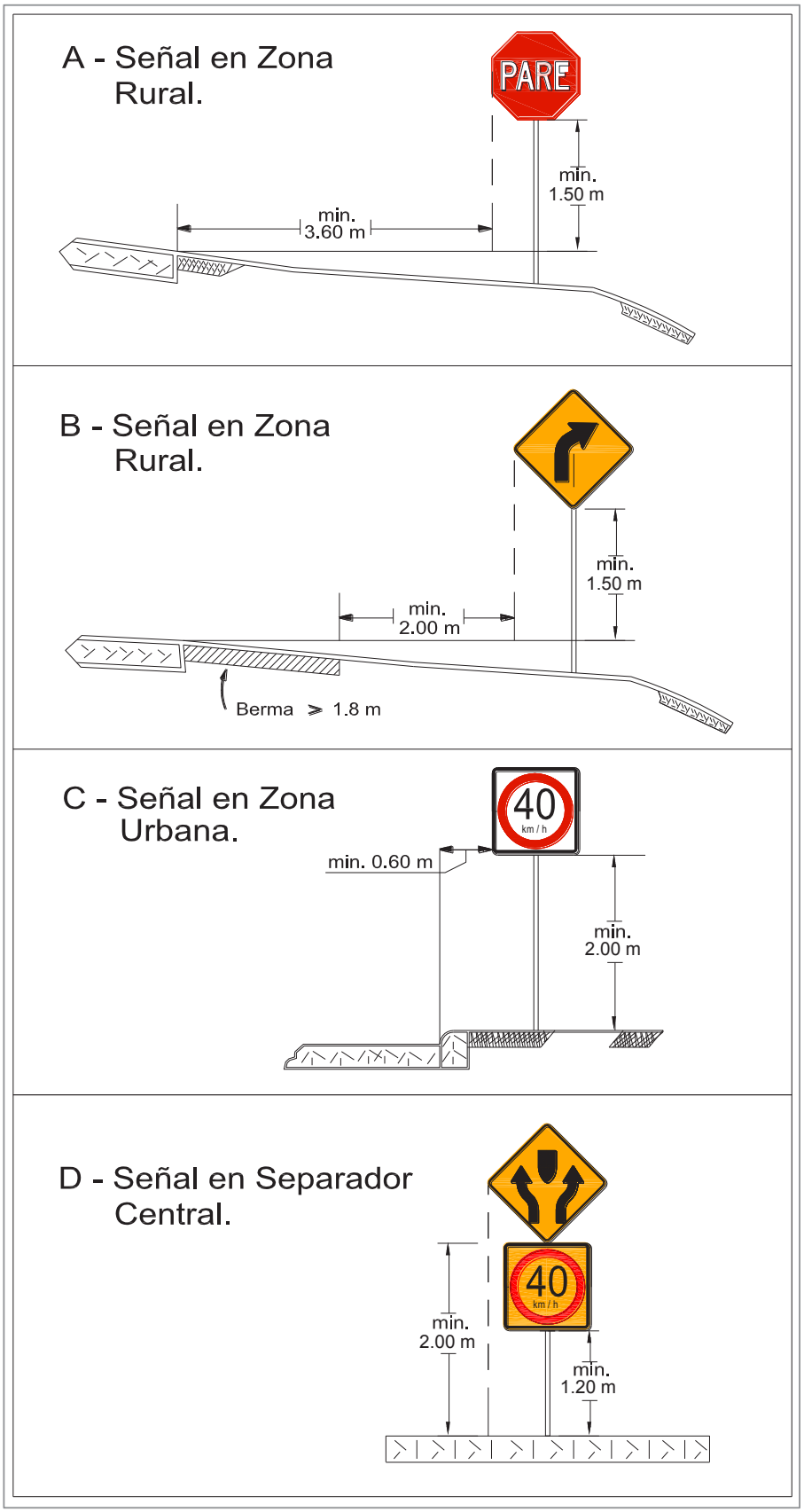
La ubicación lateral de las señales debe ser al lado derecho de la vía, fuera de las bermas y dentro del cono de atención del usuario; sin embargo, cuando existan movimientos vehiculares complejos, tales como vías de un sentido con dos o más carriles, tramos con prohibición de adelantamiento, o dificultad de visibilidad, podrá instalarse una señal similar en el lado izquierdo con fines de mejorar la seguridad vial.

En zonas rurales, la distancia del borde de la calzada al borde próximo de la señal, con excepción de los delineadores, deberá ser como mínimo 3,60 m. para vías con ancho de bermas inferior a 1,80 m., y de 5,00 m. para vías con ancho de bermas iguales o mayores a 1,80 m. En casos excepcionales y previa justificación técnica, las señales podrán colocarse a distancias diferentes a las antes indicadas, cuando las condiciones del terreno u otras causas no lo permitan.

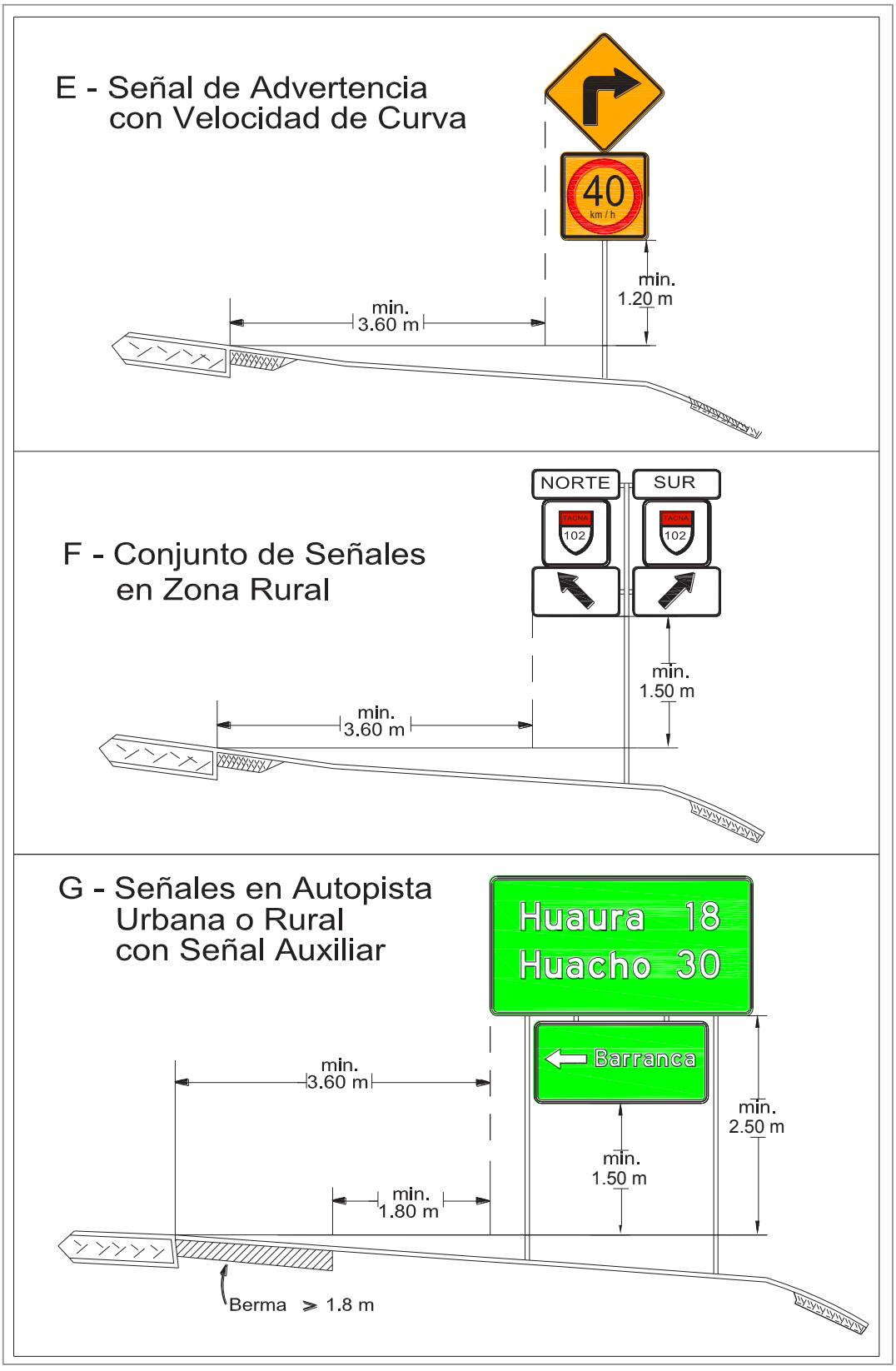
En las zonas urbanas, la distancia del borde de la calzada (sardinel) al borde próximo de la señal, deberá ser como mínimo 0,60 m. En casos excepcionales y previa justificación técnica, las señales podrán colocarse a distancias diferentes a la indicada, en función a las características de las veredas u otros elementos de la vía urbana materia de señalización.

Lo anteriormente descrito puede apreciarse en la **Figura 2.5**.

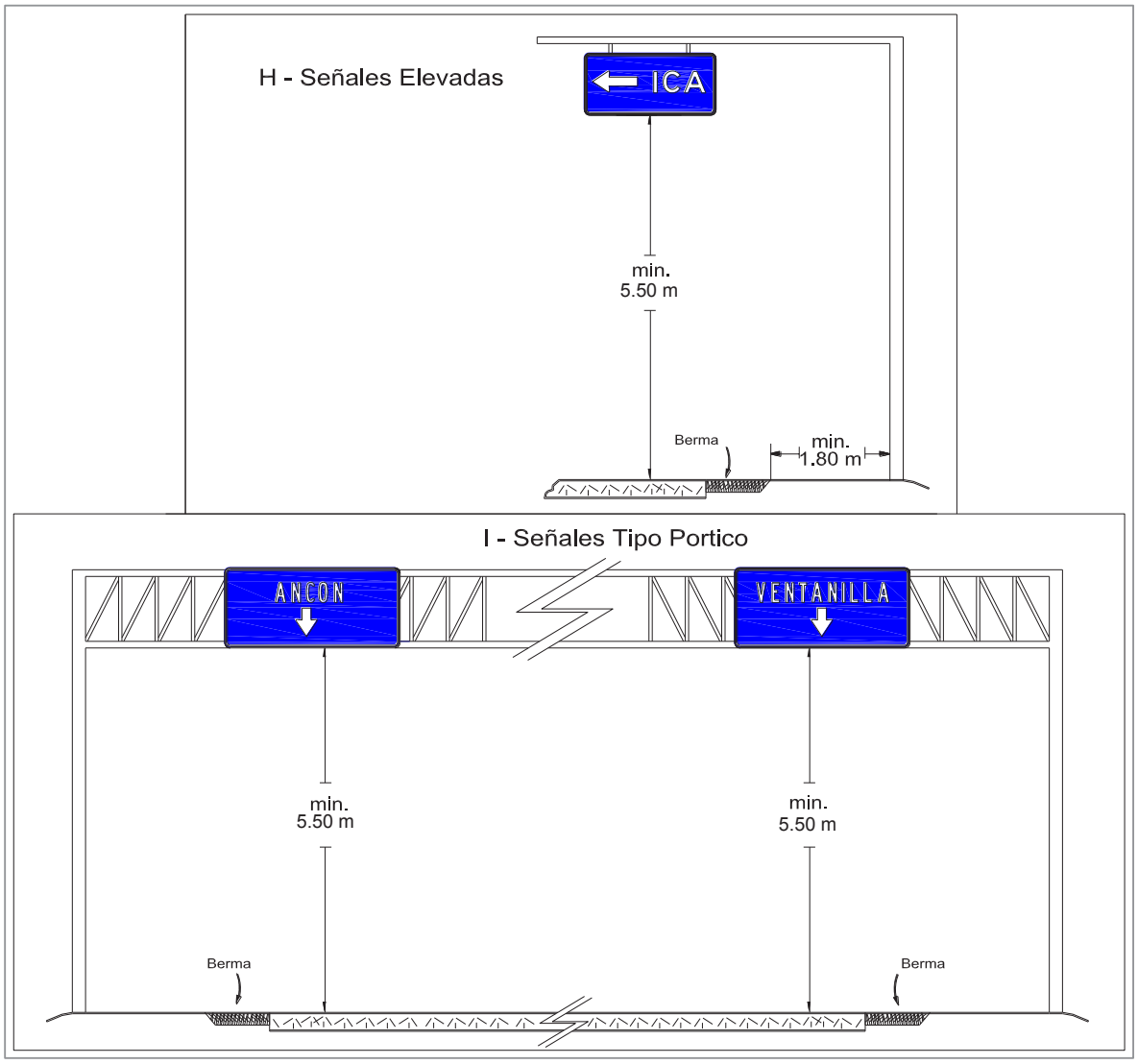
Figura 2.5 Ejemplo de Ubicación Lateral



(Continua) Figura 2.5 Ejemplo de Ubicación Lateral



(Continua) Figura 2.5 Ejemplo de Ubicación Lateral



C. ALTURA

La altura de la señal debe asegurar su visibilidad. Por ello, para su definición es importante tomar en consideración factores que podrían afectar dicha visibilidad tales como la altura de los vehículos, geometría horizontal y vertical de la vía, o la presencia de obstáculos.

En zonas rurales, la altura mínima permisible será de 1,50 m., entre el borde inferior de la señal y la proyección imaginaria del nivel de la superficie de rodadura (calzada). En caso de colocarse más de una señal en el mismo poste, la indicada altura mínima permisible de la última señal, será de 1,20 m.

En zonas urbanas, La altura mínima permisible será de 2,00 m. entre el borde inferior de la señal y el nivel de la vereda.

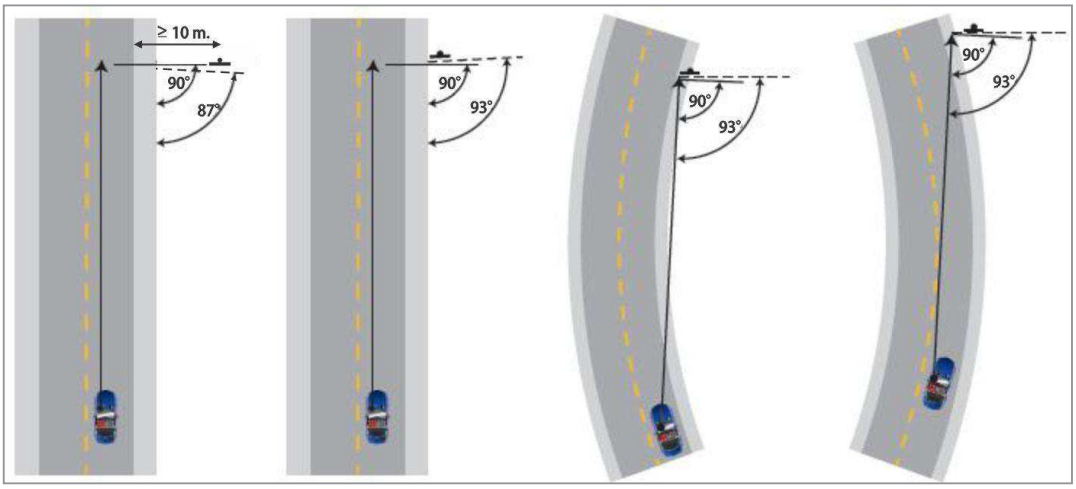
Las señales elevadas en zonas rurales o urbanas (pórticos o tipo bandera), serán instaladas a una altura libre mínima de 5,50 m., entre el borde inferior de la señal y la superficie de rodadura de la vía (calzada). En caso de colocarse en puentes o túneles, estarán ubicadas de

manera tal que el borde inferior de la señal esté como mínimo a 20 cm. por encima del galibo del puente o túnel.

D. ORIENTACIÓN

Cuando un haz de luz incide perpendicularmente en la cara de una señal, se produce el fenómeno denominado "reflexión especular" que deteriora su nitidez. Para minimizar dicho efecto, se debe orientar la señal levemente hacia afuera, de modo tal que la cara de ésta y una línea paralela al eje de la calzada, formen un ángulo menor o mayor a 90° como se muestra en la **Figura 2.6** Cuando la señal está ubicada a 10 m. o más de la línea del carril más próximo, la señal deberá ser orientada hacia la vía.

Figura 2.6 Ejemplo de Orientación de la Señal



2.1.5 Sistema de soporte

El sistema deberá asegurar que la estructura del soporte se mantenga en la posición correcta ante cargas de viento y movimientos sísmicos.

Los tipos y características de los materiales a utilizarse en la instalación de los sistemas de soporte de las señales, así como los procedimientos para su instalación, deben cumplir con las disposiciones contenidas en el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG vigente)

Los sistemas de soporte serán pintados con franjas blancas y negras, cuyo ancho será de 0,50 m. en zonas rurales y de 0,30 m. en zonas urbanas para señales reglamentaria y preventivas.

Para el caso de señales informativas, los soportes laterales de doble poste, los pastorales, los soportes tipo bandera y los pórticos serán pintados de color gris. Los postes de acero galvanizado no serán pintados.

En el caso de semáforos la estructura debe ser pintado de color amarillo

Para el uso de sistemas de soportes certificados, deberá contarse con los resultados de ensayos reales bajo la normativa internacional correspondiente, los cuales serán revisados previamente por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

2.1.6 Conservación

Las señales deberán ser mantenidas en su posición vertical original, y estar limpias y legibles durante el tiempo de su servicio. Las señales dañadas deberán ser remplazadas.

En la parte posterior, la señal debe llevar un código de barra o código QR e información escrita identificando el propietario de la señal, progresiva de ubicación y código de ser el caso. Ver **Figura 2.7**.

Figura 2.7 Ejemplo de Información parte posterior de la señal

2.1.7 Disposiciones generales

a. Está prohibido colocar en la señal, cualquier inscripción o símbolo ajeno al indicado en el presente Manual.

b. Está prohibido todo letrero o aviso que pudiera confundirse con la señal o dificultar su comprensión. De existir debe ser retirado por la autoridad competente.

c. Los colores y demás características de la señal durante su vida útil, serán las prescritas en el presente Manual.

d. Toda señalización requiere de un estudio de Ingeniería Vial de carácter estrictamente técnico.

2.2 SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN

Tienen por objeto notificar a los usuarios, las limitaciones, restricciones, prohibiciones y/o autorizaciones existentes que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación a las disposiciones contenidas en el Reglamento Nacional de Tránsito, vigente; así como a otras normas del MTC.

2.2.1 Características de las señales reguladoras o de reglamentación

2.2.1.1 Mensaje

Además de comunicar a los usuarios sobre las limitaciones, prohibiciones, restricciones, obligaciones y/o autorizaciones existentes a través de símbolos, puede ser necesario complementar la señal mediante mensajes, cuando por ejemplo las prohibiciones o restricciones se aplican sólo para ciertos días o períodos.

Tales complementos constituyen mensajes adicionales en la placa de la señal, que indiquen por ejemplo el límite espacial de la prohibición o restricción, mediante leyendas tales como "EN ESTA CUADRA" o "EN AMBOS COSTADOS". Igualmente, se puede especificar el punto de inicio o de término de la prohibición o restricción acompañada de flechas indicativas, **Figura 2.8**.

Figura 2.8 Ejemplos de Mensajes en Señal R-27

2.2.1.2 Ubicación

La ubicación de las señales será establecida de acuerdo al estudio de ingeniería vial correspondiente; precisando que cuando las condiciones del tránsito así lo requieran, pueden colocarse al costado izquierdo o en pórticos, a fin de contribuir a su observación y respeto.

2.2.2 Clasificación de las señales reguladoras o de reglamentación

Se clasifican en señales de:

a. Prioridad
b. Prohibición
   - De maniobras y giros
   - De paso por clase de vehículo
   - Otras
c. Restricción
d. Obligación
e. Autorización

2.2.3 Señales de prioridad

Son aquellas que regulan el derecho de preferencia de paso, y son las dos siguientes:

- (R-1) SEÑAL DE PARE
- (R-2) SEÑAL DE CEDA EL PASO

Figura 2.9 Señales de prioridad

R-1	**R-2**

La señal (R-1) PARE dispone que el conductor de un vehículo se detenga antes de cruzar una intersección, y debiendo determinarse su ubicación de acuerdo al estudio de ingeniería vial antes indicado, puesto que su uso indiscriminado puede afectar negativamente a su credibilidad, y en lugar de ayudar a la seguridad vial en una intersección puede generar inseguridad.

La señal (R-2) CEDA EL PASO dispone que el conductor de un vehículo que circula por una vía de menor prioridad, (vía secundaria o auxiliar) permita el paso de otro vehículo que circula por una vía de mayor prioridad (vía principal). Su ubicación está en función de la visibilidad del que circula por la vía de menor prioridad y la distancia necesaria para ceder el paso antes de entrar a una intersección. En caso contrario, debe emplearse la señal (R-1) PARE.

2.2.4 Señales de prohibición

Se usan para prohibir o limitar el tránsito de ciertos tipos de vehículos o determinadas maniobras. Se representa mediante un círculo blanco con orla roja cruzado por una diagonal también roja, descendente desde la izquierda formando un ángulo de 45º con la horizontal. La señal (R-28) NO ESTACIONAR NI DETENERSE es una excepción en la cual hay dos diagonales.

Cuando una prohibición afecta sólo a un tipo de vehículo, debe agregarse un mensaje que lo identifique claramente. A modo de ejemplo, si la prohibición afecta únicamente a buses, la señal se compone del símbolo correspondiente y el mensaje "BUSES" ubicada en la parte superior.

Cuando se trate de prohibiciones a la circulación que apliquen a uno o más tipos de vehículos, o a vehículos y peatones, las correspondientes señales pueden presentarse agrupadas en un mismo poste, en placa de color blanco de fondo.

2.2.4.1 Señales de prohibición de maniobras y giros

Son las que prohíben ciertas maniobras y giros, cuya relación se indica a continuación así como en la **Figura 2.10**:

- (R-4) SEÑAL DE NO ENTRE
- (R-6) SEÑAL DE PROHIBIDO VOLTEAR A LA IZQUIERDA
- (R-6A) SEÑAL DE PROHIBIDO GIRAR A LA IZQUIERDA CON LUZ ROJA
- (R-8) SEÑAL DE PROHIBIDO VOLTEAR A LA DERECHA
- (R-8A) SEÑAL DE PROHIBIDO GIRAR A LA DERECHA CON LUZ ROJA
- (R-10) SEÑAL DE PROHIBIDO VOLTEAR EN "U"
- (R-12) SEÑAL DE PROHIBIDO CAMBIAR DE CARRIL
- (R-16) SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR
- (R-16A) SEÑAL DE FIN DE ZONA DE PROHIBIDO ADELANTAR

Figura 2.10 Señales de prohibición de maniobras y giros

R-4	R-6	R-6A	R-8	R-8A	R-10
R-12	R-16	R-16A			

2.2.4.2 Señales de prohibición de paso por clase de vehículo

Son las que prohíben de paso por clase de vehículo, cuya relación se indica a continuación así como en la **Figura 2.11**:

- (R-17) SEÑAL DE PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES
- (R-19) SEÑAL DE PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS DE CARGA
- (R-22) SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE BICICLETAS Y MOTOCICLOS
- (R-22A) SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE TRICICLOS
- (R-23) SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE MOTOCICLETAS
- (R-24) SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE MAQUINARIA AGRÍCOLA
- (R-25) SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN ANIMAL
- (R-25A) SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE CARRETILLAS MANUALES
- (R-25B) SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN ECUESTRE
- (R-25C) SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE BUSES
- (R-25D) SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE CUATRIMOTOS
- (R-45) SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS DE TRES RUEDAS MOTOTAXIS

- (R-45A) SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS DE TRES RUEDAS MOTOCARGA

Figura 2.11 Señales de prohibición de paso por clase de vehículo

R-17	R-19	R-22	R-22A	R-23	R-24
R-25	R-25A	R-25B	R-25C	R-25D	R-45
R-45A					

2.2.4.3 Otras señales de prohibición

Son las que disponen otras prohibiciones, cuya relación se indica a continuación así como en la **Figura 2.12**:

- (R-21) SEÑAL PROHIBIDO EL PASO Y/O LA CIRCULACIÓN DE PEATONES
- (R-26) SEÑAL PERMITIDO ESTACIONAR (La prohibición rige fuera de las horas indicadas)
- (R-27) SEÑAL PROHIBIDO ESTACIONAR
- (R-27A) SEÑAL PROHIBIDO ESTACIONAR ZONA DE REMOLQUE
- (R-28) SEÑAL PROHIBIDO DETENERSE
- (R-29) SEÑAL PROHIBIDO EL USO DE LA BOCINA
- (R-44) SEÑAL PARADERO PROHIBIDO
- (R-52) SEÑAL PROHIBIDO LA CARGA Y DESCARGA
- (R-53) SEÑAL NO BLOQUEAR CRUCE

Figura 2.12 Otras señales de prohibición

R-21	R-26	R-27	R-27A	R-28	R-29

(Continua) Figura 2.12 Otras señales de prohibición

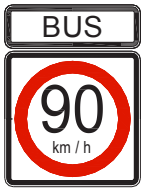
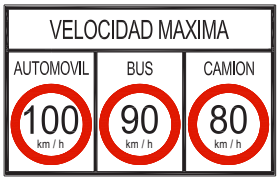
R-44	R-52	R-53			

2.2.5 Señales de restricción

Se usan para restringir o limitar el tránsito vehicular debido a características particulares de la vía. En general, están compuestas por un círculo de fondo blanco y orla roja en el que se inscribe el símbolo que representa la restricción o limitación, cuya relación se indica a continuación así como en la **Figura 2.13**:

- (R-11) SEÑAL DE CIRCULACIÓN EN AMBOS SENTIDOS
- (R-11A) SEÑAL DE CIRCULACIÓN EN TRES CARRILES, UNO EN CONTRAFLUJO
- (R-11B) SEÑAL DE CIRCULACIÓN EN TRES CARRILES, DOS EN CONTRAFLUJO
- (R-30) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA 40 km/h
- (R-30) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA 100 km/h
- (R-30B) SEÑAL VELOCIDAD MÍNIMA PERMITIDA 60 km/h
- (R-30C) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA DE SALIDA 50 km/h
- (R-30D) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA PARA CAMIÓN 80 km/h
- (R-30E) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA PARA BUS 90 km/h
- (R-30F) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA EN CURVA 40 km/h
- (R-30G) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO
- (R-31) SEÑAL PESO MÁXIMO PERMITIDO POR EJE
- (R-32) SEÑAL PESO MÁXIMO BRUTO PERMITIDO POR VEHÍCULO
- (R-33) SEÑAL LARGO MÁXIMO PERMITIDO
- (R-35) SEÑAL ALTURA MÁXIMA PERMITIDA
- (R-36) SEÑAL ANCHO MÁXIMO PERMITIDO

Figura 2.13 Señales de restricción

R-11	R-11A	R-11B	R-30	R-30	R-30B
					
R-30C	R-30D	R-30E	R-30F	R-30G	

(Continua) Figura 2.13 Señales de restricción

R-31	R-32	R-33	R-35	R-36	

Nota: Las magnitudes indicadas en estas señales son referenciales

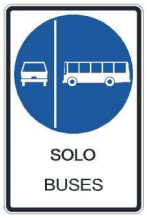
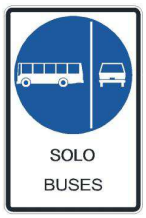
2.2.6 Señales de obligación

Se usan para indicar las obligaciones que deben cumplir todos los conductores. En general, están compuestas por un círculo de fondo blanco y orla roja en el que se inscribe el símbolo que representa la obligación, cuya relación se indica a continuación así como en la **Figura 2.14**:

- (R-3) SEÑAL DE DIRECCIÓN OBLIGADA
- (R-5) SEÑAL DE GIRO SOLAMENTE A LA IZQUIERDA
- (R-5-1) SEÑAL CARRIL EXCLUSIVO PARA VOLTEO OBLIGADO A LA IZQUIERDA
- (R-5-2) SEÑAL CARRIL PERMITIDO PARA VOLTEO Y PARA SEGUIR DE FRENTE
- (R-5-3) SEÑAL CARRIL EXCLUSIVO PARA VOLTEO OBLIGADO Y CARRIL DE VOLTEO CON SEGUIR DE FRENTE
- (R-5-4) SEÑAL VOLTEO A LA IZQUIERDA EN AMBOS SENTIDOS
- (R-7) SEÑAL DE GIRO SOLAMENTE A LA DERECHA
- (R-9) SEÑAL DE GIRO SOLAMENTE EN "U"
- (R-14) SEÑAL DE CIRCULACIÓN OBLIGATORIA
- (R-14A) SEÑAL DE TRÁNSITO EN UN SENTIDO
- (R-14B) SEÑAL DE TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS
- (R-18) SEÑAL DE VEHÍCULOS PESADOS A LA DERECHA
- (R-20) SEÑAL PEATONES DEBEN CIRCULAR POR LA IZQUIERDA
- (R-37) SEÑAL CONTROL
- (R-40) SEÑAL CIRCULACIÓN CON LUCES BAJAS
- (R-47) SEÑAL PARADERO
- (R-48) SEÑAL ZONA DE CARGA Y DESCARGA
- (R-49) SEÑAL MANTENER DISTANCIA DE SEGURIDAD
- (R-50) SEÑAL PREFERENCIA AL SENTIDO CONTRARIO
- (R-42) SEÑAL CICLOVÍA
- (R-42A) SEÑAL CICLOVÍA "CONSERVE LA DERECHA"
- (R-42B) SEÑAL CICLOVÍA "OBLIGATORIO DESCENDER DE LA BICICLETA"
- (R-42C) SEÑAL CICLOVÍA "CIRCULACIÓN NO COMPARTIDA BICICLETA – PEATÓN"
- (R-43) SEÑAL USO OBLIGATORIO DE CADENAS
- (R-34) SEÑAL CIRCULACIÓN SOLO DE BUSES
- (R-54) SEÑAL SOLO MOTOCICLETAS
- (R-54A) SEÑAL SOLOS CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS DE TRES RUEDAS MOTOTAXIS
- (R-54B) SEÑAL SOLOS CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS DE TRES RUEDAS MOTOCARGA
- (R-55A) SEÑAL VÍA SEGREGADA PARA BUSES
- (R-55B) SEÑAL VÍA SEGREGADA PARA BUSES

- (R-56) SEÑAL SOLO TRANSPORTE PÚBLICO
- (R-58A) SEÑAL VÍA SEGREGADA MOTORIZADOS-BICICLETAS
- (R-58B) SEÑAL VÍA SEGREGADA MOTORIZADOS-BICICLETAS

Figura 2.14 Señales de obligación

R-3	R-5	R-5-1	R-5-2	R-5-3	R-5-4
R-7	R-9	R-14	R-14A	R-14B	R-18
R-20	R-37	R-40	R-47	R-48	R-49
R-50	R-42	R-42A	R-42B	R-42C	R-43
					
R-34	R-54	R-54A	R-54B	R-55A	R-55B
R-56	R-58A	R-58A			

2.2.7 Señales de autorización

Se caracterizan por estar compuestas por un círculo de fondo blanco y orla verde en el que se inscribe el símbolo que representa la autorización. La orla verde constituye una excepción dentro de las señales de reglamentación, precisando en el caso de la señal de Zona de Estacionamiento de Taxis, se mantiene con el círculo de fondo blanco y orla roja. A continuación se indica la relación y (**Figura 2.15)** de las indicadas señales:

- (R-62) SEÑAL ESTACIONAMIENTO SOLO TAXIS
- (R-64A) SEÑAL PERMITIDO GIRAR CON LUZ ROJA
- (R-64B) SEÑAL PERMITIDO GIRAR CON LUZ ROJA

Figura 2.15 Señales de autorización

R-62	R-64A	R-64B

2.3 SEÑALES DE PREVENCIÓN

Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

Estas señales ayudan a los conductores a tomar las precauciones del caso, por ejemplo reduciendo la velocidad o realizando maniobras necesarias para su propia seguridad, la de otros vehículos y de los peatones. Su ubicación se establecerá de acuerdo al estudio de ingeniería vial correspondiente.

2.3.1 Características

2.3.1.1 Forma

Son de forma cuadrada con uno de sus vértices hacia abajo formando un rombo, a excepción de las siguientes señales:

- (P-44) SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "CRUZ DE SAN ANDRÉS"
- (P-60) SEÑAL PROHIBIDO ADELANTAR, forma de triángulo isósceles con eje principal horizontal
- (P-61) SEÑAL DELINEADOR DE CURVA HORIZONTAL - "CHEVRON"

2.3.1.2 Color

Son de color amarillo en el fondo y negro en las orlas, símbolos, letras y/o números; las excepciones a estas reglas son:

- (P-55) Semáforo (amarillo, negro, rojo y verde)
- (P-58) Prevención de pare (amarillo, negro, rojo y blanco)
- (P-59) Prevención de ceda el paso (amarillo, negro, rojo y blanco)
- (P-46), (P-46A) y (P-46B) para ciclistas; (P-48), (P-48A) y (P-48B) para peatones; (P-49), (P-49A) y (P-49B) para cruce escolar; y (P-50) niños jugando, se debe utilizar el amarillo verde fluorescente en el fondo y negro en las orlas, símbolos, letras y/o números.

Tratándose de algunas señales preventivas sobre características operativas de la vía, excepcionalmente el color de fondo puede ser amarillo fluorescente o amarillo limón fluorescente.

2.3.2 Ubicación

Deben ubicarse de tal manera, que los conductores tengan el tiempo de percepción-respuesta adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere. La distancia desde la señal preventiva al peligro que ésta advierte debe ser en función de la velocidad límite o la del percentil 85, de las características de la vía, de la complejidad de la maniobra a efectuar y del cambio de velocidad requerido para realizar la maniobra con seguridad.

La **Tabla 2.3** constituye una guía de las distancias de ubicación de las señales, en función a la velocidad limite, y distancia de reducción de velocidad y cambio de carril, las cuales deben ser confirmadas o ajustadas por el especialista en función al estudio de ingeniería vial correspondiente.

Tabla 2.3 Distancias de ubicación anticipada

Límite de velocidad o 85% de velocidad	Distancias de ubicación anticipada en metros (m)											
	Condición "A" Reducción de velocidad y cambio de carriles en tráfico pesado	**Condición "B"** reducción de velocidad a la especificada para la condición*										
		0	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**	**110**
30	60 m	N/A**	N/A**	N/A**	N/A**	-	-	-	-	-	-	-	-
40	100 m	N/A**	N/A**	N/A**	N/A**	N/A**	-	-	-	-	-	-	-
50	150 m	N/A**	N/A**	N/A**	N/A**	N/A**	-	-	-	-	-	-	-
60	180 m	30	N/A**	N/A**	N/A**	N/A**	N/A**	-	-	-	-	-	-
70	220 m	50	40	30	N/A**	N/A**	N/A**	N/A**	-	-	-	-	-
80	260 m	80	60	55	50	40	30	N/A**	N/A**	-	-	-	-
90	310 m	110	90	80	70	60	40	N/A**	N/A**	N/A**	-	-	-
100	350 m	130	120	115	110	100	90	70	60	40	N/A**	-	-
110	380 m	170	160	150	140	130	120	110	90	70	50	N/A**	-
120	420 m	200	190	185	180	170	160	140	130	110	90	60	40
130	460 m	230	230	230	220	210	200	180	170	150	120	100	70

En la condición A las distancias son ajustadas para una distancia de lectura de 55 m.

(*) Las distancias para la Condición B han sido ajustadas para una distancia de legibilidad de 80 m, lo que resulta apropiado para una señal de prevención. Para las condiciones A y B, tratándose de señales de advertencia con más de cuatro palabras o con letras de altura menor a 15 cm, se debe agregar 30 m a la distancia recomendada.

Se trata de situaciones complejas donde un conductor requiere de un tiempo adicional para ajustar la velocidad y cambiar de carriles en un tránsito de alto volumen. Señales típicas de estos casos son las de Convergencia y Fin de Carril Derecho. Estas distancias consideran para el conductor un tiempo de reacción de 14,0 a 14,5 segundos para maniobrar (2005 AASHTO Policy, Exhibit 3-3, Decision Sight Distance, Avoidance Maneuver) menos la distancia de legibilidad de 55 metros, normal para una señal preventiva.

Se refiere a una señal preventiva que puede requerir la detención del vehículo, como son los casos de la Advertencia de PARE, CEDA EL PASO, SEMÁFORO e intersecciones. Las distancias que se recomiendan se basan en el 2005 AASHTO Policy, Exhibit 3-1, Distancia de Detención, y consideran un T-PR de 2,5 segundos, una deceleración de 3 m/s^2, menos la distancia de legibilidad de 55 m.

Condiciones típicas son aquellas en las que el conductor debería reducir su velocidad para maniobrar con seguridad por la situación prevenida. La distancia ha sido determinada utilizando un TP-R de 2,5 segundos, una deceleración de 3 m/s^2, menos la distancia de legibilidad de 55 m.

(**) No se sugieren distancias para estas velocidades, ya que el lugar de instalación depende, entre otras condiciones, de la existencia de otras señales en el lugar. Por ejemplo, una señal que prevenga de curva se podrá colocar a cualquier distancia hasta 30 m antes de la curva. Sin embargo, la señal preventiva de curva debe ser instalada a una distancia mínima de 30 m de otras señales.

Se muestra una distancia de 30 m para asegurar un espacio mínimo adecuado entre señales.

Cuando se estén realizando trabajos o mejoras de situaciones existentes que hagan innecesaria una señal preventiva instalada, ésta debe ser removida o cubierta de tal manera que no sea visible por los usuarios, y cuando se hayan realizado las mejoras de la situación existente que hagan innecesaria la señal preventiva instalada, ésta debe ser removida.

En el caso especial de las señales que advierten sobre restricciones en la vía, que afectan sólo a ciertos vehículos, ellas deben ubicarse antes del empalme con la ruta alternativa que evita la restricción o antes del lugar donde un vehículo afectado por la limitación pueda girar en "U". Dicha ruta alternativa debe contar con señalización informativa que permita a los conductores retomar la vía original sin dificultad. Un caso específico es la señal Altura Libre (P-38). En la **Figura 2.16** se esquematiza esta situación.

Cuando la distancia entre la señal preventiva y el inicio de la condición peligrosa es superior a 300 m, se debe agregar a la señal una placa adicional que indique tal distancia, como lo muestra la **Figura 2.17**. Si dicha distancia es menor a un kilómetro, la indicación se da en múltiplos de 100 m y si es mayor, se redondea a kilómetros enteros.

Figura 2.16 Ejemplos de señal preventiva con placa

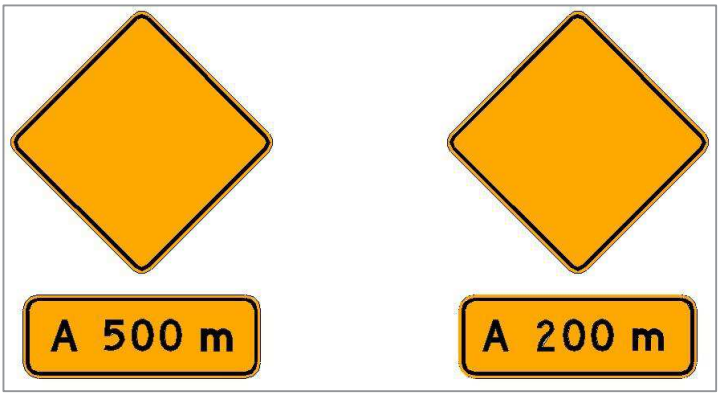
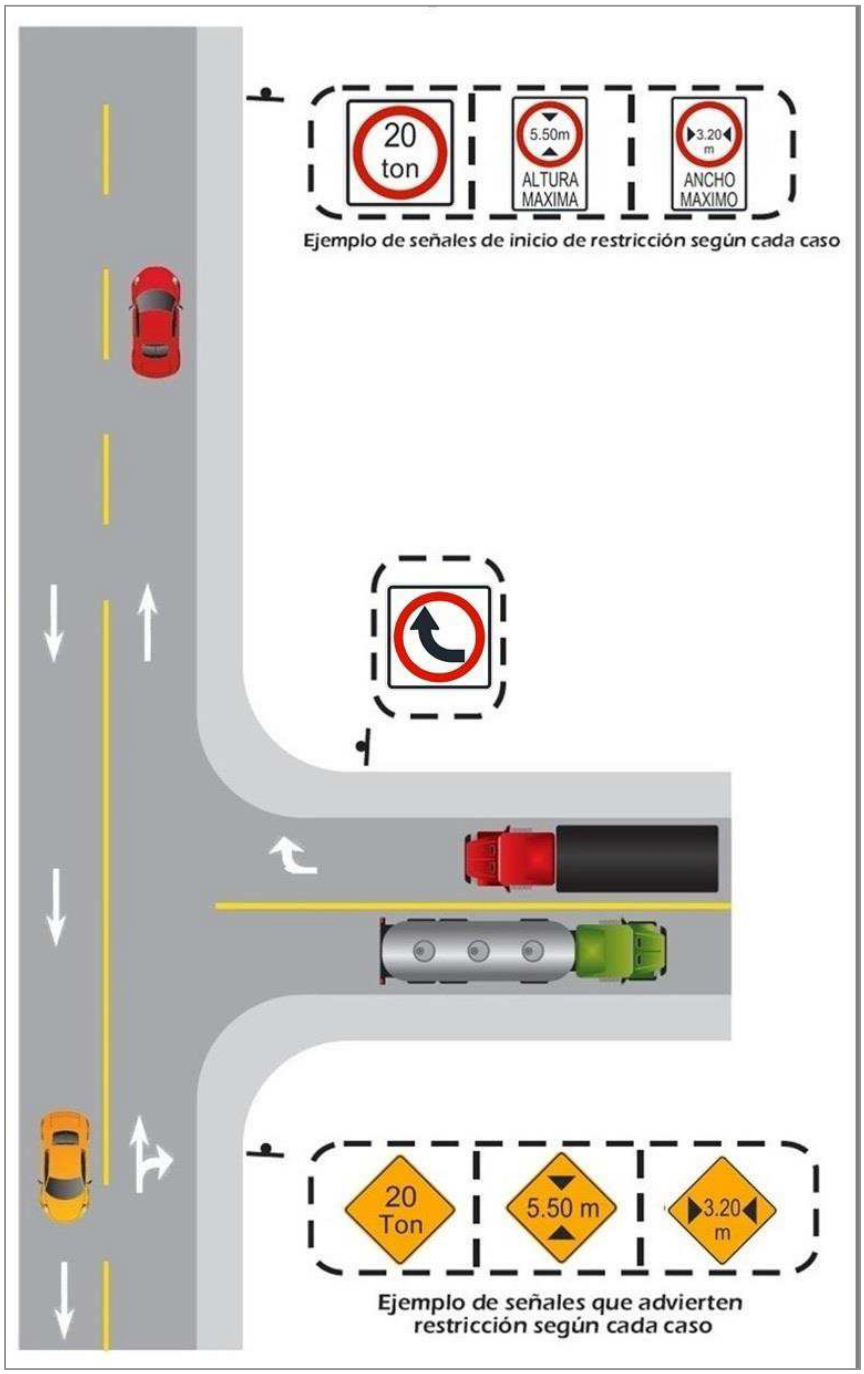


Figura 2.17 Ejemplos de señales preventivas de restricción



2.3.3 Clasificación

Se clasifican teniendo en consideración lo siguiente:

a. Características Geométricas de la vía
   - Curvatura horizontal
   - Pendiente longitudinal

b. Características de la superficie de rodadura

c. Restricciones físicas de la vía

d. Intersecciones con otras vías

e. Características operativas de la vía
f. Emergencias y situaciones especiales

2.3.4 Señales preventivas por características geométricas horizontales de la vía:

CURVATURA HORIZONTAL

Señalan la proximidad de una o más curvas horizontales en la vía que requieran un cambio de velocidad para circular con seguridad. A continuación se indica la relación de las indicadas señales, así como en la **Figura 2.18**:

- (P-1A) SEÑAL CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA
- (P-1B) SEÑAL CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA
- (P-2A) SEÑAL CURVA A LA DERECHA
- (P-2B) SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA
- (P-3A) SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA
- (P-3B) SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA
- (P-4A) SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA A LA DERECHA
- (P-4B) SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA A LA IZQUIERDA
- (P-5-1) SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA DERECHA
- (P-5-1A) SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA IZQUIERDA
- (P-5-2A) SEÑAL CURVA EN "U" A LA DERECHA
- (P-5-2B) SEÑAL CURVA EN "U" A LA IZQUIERDA
- (P-61) SEÑAL DELINEADOR DE CURVA HORIZONTAL - "CHEVRON"

Figura 2.18 Señales preventivas - curvatura horizontal

P-1A	P-1B	P-2A	P-2B	P-3A	P-3B
P-4A	P-4B	P-5-1	P-5-1A	P-5-2A	P-5-2B
P-61					

La selección de la señalización adecuada para una curva estará en función al cambio de la velocidad de operación requerida y el uso coordinado con las demás señales de la curva, tales como delineadores de curva horizontal, velocidad máxima y otras.

2.3.5 Señales preventivas por características geométricas verticales de la vía:

PENDIENTE longitudinal

Señalan la proximidad de pendientes longitudinales por condiciones geométricas adversas de la vía, que afectan la velocidad de operación y capacidad de frenado. A continuación se indica la relación de las indicadas señales, así como en la **Figura 2.19**:

- (P-35) SEÑAL FUERTE PENDIENTE EN DESCENSO
- (P-35C) SEÑAL FUERTE PENDIENTE EN ASCENSO

Figura 2.19 Señales preventivas – pendiente longitudinal

P-35	P-35C

2.3.6 Señales preventivas por características de la superficie de rodadura

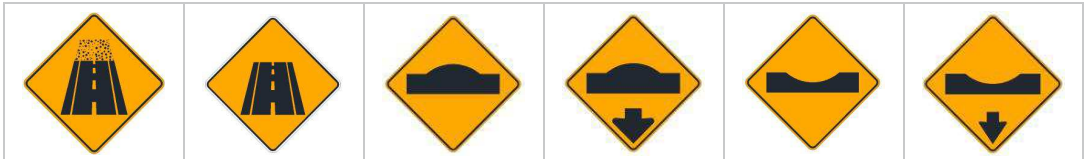
Previenen a los conductores de la proximidad de irregularidades sucesivas en la superficie de rodadura de la vía, las cuales pueden causar daños o desplazamientos que afecten el control de los vehículos. Deben removerse una vez concluya las condiciones que obligaron su instalación.

También se utilizara para prevenir la proximidad de reductores de velocidad tipo sonorizadores, bandas sonoras y otros.

A continuación se indica la relación de las indicadas señales, así como en la **Figura 2.20**.

- (P-31) SEÑAL FINAL DE VÍA PAVIMENTADA
- (P-31A) SEÑAL FINAL DE VÍA
- (P-33A) SEÑAL PROXIMIDAD REDUCTOR DE VELOCIDAD TIPO RESALTO
- (P-33B) SEÑAL UBICACIÓN DE REDUCTOR DE VELOCIDAD TIPO RESALTO
- (P-34) SEÑAL PROXIMIDAD DE BADÉN
- (P-34A) SEÑAL UBICACIÓN DE BADÉN

Figura 2.20 Señales Preventivas por características de la superficie de rodadura



P-31	P-31A	P-33A	P-33B	P-34	P-34A

2.3.7 Señales preventiva por restricciones físicas de la vía

Previenen a los conductores de la proximidad de restricciones de la vía, que afectan la operación de los vehículos. Deben removerse una vez que cambien las condiciones de restricción de la vía que obligaron su instalación.

A continuación se indica la relación de las indicadas señales, así como en la **Figura 2.21**.

- (P-17A) SEÑAL REDUCCIÓN DE CALZADA A AMBOS LADOS
- (P-17B) SEÑAL REDUCCIÓN DE CALZADA LADO DERECHO
- (P-17C) SEÑAL REDUCCIÓN DE CALZADA A LADO IZQUIERDO
- (P-18A) SEÑAL REDUCCIÓN DEL CARRIL EXTERNO AL LADO DERECHO
- (P-18B) SEÑAL REDUCCIÓN DEL CARRIL EXTERNO AL LADO IZQUIERDO

- (P-21) SEÑAL ENSANCHAMIENTO DE LA CALZADA EN AMBOS LADOS
- (P-21A) SEÑAL ENSANCHAMIENTO DE LA CALZADA A LA DERECHA
- (P-21B) SEÑAL ENSANCHAMIENTO DE LA CALZADA A LA IZQUIERDA
- (P-22C) SEÑAL CARRIL ADICIONAL
- (P-62) SEÑAL PESO BRUTO MÁXIMO PERMITIDO
- (P-38) SEÑAL ALTURA MÁXIMA PERMITIDA
- (P-39) SEÑAL ANCHO MÁXIMO PERMITIDO
- (P-60) SEÑAL PROHIBIDO ADELANTAR

Figura 2.21 Señales preventivas por restricciones físicas de la vía

P-17A	P-17B	P-17C	P-18A	P-18B	P-21
P-21A	P-21B	P-22C	P-62	P-38	P-39
P-60					

2.3.8 Señales preventivas de intersecciones con otras vías

Se instalan para prevenir a los conductores sobre la presencia de una intersección a nivel y la posible presencia de vehículos ingresando o haciendo maniobras de giro. Cada señal debe reflejar la geometría de cada intersección. Dependiendo de los flujos vehiculares, la distancia de visibilidad y otros factores, puede requerirse de señales complementarias para cada intersección. En todo caso, cuando la visibilidad es limitada, la señal se debe complementar con una placa que indique la distancia aproximada a la intersección.

En los símbolos y siempre que sea relevante, el flujo de mayor importancia debe indicarse con un trazo de mayor ancho (relación 4:3) que el o los que representan a los flujos secundarios, el cual tendrá prelación sobre los secundarios, y cuando los flujos son iguales los trazos serán similares.

A continuación se indica la relación de las indicadas señales, así como en la **Figura 2.22**.

- (P-6) SEÑAL CRUCE DE VÍAS A NIVEL
- (P-6A) SEÑAL INTERSECCIÓN ESCALONADA PRIMERA DERECHA
- (P-6B) SEÑAL INTERSECCIÓN ESCALONADA PRIMERA IZQUIERDA
- (P-7) SEÑAL INTERSECCIÓN EN "T"
- (P-8) SEÑAL BIFURCACIÓN EN "Y"
- (P-9A) SEÑAL EMPALME EN ÁNGULO RECTO CON VÍA LATERAL A LA DERECHA
- (P-9B) SEÑAL EMPALME EN ÁNGULO RECTO CON VÍA LATERAL A LA IZQUIERDA

- (P-10A) SEÑAL EMPALME EN ÁNGULO AGUDO A LA DERECHA
- (P-10B) SEÑAL EMPALME EN ÁNGULO AGUDO A LA IZQUIERDA
- (P-15) SEÑAL INTERSECCIÓN ROTATORIA
- (P-16A) SEÑAL INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO A LA DERECHA
- (P-16B) SEÑAL INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO A LA IZQUIERDA
- (P-42) SEÑAL CRUCE FERROVIARIO A NIVEL SIN BARRERAS
- (P-43) SEÑAL CRUCE FERROVIARIO A NIVEL CON BARRERAS
- (P-44) SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "CRUZ DE SAN ANDRÉS"
- (P-44A) SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "CRUCE OBLICUO"
- (P-44B) SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "NO TOCAR PITO"

Figura 2.22 Señales preventivas de intersección con otras vías

P-6	P-6A	P-6B	P-7	P-8	P-9A
P-9B	P-10A	P-10B	P-15	P-16A	P-16B
P-42	P-43	P-44	P-44A	P-44B	

2.3.9 Señales preventivas por características operativas de la vía

Previenen a los conductores de particularidades de la vía, sobre sus características operativas, las cuales pueden condicionar y afectar la normal circulación de los vehículos.

A continuación se indica la relación de las indicadas señales, así como en la **Figura 2.23**.

- (P-25) SEÑAL DOS SENTIDOS DE TRÁNSITO
- (P-25A) SEÑAL TRES CARRILES (DOS EN CONTRAFLUJO)
- (P-25B) SEÑAL TRES CARRILES (UNO EN CONTRAFLUJO)
- (P-28) SEÑAL INICIO DE VÍA DE DOBLE SENTIDO CON SEPARADOR CENTRAL
- (P-28A) SEÑAL INICIO DE VÍA DE UN SENTIDO CON SEPARADOR CENTRAL
- (P-29) SEÑAL FINAL DE VÍA DE DOBLE SENTIDO CON SEPARADOR CENTRAL
- (P-29A) SEÑAL FINAL DE VÍA DE UN SENTIDO CON SEPARADOR CENTRAL
- (P-46) SEÑAL "CICLOVÍA" SEÑAL CICLISTAS EN LA VÍA
- (P-46A) SEÑAL CICLOVÍA SEÑAL "CRUCE DE CICLOVÍA"
- (P-46B) SEÑAL CICLOVÍA "UBICACIÓN CRUCE DE CICLISTAS"
- (P-46C) SEÑAL CICLOVÍA "VEHÍCULOS EN LA CICLOVÍA"
- (P-46D) SEÑAL CICLOVÍA "TRAMO EN DESCENSO"
- (P-46E) SEÑAL CICLOVÍA "TRAMO EN ASCENSO"
- (P-48) SEÑAL ZONA DE PRESENCIA DE PEATONES

- (P-48A) SEÑAL PROXIMIDAD DE CRUCE PEATONAL
- (P-48B) SEÑAL CRUCE PEATONAL
- (P-49) SEÑAL ZONA ESCOLAR
- (P-49A) SEÑAL PROXIMIDAD A CRUCE ESCOLAR
- (P-49B) SEÑAL UBICACIÓN DE CRUCE ESCOLAR
- (P-50) SEÑAL NIÑOS JUGANDO
- (P-51) SEÑAL MAQUINARIA AGRÍCOLA EN LA VÍA
- (P-53) SEÑAL ANIMALES EN LA VÍA
- (P-55) SEÑAL PROXIMIDAD DE SEMÁFORO
- (P-56) SEÑAL ZONA URBANA
- (P-58) SEÑAL PROXIMIDAD DE PARE
- (P-59) SEÑAL PROXIMIDAD DE CEDA EL PASO

Figura 2.23 Señales preventivas por características operativas de la vía

P-25	P-25A	P-25B	P-28	P-28A	P-29
P-29A	P-46	P-46A	P-46B	P-46C	P-46D
P-46E	P-48	P-48A	P-48B	P-49	P-49A
					ZONA URBANA
P-49B	P-50	P-51	P-53	P-55	P-56
P-58	P-59				

2.3.10 Señales preventivas para emergencias y situaciones especiales

Tienen por finalidad prevenir a los conductores sobre la existencia o posibilidad de emergencias viales o situaciones especiales, que puedan afectar la normal operación vehicular. En los casos que corresponda, deberán removerse una vez que cambien las condiciones que originaron su instalación.

A continuación se indica la relación de las indicadas señales, así como en la **Figura 2.24**.

- (P-36) SEÑAL SUPERFICIE DESLIZANTE
- (P-41) SEÑAL TÚNEL
- (P-45) SEÑAL VUELO DE AVIONES A BAJA ALTURA
- (P-52) SEÑAL SALIDA DE VEHÍCULOS DE BOMBEROS
- (P-66) SEÑAL RÁFAGAS DE VIENTO LATERAL
- (P-66A) SEÑAL ZONA DE ARENAMIENTO EN LA VÍA

Figura 2.24 Señales preventivas para emergencias y situaciones especiales

P-36	P-41	P-45	P-52	P-66	P-66A

2.4 SEÑALES DE INFORMACIÓN

2.4.1 Objetivo

Tienen la función de informar a los usuarios, sobre los principales puntos notables, lugares de interés turístico, arqueológicos e históricos existentes en la vía y su área de influencia y orientarlos y/o guiarlos para llegar a sus destinos y a los principales servicios generales, en la forma más directa posible. De ser necesario las indicadas señales se complementarán con señales preventivas y/o reguladoras.

Las señales informativas entre otros, deben abarcar los siguientes conceptos:

- **Puntos Notables**: Centros poblados, ríos, puentes, túneles y otros.
- **Zonas Urbanas**: Identificación de rutas y calles, parques y otros.
- **Distancias**: A principales puntos notables, lugares turísticos, arqueológicos e históricos.
- **Señalización bilingüe**: Español e Inglés, según lo normado en la **Sección 2.7** del presente Manual.

2.4.2 Características de las señales de información

2.4.2.1 Forma y color

Son de forma rectangular o cuadrado. Las excepciones son las señales tipo flecha y de identificación vial tales como: Escudo en las Rutas Nacionales, Emblema en las Rutas Departamentales o Regionales, y círculo en las Rutas Vecinales o Rurales.

En general en las carreteras son de fondo verde y sus leyendas, símbolos y orlas son de color blanco; en las carreteras que atraviesan zonas urbanas, y en las vías urbanas, el fondo es de color azul, con letras, flechas y marco de color blanco

Las de servicios generales, son de fondo azul, con leyendas, símbolos y orlas de color blanco.

Las de sitios de interés turístico, arqueológico e histórico, son de fondo café o del color que oficialmente establezca el órgano normativo correspondiente del Ministerio de Comercios Exterior y Turismo o Ministerio de Cultura; con leyendas, símbolos y orlas de color blanco.

Las de servicios auxiliares, son de fondo azul con recuadro blanco, símbolo negro y letras blancas.

Las de primeros auxilios médicos, llevará como símbolo una cruz de color rojo con fondo blanco.

Las señales indicadoras de ruta, de acuerdo al diseño indicado en la **Sección 2.10.**

2.4.2.2 Tamaño y estilo de letras

Los textos que indican los nombres de los destinos son con letras mayúsculas, cuando la altura mínima requerida para las letras es menor o igual a 15 cm. Si es superior a 15 cm., debe usarse minúsculas comenzando cada palabra con mayúscula, cuya altura será 1,5 veces mayor que la de las minúsculas.

Sobre el estilo de las letras, se empleará el correspondiente a la Serie **"E"**, pudiendo usarse otras series para casos especiales, debidamente justificados ante el órgano competente La **Sección 2.12** detalla el tipo de series que puede emplearse.

En función a velocidades máximas de operación, en la **Tabla 2.4** se muestra dos valores de alturas mínimas de letras para leyendas simples y complejas.

Las leyendas simples son aquellas que no superan 2 líneas, y las leyendas complejas, tales como señales tipo "mapa", son aquellas de 3 o más líneas de texto o señales aéreas.

Tabla 2.4 Altura mínima de letras para velocidades máximas de operación

Velocidad Máxima (Km/h)	Tipo de Texto	Altura Mínima de Letra (cm)	
		Leyendas Simples	Leyendas Complejas
<50	Solo mayúsculas	12,5	17,5
50 a 70	Mayúsculas - minúsculas	15,0	22,5
70 a 90	Mayúsculas - minúsculas	20,0	30,0
90 a 120	Mayúsculas - minúsculas	25,0	35,0

No obstante, para casos especiales debidamente justificados ante el órgano competente, los tamaños mínimos de letra pueden incrementarse en función a las condiciones del tránsito y su composición, geometría de la vía u otros factores que lo justifiquen.

2.4.2.3 Orla

El ancho de la orla debe corresponder a los valores especificados en la **Tabla 2.5** y la distancia entre el borde exterior de la orla y el borde de la señal deber ser de 1 cm.

Tabla 2.5 Ancho de orla de señales informativas

Dimensión Exterior de la Señal	Ancho de la Orla
Hasta 1 m x 1,6 m	2 cm
Hasta 2 m x 3 m	2,5 cm
Mayor a 2 m x 3 m	3 cm

2.4.2.4 Flechas

Las flechas se usan para indicar la dirección y sentido a seguir para llegar a los destinos y en el caso de señales aéreas, el o los carriles de determinados destinos.

Las dimensiones de las flechas están en función de la altura de las letras más grandes de la señal. Las dimensiones de la flecha se aprecian en la **Figura 2.25**, y la relación de las dimensiones de la flecha con la altura de la letra mayúscula en la **Tabla 2.6**.

Figura 2.25 Dimensiones de Flecha de destino

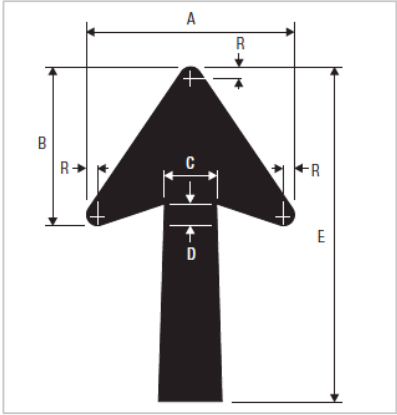
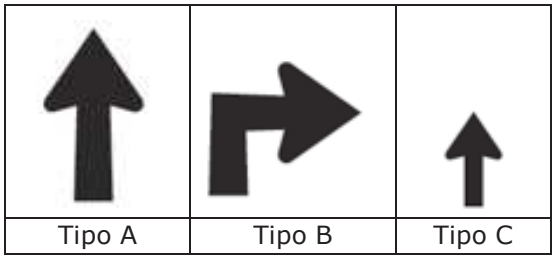


Tabla 2.6 Dimensiones de las flecha de destino con relación a la altura de las letras mayúsculas

Altura de Letra Mayúscula (cm)	Dimensiones (cm)					
	A	B	C	D	E	R
20	38	29	9,5	3,3	42,5 a 62,5	2
25 a 32,5	45,6	34,8	11,4	4,0	51 a 75	2,4
40	55,9	42,6	14	4,9	62,5 a 87,5	2,9

En la **Figura 2.26** se muestra los tipos de las flechas que deben utilizarse en las señales informativas, las que de acuerdo a las características de la vía a señalizar, se colocarán en la posición requerida.

Figura 2.26 Tipos de Flecha de Destino



Tipo A	Tipo B	Tipo C

- **Flecha tipo A**. Se usa para indicar la dirección de un destino o un grupo de destinos. Su ubicación estará al costado del texto que indica el o los destinos.
- **Flecha tipo B**. Se usa para indicar la dirección de un destino o un grupo de destinos, en la que la flecha forma un ángulo. Su ubicación estará al costado del texto que indica el o los destinos.

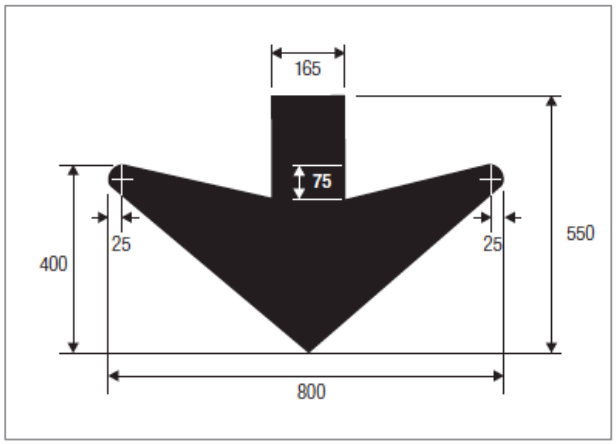
- **Flecha tipo C**. Su uso se restringe a señales menores con letras mayúsculas menores o iguales a 20 cm.

Las dimensiones especificadas de las flechas pueden ser aumentadas si un estudio de ingeniería vial lo justifica, debiendo mantenerse en todo caso la proporcionalidad entre las letras mayúsculas y la flecha.

Cuando se usan flechas de destino en señales aéreas (pórticos, bandera y otros) éstas deberían indicar la dirección de la maniobra para salir de la vía y en este caso, la flecha debe ser oblicua ascendente u horizontal, representando adecuadamente el ángulo de la maniobra de la salida.

Cuando se usan flechas descendentes en señales aéreas para asociar un carril con un destino, la flecha debe apuntar aproximadamente al centro del carril asociado al destino indicado en la leyenda que está sobre la flecha. No será permitido dos tipos de flechas apuntando al mismo carril. Las dimensiones de flecha descendente en señales aéreas se indican en la **Figura 2.27**.

Figura 2.27 Dimensiones de flecha descendente en señales aéreas (cm)



2.4.3 Diagramación de señales informativas

Determinada la altura de letra, la señal se diagrama horizontal y verticalmente con los espacios pertinentes entre todos sus elementos: leyenda, símbolo, orla y flechas, de acuerdo a los siguientes criterios.

El espaciamiento entre líneas debe ser 75% de la altura de las letras mayúsculas.

El espacio entre la parte superior o inferior de la orla de la señal y cualquier texto debe ser igual a la altura de las letras adyacentes, y el espacio entre los bordes derecho e izquierdo y el texto debe ser igual a la altura de la letra más alta.

El espacio entre las palabras, palabras y logos, palabras y flechas debe ser igual a entre 1 y 1,5 veces la altura de la letra mayúscula en dicha línea de texto.

Para evitar señales de dimensiones muy grandes, se pueden abreviar palabras y nombres siempre que el mensaje resulte inequívoco. Las direcciones cardinales NORTE, SUR, ESTE y OESTE no deben ser abreviadas y deben ser escritas siempre en letras mayúsculas para distinguir entre una dirección y un nombre.

2.4.3.1 Diagramación de señales informativas tipo mapa

Cuando se requiera utilizar señales tipo "mapa", éstas se deben diseñar de acuerdo a lo siguiente:

- Un mínimo de retrorreflexión TIPO IV
- La señal debe representar en planta, y de una forma sencilla, la relación entre la vía en que se emplaza y sus salidas.

Cada punta de flecha debe indicar sólo un destino o ruta con su dirección cardinal. Los nombres o escudos de vías deben ser ubicados de tal manera que se relacionen inmediatamente con la cabeza de flecha a la que corresponden.

Con la excepción de las señales aplicables a rotondas, no deben indicarse más de 2 destinos por señal.

El asta o astil de la flecha que indica la salida debe ser más corto que el que indica el movimiento que continúa por la vía en que se emplaza. Sin embargo, las dos flechas deben estar unidas.

El ancho de los astiles de las flechas debe guardar relación con el de las vías que representan.

Cuando se instalen paneles para indicar el número de una salida, éstos se deben ubicar a la izquierda para una salida a la izquierda y a la derecha para una salida a la derecha.

Los elementos gráficos deben tener las dimensiones mínimas:

- Para graficar un carril debe ser de 125 mm de ancho
- Para indicar líneas de carriles, 25 x 150 mm
- Espacio entre líneas de carril debe ser de 150 mm
- Astil de flecha debe tener un largo mínimo de 750 mm de alto
- Espacio entre flecha, texto, escudo o dirección cardinal de 300 mm

La diagramación para un óvalo debe reflejar la geometría y distancia entre sus salidas. Ver la **Figura 2.28.**

Figura 2.28 Ejemplo de diagramación para un ovalo

2.4.4 Enumeración de salidas

En las vías o tramos de vía que cuenten con control de acceso es conveniente enumerar las salidas tomando en cuenta el kilometraje de la maniobra de salida. De esta manera la salida de una carretera que se realice, por ejemplo, en el kilómetro 7.4 se identificaría como SALIDA 7 y la que se realice en el kilómetro 7.5 se identificaría como SALIDA 8.

En el caso excepcional de tener dos salidas en un tramo la cual indicaría el mismo número, por ejemplo una salida en el kilómetro 58.7 y el segundo en el 59.4 se pueden emplear los

mensajes SALIDA 59 A y SALIDA 59 B. Los textos de enumeración de salida se hacen con texto en mayúscula. Serán de fondo amarillo con letras y orla negra.

La definición de esta enumeración se realiza mediante placas adicionales. Se deberán colocar estas placas a la derecha de la señal en el caso de una salida hacia la derecha y a la izquierda en caso contrario.

2.4.5 Ubicación

La ubicación longitudinal de las señales informativas queda determinada por su función y se especifica más adelante para cada tipo de señal. No obstante, dicha ubicación puede variar en un rango de hasta 20%, dependiendo de las condiciones del lugar y de factores tales como geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito, composición de éste y otros.

Cuando la señal se instala sobre la calzada o sobre la berma (en pórticos o banderas), es preferible iluminar las señales o utilizar material retrorreflexión TIPO VIII o de nivel superior. La altura mínima de su borde inferior debe ser de 5,50 m. respecto al punto más alto de la calzada o berma. No obstante, no es conveniente elevar las señales verticales en demasía sobre dicha altura, ya que la señal puede quedar ubicada fuera del cono de atención de los conductores o fuera del alcance de la luz emitida por los faros de luces delanteras de los vehículos, lo que dificulta su visibilidad nocturna.

2.4.6 Clasificación

Las señales informativas de acuerdo a su función de guiar al usuario a su destino, se clasifican en:

- Señales de pre señalización
- Señales de dirección
- Balizas de acercamiento
- Señales de salida inmediata
- Señales de confirmación
- Señales de identificación vial
- Señales de localización
- Señales de servicios generales
- Señales de interés turístico

2.4.7 Señales que guían al usuario a su destino

Las señales que guían al usuario a su destino, no siempre pueden darse a través de una sola señal, sino también a través de una secuencia de estas, para funcionar en conjunto.

2.4.7.1 Señales de pre señalización

Estas señales informan sobre la proximidad de un cruce o intersección con otras vías, indicando la distancia a éstos, el nombre o código de las vías y los destinos importantes que ellas permiten alcanzar. Con esta información los conductores pueden iniciar la selección del carril o los carriles que le permiten salir de la vía o continuar en ella.

Por lo general se usan en autopistas y carreteras y en vías convencionales con flujos de salida importantes.

En autopistas deben instalarse a una distancia de 2 km o más respecto a un enlace y reiteradas a no menos de 500 m de éste; la instalación de una tercera señal entre las dos anteriores, puede justificarse cuando el tránsito de vehículos pesados es significativo y/o la geometría de la ruta dificulta la visibilidad de las señales.

En otras vías, en zonas rurales y urbanas, la pre señalización se ubicará en función a las características geométricas y velocidad de diseño u operación de la vía, con respecto a los

cruces o salidas de las vías por atravesar, respetando distancias mínimas de visibilidad y parada.

2.4.7.1.1 Señales de pre señalización en intersecciones o cruces rurales

Debe colocarse un Conjunto de Indicadores de Ruta, tanto antes como después de la intersección o cruce. En este caso se emplearán los escudos de identificación de rutas con flechas auxiliares y de posición, tal como puede apreciarse en las **Figura 2.29** y **Figura 2.30**.

Figura 2.29 Ejemplo de conjunto de indicadores de ruta

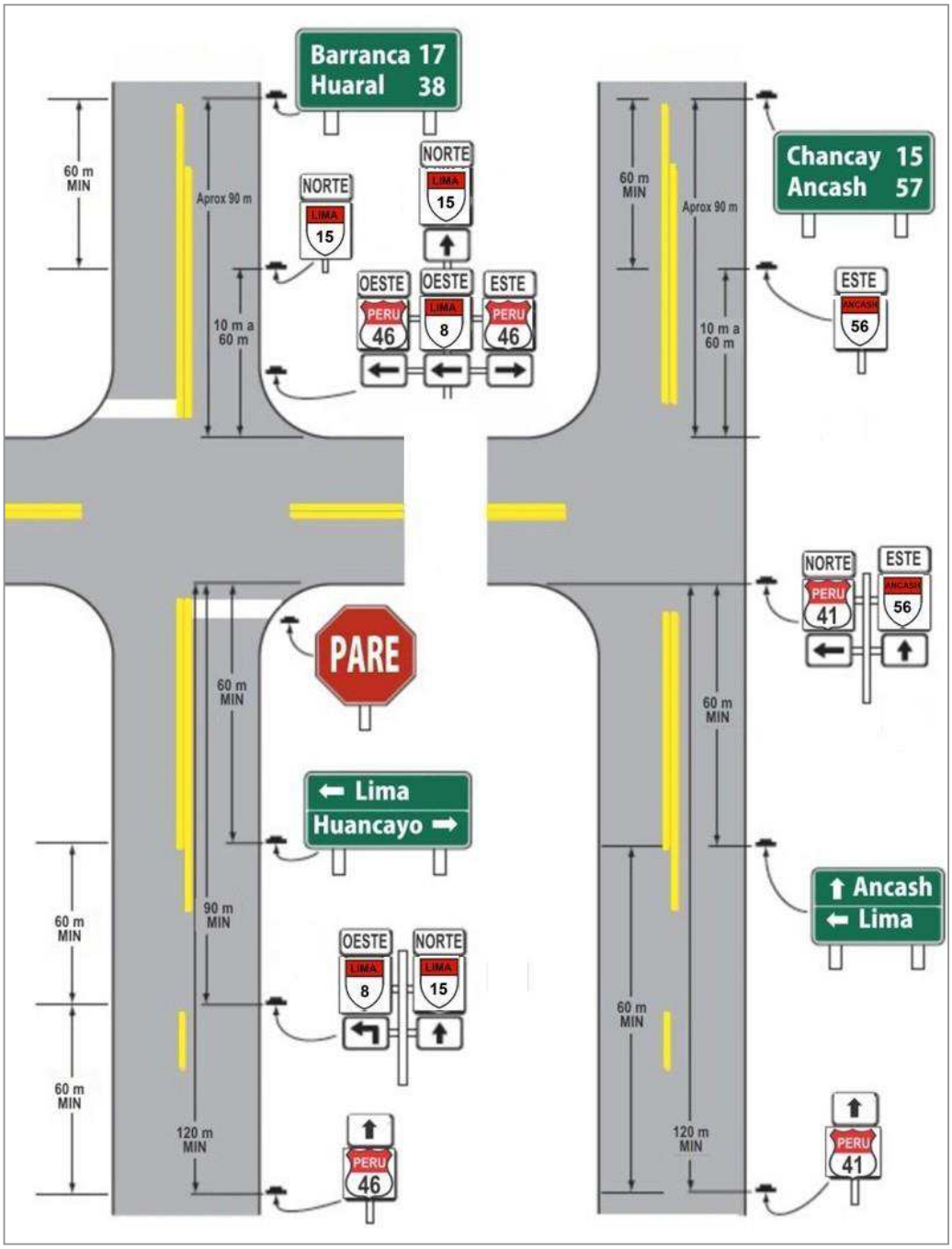
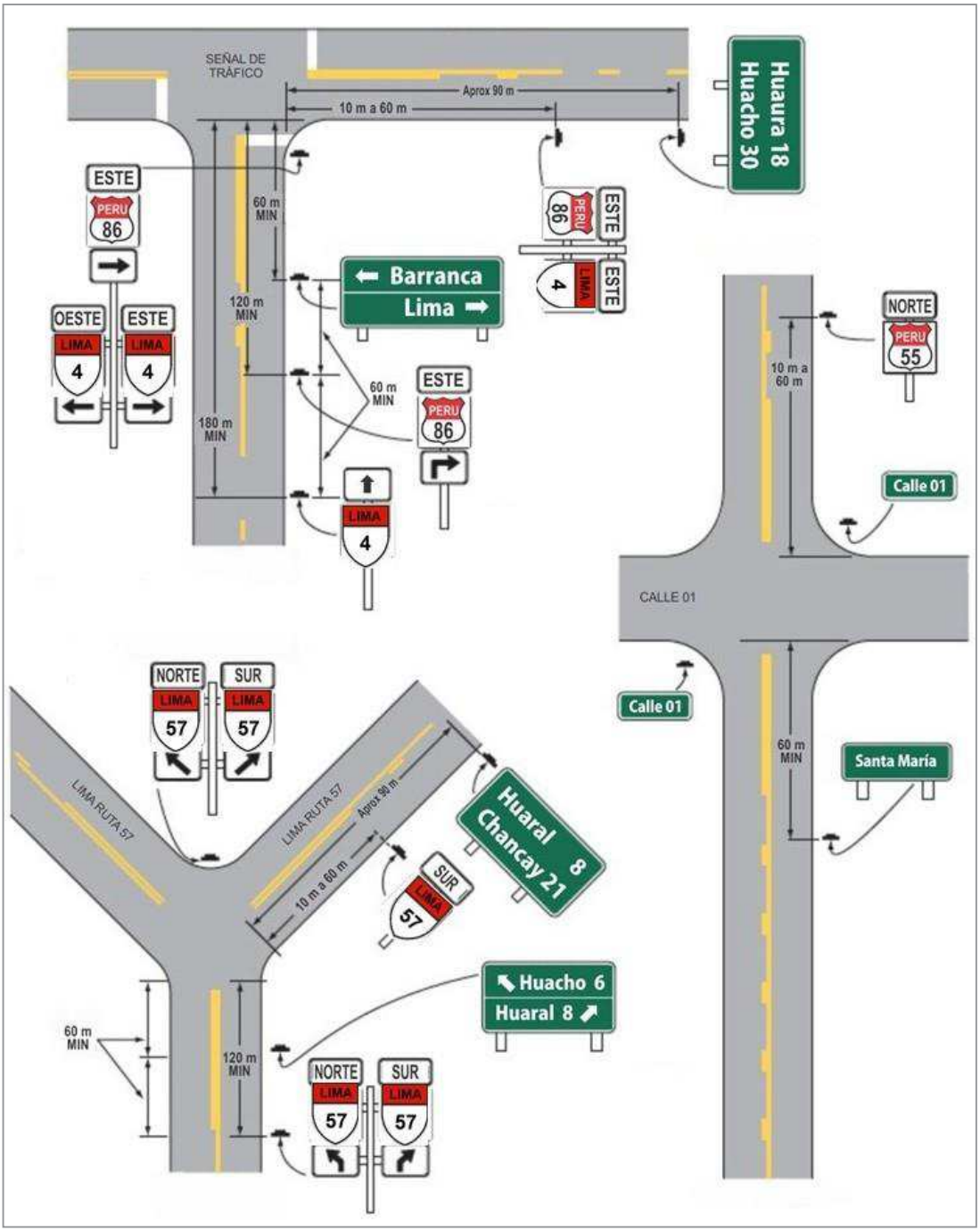


Figura 2.30 Ejemplo de conjunto de indicadores de ruta

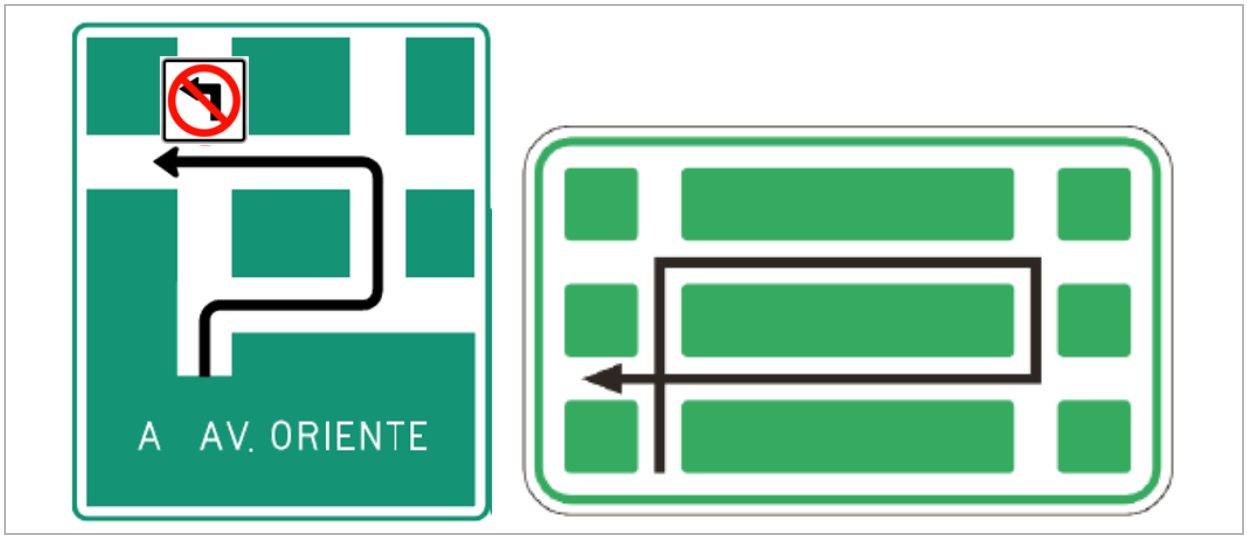


2.4.7.1.2 Señales de pre señalización en intersecciones o cruces en zonas urbanas con limitación de giro

Tienen por finalidad facilitar al conductor la identificación de la vía por las que debe continuar para evitar un giro restringido y alcanzar su destino. Pueden contener en la parte inferior el nombre de una vía o más, así como la señal reglamentaria que justifica la ruta indicada.

En la **Figura 2.31** se muestran dos ejemplos de las indicadas señales.

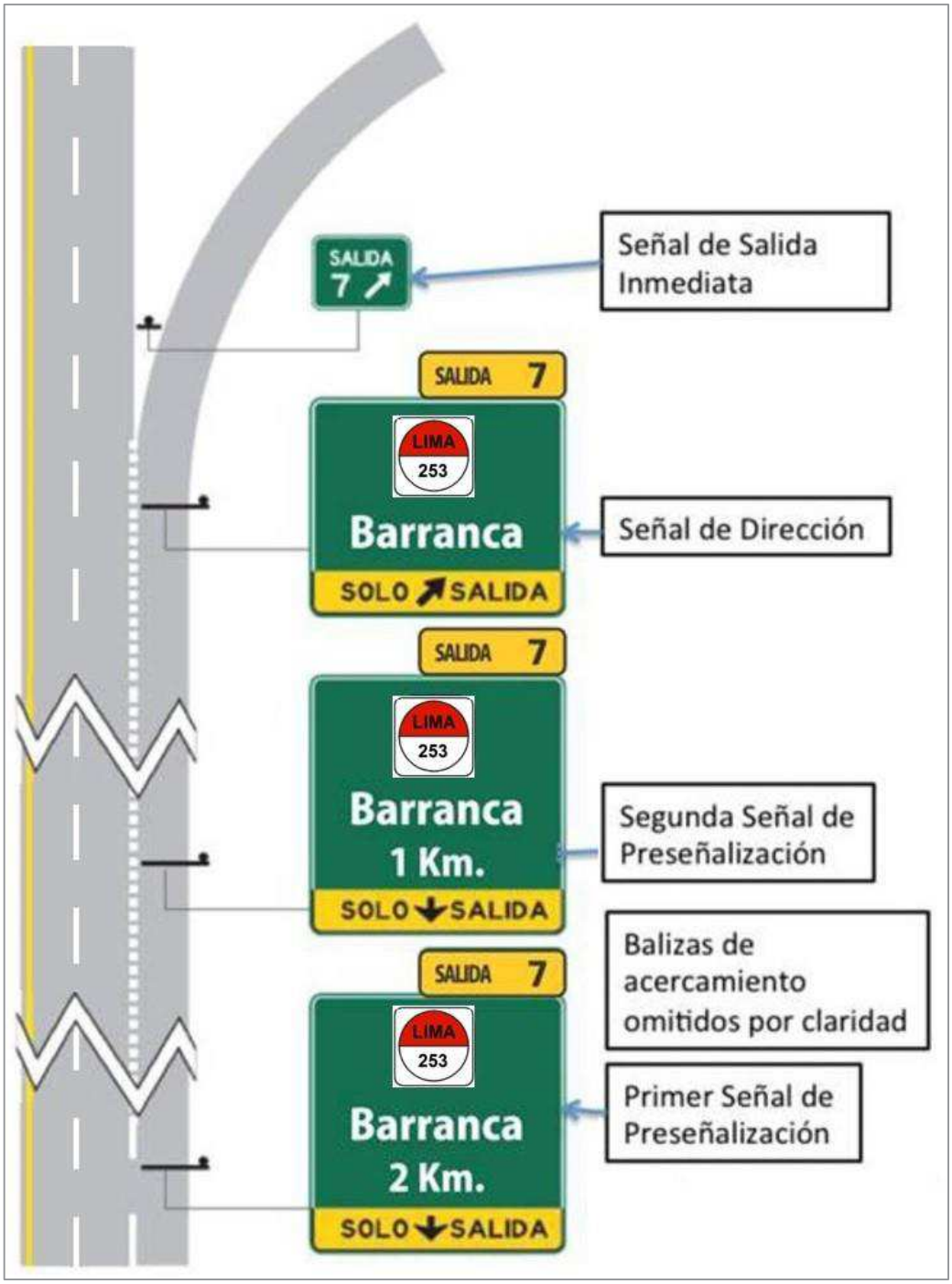
Figura 2.31 Ejemplos de diagramación de pre señalización en intersecciones o cruces en zonas urbanas con limitación de giro



2.4.7.1.3 Señales de pre señalización en carriles de solo salida o deceleración

Para estos casos, la pre señalización del conjunto de señalización informativa, debe ser de fondo amarillo con letras, borde y flecha de color negro, tal como se indica en **Figura 2.32**.

Figura 2.32 Ejemplo de señales de pre señalización en carriles de solo salida o deceleración



2.4.7.2 Señales de dirección

Tienen por finalidad informar sobre los destinos, así como de los códigos y nombres de las vías que conducen a ellos, al tomar una salida o realizar un giro. Podrán indicar la distancia aproximada al destino.

Por lo general se ubican entre 10 m. y 50 m. antes del cruce o en el inicio del carril de giro o de salida. En la **Figura 2.33** se muestran ejemplos de estas señales.

Cuando se utilizan señales de dirección en conjunto con señales de pre señalización, éstas deben contener la misma leyenda.

En señales de dirección compuestas, los destinos en una señal se listan en el siguiente orden

- En primer lugar los destinos en dirección recta
- A continuación los destinos con giro a la izquierda
- En último lugar los destinos con giro a la derecha.

Las flechas que señalan destinos hacia la izquierda o hacia el frente se colocan al lado izquierdo y las flechas que indiquen destinos hacia la derecha al lado derecho de la señal. Cada destino debe separarse con una línea blanca, y cada destino tendrá su respectiva flecha de color blanco.

De colocarse kilometrajes, éstos deben ubicarse a la derecha del nombre del destino pertinente y en el caso de un giro a la derecha se coloca entre el destino y la flecha. De mostrarse más de un destino en una señal, el nombre del destino más cercano debe ubicarse sobre el del más lejano.

No debe indicarse más de tres destinos en una señal; en caso sea necesario indicar más destinos, debe colocarse otras señales de este tipo, las cuales estarán separadas a una distancia no menor de 60 m.

Figura 2.33 Ejemplos de señales de dirección

Figura 2.34 Ejemplos de señales de dirección turística

En autopistas, las señales de dirección se ubican al inicio de los carriles suplementarios o deceleración, aproximadamente a 300 metros del inicio de la salida. En la **Figura 2.35** se muestran ejemplos de estas señales.

Figura 2.35 Ejemplos de señales de dirección de salida en autopistas

La señal de salida, tiene como única función precisar el lugar donde nace la bifurcación y el ángulo aproximado de ésta respecto de los carriles que continúan por la vía principal, indicando a los conductores que desean salir de la vía, dónde y en qué dirección deben realizar la maniobra requerida. Generalmente se ubica en el vértice formado por el carril de salida y los que continúan.

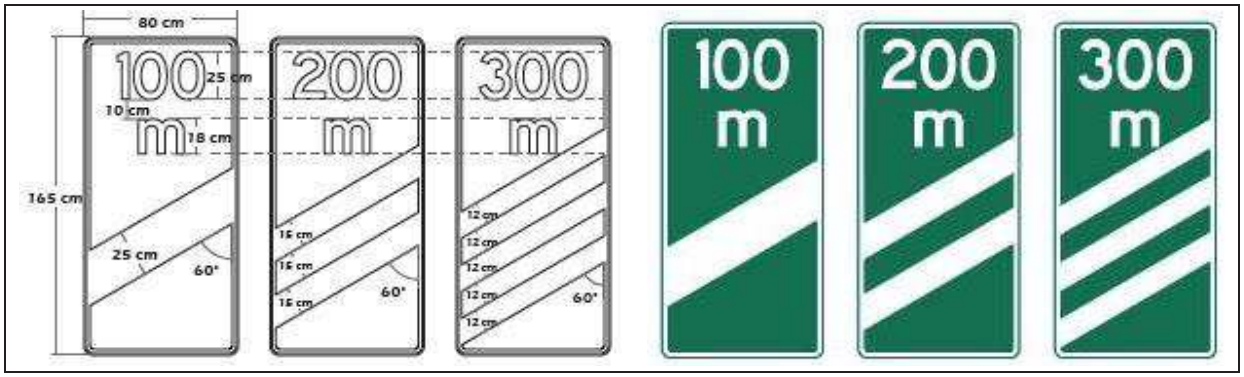
Dado que la función de esta señal es corroborar la información entregada con anterioridad por señales de pre señalización y otras de dirección, sólo debe utilizarse en conjunto con ellas.

2.4.7.3 Balizas de acercamiento

Se utilizan sólo en autopistas para indicar la distancia de 300 m, 200 m y 100 m al inicio del carril deceleración o de salida. Sólo se deben usar en conjunto con señales de pre señalización y de dirección. Se muestran en la **Figura 2.36**.

En el caso de existir enlaces de salidas consecutivas menores a 300 m., sólo deben usarse para la primera de ellas.

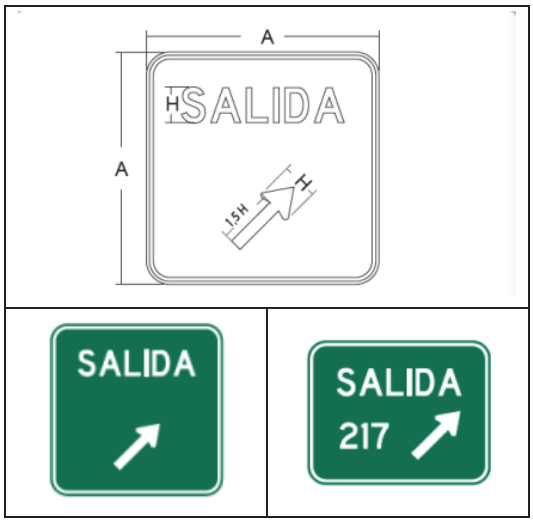
Figura 2.36 Balizas de Acercamiento



2.4.7.4 Señal de salida inmediata

En autopistas, son las que se utilizan para indicar las leyendas "Salida", "Carril de Emergencia" o "Retorno", y una flecha oblicua, ascendente u horizontal que represente el ángulo de la salida. En el caso de autopistas con salidas enumeradas, además en la señal se coloca el número de la salida. En la **Figura 2.37**, se muestra ejemplo de la indicada señal.

Figura 2.37 Ejemplo de señales salida inmediata



En otras vías también puede utilizarse para indicar la salida o dirección a tomar para alcanzar un determinado destino o para efectuar un retorno, así como para indicar el lugar preciso donde se encuentra la salida a una pista de emergencia. Ver **Figura 2.38**.

Figura 2.38 Ejemplos de señal salida inmediata de forma flecha

2.4.7.5 Señales de confirmación

Tienen como función confirmar a los conductores el destino elegido, indicando la distancia a éste y a otros destinos a que la vía conduce. Deben contener el o los destinos indicados con anterioridad en la vía de origen por las señales de pre señalización y de dirección.

La señal debe indicar 3 destinos como máximo, uno de los cuales, el más lejano a la señal, debe corresponder a una ciudad importante que sirve de referencia. El destino más cercano se debe ubicar siempre en su parte superior. A la derecha de cada destino debe figurar la distancia en kilómetros (km).

Estas señales se instalan una vez finalizado el carril de incorporación a la nueva vía. Ver **Figura 2.39**.

Figura 2.39 Ejemplos de señales de confirmación

2.4.7.6 Señales de identificación vial

Tienen como función individualizar la vía, indicando su nombre, símbolo, código y/o numeración, tanto en zonas rurales y urbanas.

En lo que respecta a las zonas rurales, según la información oficial correspondiente, dichas señales que están representadas por escudos, emblemas, círculos y otros, podrán estar inscritas en un rectángulo o escudos independientes. Ver ejemplos en **Figura 2.40** y **Figura 2.41**.

- (I-1A) SEÑAL ESCUDO INDICADOR DE CARRETERA DEL SISTEMA VIAL INTERAMERICANO
- (I-1B) SEÑAL SÍMBOLO QUE IDENTIFICA LA RED VIAL NACIONAL DEL "SINAC"
- (I-1C) SEÑAL SÍMBOLO QUE IDENTIFICA LA RED VIAL DEPARTAMENTAL O REGIONAL DEL "SINAC"
- (I-1D) SEÑAL SÍMBOLO QUE IDENTIFICA LA RED VIAL VECINAL O RURAL DEL "SINAC"
- (I-2A) SEÑAL POSTES DE KILOMETRAJE
- (I-2B) SEÑAL BALIZA DE ACERCAMIENTO
- (I-3A) SEÑAL CONTROL DE VELOCIDAD EN CARRETERA UNIDIRECCIONAL O CARRETERA BIDIRECCIONAL O MULTICARRIL
- (I-3B) SEÑAL CONTROL DE VELOCIDAD EN TRAMO DE CARRETERA UNIDIRECCIONAL O BIDIRECCIONAL O MULTICARRIL
- (I-4A) SEÑAL CONTROL DE VELOCIDAD EN AUTOPISTA
- (I-4B) SEÑAL CONTROL DE VELOCIDAD EN TRAMO DE AUTOPISTA

Figura 2.40 Ejemplo de señales de identificación

I-1A	I-1B	I-1C	I-1D	I-2A
I-2B	I-3A	I-3B	I-4A	I-4B

Figura 2.41 Ejemplo de señales de identificación con indicación de ruta

En lo que respecta a zonas urbanas, se utiliza para informar el nombre de las vías urbanas en general y su numeración. Estas señales pueden colocarse junto con las señales reglamentarias (R-14A) SENTIDO DE TRANSITO o (R-14B) DOBLE SENTIDO DE TRÁNSITO, o como señal aérea o junto con semáforos aéreos. El tamaño de las letras se define en la **Tabla 2.7** El color deberá ser igual al de las señales informativas. En la **Figura 2.42** se muestra un ejemplo de tal señal.

Figura 2.42 Ejemplo de señales de identificación en zonas urbanas

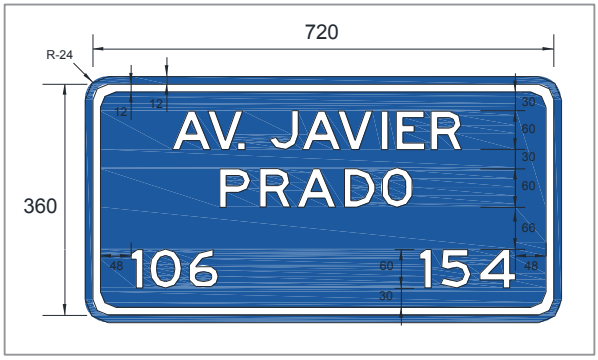


Tabla 2.7 Tamaño mínimo de las letras para señales de identificación en zonas urbanas

Montaje	Tipo de Calle o Arteria	Límite de Velocidad	Altura de Letras Minúsculas	Altura de Letras Mayúsculas
Aéreo	Todas	Todas	20 cm	25 cm
Postes	Mayor a 2 carriles	Mayor a 60 Km/h	15 cm	20 cm
Postes	Mayor a 2 carriles	60 Km/h o menor	10 cm	15 cm
Postes	2 carriles	Cualquiera	10 cm	15 cm

Adicionalmente, puede colocarse en el poste de la señal o los semáforos, una placa con información en código Braille, sobre los nombres y numeración de las calles o vías

comprendidas en la intersección y una indicación con los cuatro puntos cardinales, para el uso de personas no videntes.

2.4.7.7 Señales de localización

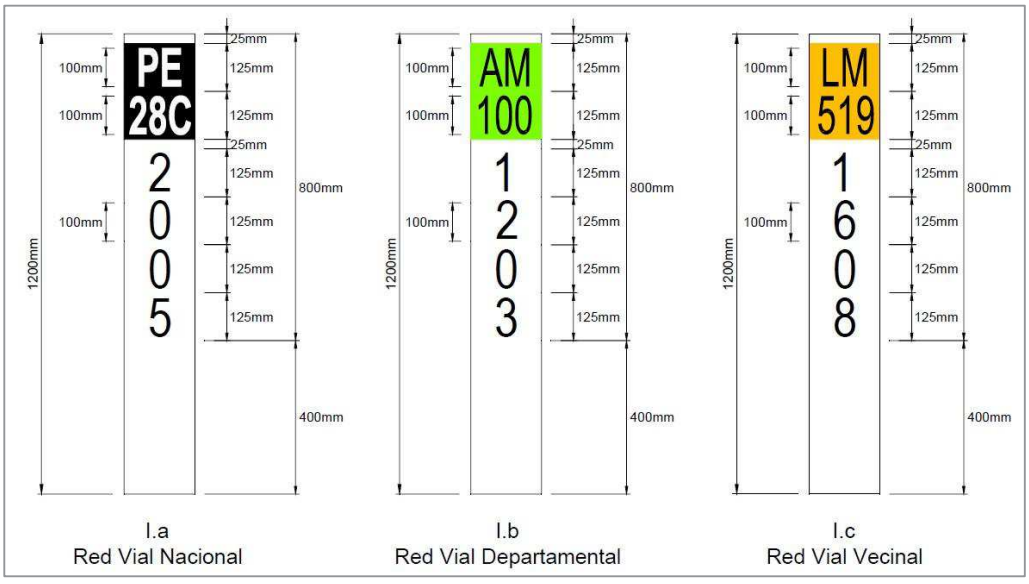
Tienen por función, indicar límites jurisdiccionales de zonas urbanas, identificar ríos, lagos, parques, puentes, túneles, lugares turísticos e históricos, y otros puntos de interés que sirven de orientación a los usuarios de la vía.

Se ubican en el límite jurisdiccional, en el caso de barrios, comunas, ciudades o regiones, y próximas a lugares como los mencionados. Cuando estas señales informativas contengan nombres de túneles, ríos, puentes y similares, el tamaño de las letras debe ser de 15 cm. Excepcionalmente, sólo cuando una localidad o lugar sea considerado como atractivo turístico de la zona, y su nombre figure en una misma placa panel junto a señales de atractivo turístico, el color de fondo de toda la señal podrá ser de color café o la que establezca oficialmente el órgano competente del (MINCETUR) y las letras y símbolos de color blanco. En la **Figura 2.43** se muestran ejemplos de tales señales.

Figura 2.43 Ejemplos de señales de localización

Asimismo en las zonas rurales, los postes kilométricos tienen por finalidad indicar la distancia con respecto al punto de origen de la vía (km 0+000), de acuerdo a lo establecido en el Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), vigente.

Figura 2.44 Postes de kilometraje (I-2A)



Especificaciones de inscripción:

- Codigo de Ruta:

Letras: En bajo relieve de 12 mm de profundidad

a. Red Vial Nacional: color blanco
b. Red Vial Departamental: color negro
c. Red Vial Vecinal: color negro

Fondo:

a. Red Vial Nacional - Color negro
b. Red Vial Departamental - color verde
c. Red Vial Vecinal - color naranja

Altura: 100 mm
Serie: E

- Numero de Kilómetro:

Letras: Color negro
Fondo: Color blanco, en bajo relieve de 12 mm de profundidad
Altura: 100 mm
Serie: A

2.4.7.8 Señales de servicios generales

Tienen por función informar a los usuarios sobre los servicios generales existentes próximos a la vía, tales como teléfono, hospedaje, restaurante, primeros auxilios, estación de combustibles, talleres, y otros.

Estas señales son rectangulares con excepción de la (I-35), su color de fondo debe ser azul, rojo o verde. La simbología o texto debe ser de color blanco, con la excepción de la (I-13) que debe ser de color rojo.

- (I-5) SEÑAL SITIO DE PARQUEO
- (I-6) SEÑAL PARADERO DE BUSES
- (I-7) SEÑAL DE ESTACIONAMIENTO DE TAXIS
- (I-8) SEÑAL VÍA PARA CICLISTAS
- (I-9) SEÑAL ZONA MILITAR
- (I-10) SEÑAL IGLESIA
- (I-11) SEÑAL AEROPUERTO
- (I-12) SEÑAL HOSPEDAJE
- (I-13) SEÑAL PRIMEROS AUXILIOS
- (I-14) SEÑAL HOSPITAL
- (I-15) SEÑAL SERVICIOS SANITARIOS
- (I-16) SEÑAL RESTAURANTE
- (I-17) SEÑAL TELÉFONO
- (I-18) SEÑAL SERVICIO MECÁNICO
- (I-19) SEÑAL GRIFO
- (I-20) SEÑAL LLANTERÍA
- (I-21) SEÑAL PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA
- (I-22) SEÑAL SERVICIO DE INFORMACIÓN
- (I-23) SEÑAL SERVICIOS HIGIÉNICOS
- (I-24) SEÑAL TRANSPORTE FERROVIARIO
- (I-25) SEÑAL TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS
- (I-26) SEÑAL ZONA RECREATIVA
- (I-27) SEÑAL TSUNAMI RUTA DE EVACUACIÓN
- (I-28) SEÑAL ZONA DE RIESGO POR TSUNAMI

- (I-29) SEÑAL PUNTO DE ENCUENTRO POR TSUNAMI
- (I-31) SEÑAL ESTACIONAMIENTO PARA EMERGENCIAS
- (I-32) SEÑAL EXTINTOR CONTRA INCENDIOS
- (I-33) SEÑAL HIDRANTE Y MANGUERA CONTRA INCENDIOS
- (I-34) SEÑAL SALIDA DE EMERGENCIA
- (I-35) SEÑAL RUTA DE EMERGENCIA

La **Figura 2.45**, contiene las indicadas señales.

Figura 2.45 Señales Informativas de Servicios Generales

I-5	I-6	I-7	I-8	I-9
I-10	I-11	I-12	I-13	I-14
I-15	I-16	I-17	I-18	I-19
I-20	I-21	I-22	I-23	I-24
I-25	I-26	I-27	I-28	I-29
I-31	I-32	I-33	I-34	I-35

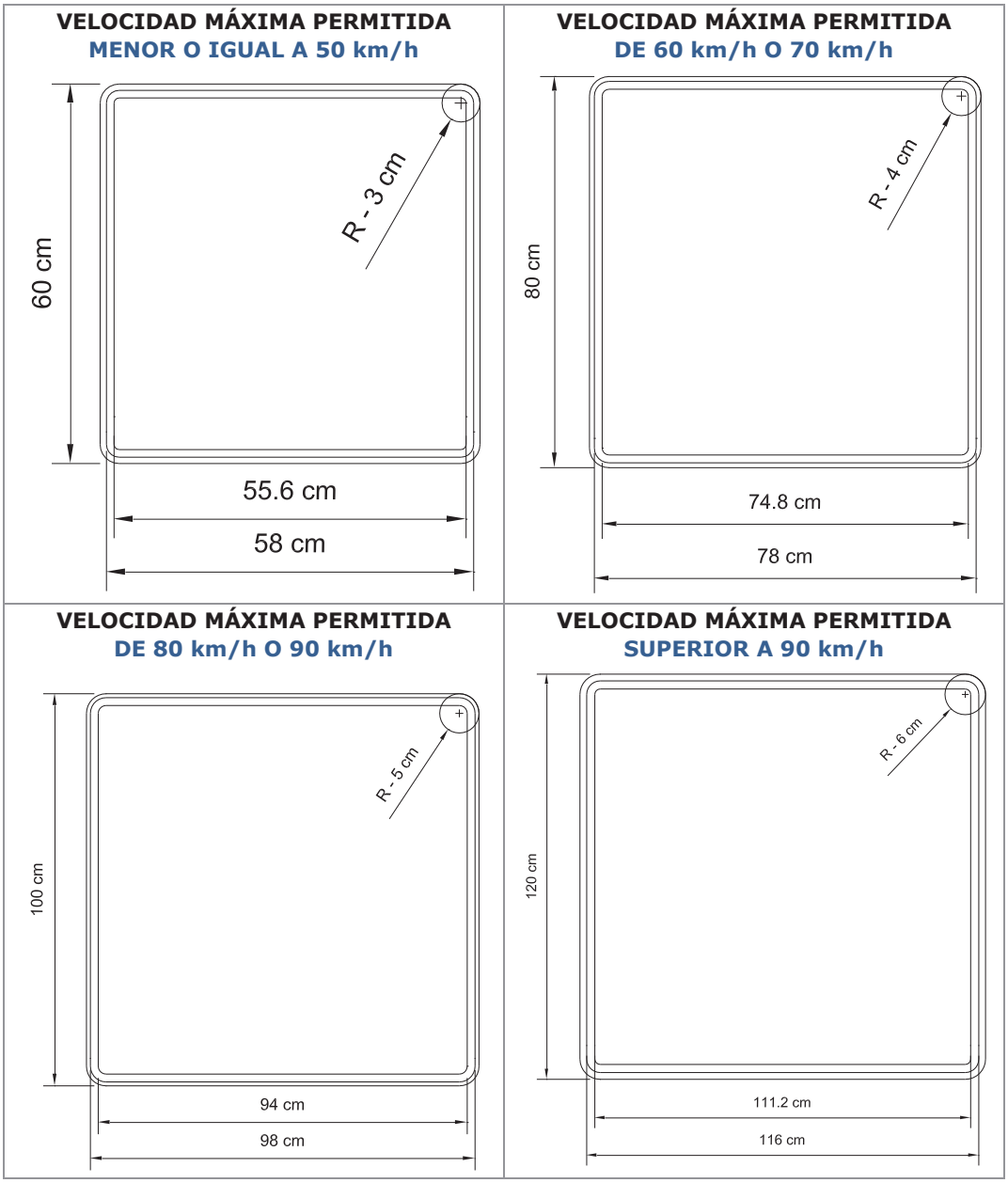
Con fines de mejor orientación, pueden contener una flecha blanca, o texto con la distancia entre la señal y el servicio, asimismo pueden colocarse al inicio de la vía de acceso al lugar del servicio general, en cuyo caso deben llevar una flecha de color blanco apuntando en la dirección de la maniobra de salida.

Se instalarán al costado de la carretera a 1000 m. y a 500 m. antes del servicio general por señalizar.

Sus diagramación, tamaño, visibilidad, retrorreflexión, ubicación, altura, orientación, sistema de soporte y otros, deben cumplir con lo establecido en el presente Capítulo para las señales informativas.

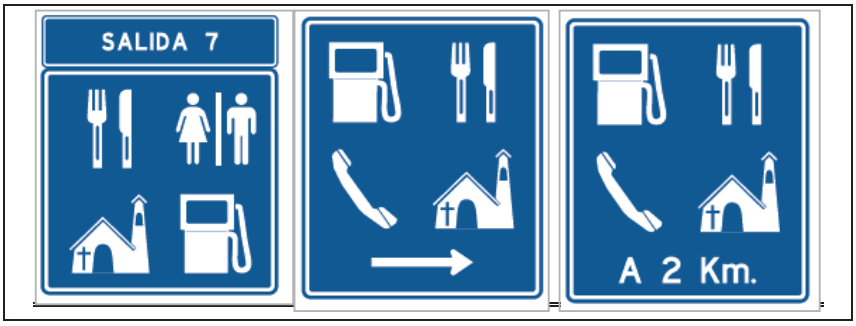
Las dimensiones de la placa de estas señales se indican en la **Figura 2.46**.

Figura 2.46 Dimensiones de placas de Señales Informativas de Servicios Generales



Cuando se trata de señalizar varios servicios generales que tienen un mismo punto de acceso, pueden instalar hasta seis señales agrupadas en un mismo panel. La configuración de estas señales debería ser similar a uno de los tres ejemplos mostrados en la **Figura 2.47**.

Figura 2.47 Ejemplos de diagramación de conjunto de señales informativas de servicios generales



La ubicación de las señales reglamentarias, de preseñalización y de dirección, prevalecen sobre las señales de servicios generales, debiendo mantenerse entre ellas una distancia mínima de 60 m.

2.4.7.9 Señalización turística

Tienen por finalidad informar y facilitar la llegada a los lugares de interés turístico existentes en la vía y en su entorno o zona de influencia, tales como lugares deportivos, parques nacionales, parques nacionales naturales, santuarios de fauna y flora, reserva nacional natural, playas, lagos, ríos, volcanes, centros de artesanía y otros.

Estas señales por lo general son rectangulares, su fondo es de color marrón y blanco su simbología o texto, y de ser el caso, contendrán una flecha blanca y la distancia entre la señal y el lugar de interés turístico.

Sin embargo, de ser el caso se cumplirá o complementará con lo establecido en las normas sobre señalización del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo MINCETUR.

- (T-01) SEÑAL ZONA DE CAMPING
- (T-02) SEÑAL MUSEO
- (T-03) SEÑAL MUELLE
- (T-04) SEÑAL SERVICIO DE INFORMACIÓN TURÍSTICA
- (T-05) SEÑAL ARTESANÍAS
- (T-06) SEÑAL BIENES ARQUEOLÓGICOS
- (T-07) SEÑAL POLIDEPORTIVO
- (T-08) SEÑAL ALQUILER DE VEHÍCULOS
- (T-09) SEÑAL ATRACTIVO NATURAL
- (T-10) SEÑAL LUGAR DE PESCA
- (T-11) SEÑAL ARRECIFE CORALINO
- (T-12) SEÑAL PÁRAMO O PUNA
- (T-13) SEÑAL PARQUE O RESERVA NATURAL
- (T-14) SEÑAL OBSERVATORIO DE FLORA Y FAUNA
- (T-15) SEÑAL CAMINO PEATONAL
- (T-16) SEÑAL PARAPENTE
- (T-17) SEÑAL ANDINISMO
- (T-18) SEÑAL CANOTAJE
- (T-19) SEÑAL COMUNIDAD INDÍGENA
- (T-20) SEÑAL MONUMENTO NACIONAL

La **Figura 2.48**, contiene las indicadas señales.

Figura 2.48 Señales Turísticas

T-01	T-02	T-03	T-04	T-05
T-06	T-07	T-08	T-09	T-10
T-11	T-12	T-13	T-14	T-15
T-16	T-17	T-18	T-19	T-20

Sus diagramación, tamaño, visibilidad, retrorreflexión, ubicación, altura, orientación, sistema de soporte y otros, deben cumplir con lo establecido en el presente Capítulo para las señales informativas.

2.5 SEÑALIZACIÓN PARA ESTACIONES DE PEAJE Y PESAJE

Las estaciones de peaje y/o pesaje, deben tener los dispositivos de control del tránsito necesario para su adecuada operación, acorde a la presente norma, tales como señalización vertical estática y/o dinámica, horizontal o marcas en el pavimento para identificar los carriles y cabinas de pago manual, carriles exclusivos y dispositivos para pago electrónico, estructura tarifaria, carriles para vehículos exonerados de pago, elementos de seguridad vial y otros.

2.5.1 Preseñalización

Las señales informativas deben colocarse como mínimo a 1000 m. y a 500 m antes de la estación de peaje o pesaje.

También deben colocarse señales informativas que indique la estructura tarifaria como mínimo a 100 m antes.

Para el caso de peaje electrónico, debe colocarse los dispositivos correspondientes para posibilitar que el usuario verifique si cuenta con el saldo disponible para utilizar dicha forma de pago, y/o realizar oportunamente la maniobra necesaria para el ingreso al carril de pago manual.

Debe colocarse señalización reglamentaria que indique la disminución gradual de la velocidad en la zona de aproximación al peaje y/o pesaje, de acuerdo al estudio de ingeniería vial para cada caso.

2.5.2 Señalización y elementos de control de velocidad

Se colocara la señalización vertical y horizontal necesaria para la operación de las estaciones de peaje y pesaje, tales como las referidas a velocidades máximas, reductores de velocidad y otros.

2.5.3 Barreras de control

Las barreras de control para detención de los vehículos deben ser de materiales que no representen riesgo para los ocupantes de un vehículo en caso de impacto, y estarán forradas con material retroreflectivo que irá en bandas de color blanco y rojo en forma alternada cada 20 cm.

2.5.4 Semáforos e indicadores de forma de pago

Sobre cada carril de peaje se debe colocar un semáforo con flecha verde descendente cuando la cabina de pago está operativa y con una equis roja cuando esté cerrada. La dimensión mínima del lente del semáforo es de 30 cm.

En los peajes por pago electrónico, se deben señalizarse los carriles exclusivos para la circulación de los vehículos que usen este medio de pago.

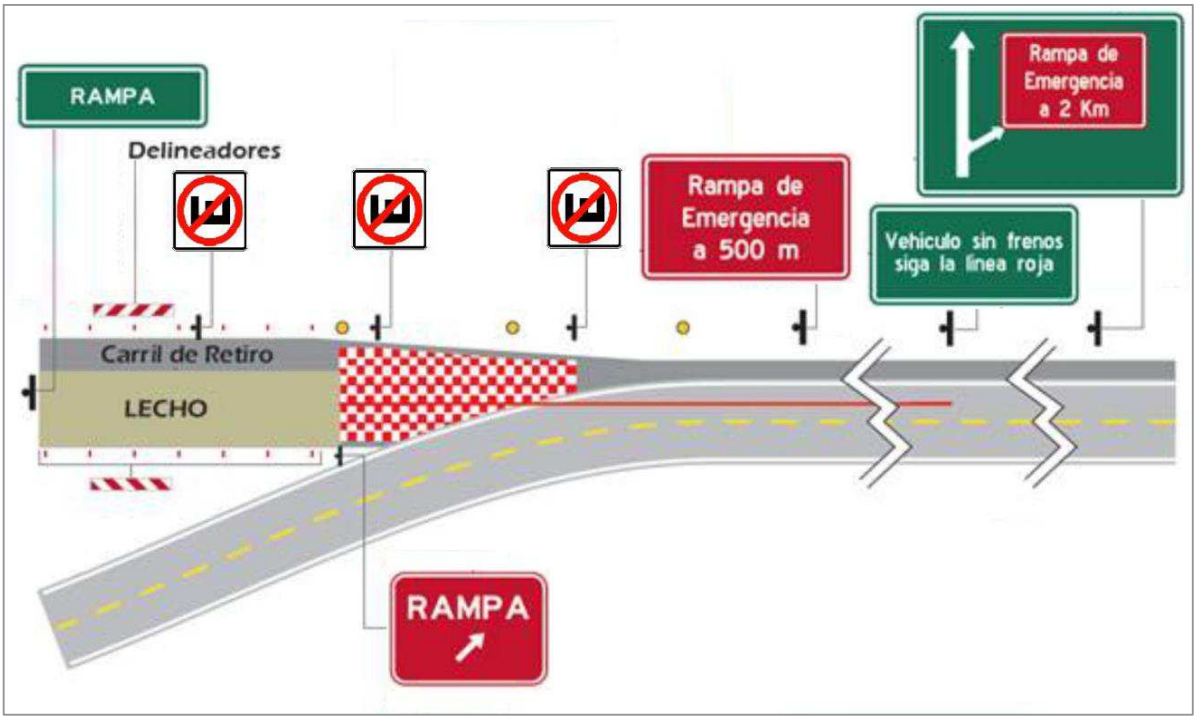
2.5.5 Espigones

Los espigones que forman parte de la infraestructura de las cabinas de pago, deben contar con un sistema certificado de protección con la finalidad de mitigar los impactos; todo lo cual debe estar debidamente señalizado.

2.6 SEÑALIZACIÓN PARA RAMPAS DE EMERGENCIA

Las rampas de emergencia conocidas también como lechos de frenado, deben contar con la señalización correspondiente, en la **Figura 2.49** se muestra una configuración a manera de ejemplo.

Figura 2.49 Ejemplo de configuración de señalización para rampas de emergencia



2.6.1 Preseñalización

La señalización previa o preseñalización estará constituida como mínimo por dos señales, ubicadas la primera a 2000 m. y la segunda a 500 m antes del lugar de inicio de la Rampa de Emergencia.

2.6.2 Señal de dirección

La dirección de salida hacia la Rampa de Emergencia, debe señalizarse a una distancia mínima de 200 a 300 m antes del inicio de la misma.

2.6.3 Señal de ingreso a la rampa de emergencia

Asimismo debe instalarse una señal en la zona de bifurcación, indicando claramente la dirección de ingreso a la Rampa de Emergencia.

2.6.4 Demarcación

Como mínimo 1000 m. antes del inicio de la Rampa de Emergencia, se demarcará una línea continua de color rojo de 15 cm de ancho reforzada con tachas rojas cada 5 m, que indique la trayectoria hasta llegar a la misma. Se complementará con dos señales informativas que indiquen "Vehículo sin Frenos Siga Línea Roja", ubicadas la primera al inicio de la línea roja y la segunda a 300 m antes del inicio de la Rampa de Emergencia.

2.6.5 Delineación de la rampa

Debe instalarse delineadores laterales de color rojo y blanco en ambos costados de la rampa, cada 5 metros.

2.7 SEÑALIZACIÓN BILINGÜE

La señalización bilingüe tiene por finalidad informar a los usuarios angloparlantes sobre los principales lugares de atracción turística o puntos notables de una vía y su área de influencia.

Con tal finalidad, debe colocarse señales informativas en idioma Castellano e idioma Inglés, en ese orden, cuyo lugar de ubicación y características deberán estar sustentados en una evaluación técnica previa.

Las dimensiones, colores, tipo de letra y demás características de las Señales de Información Bilingüe, se ajustarán a lo establecido en el presente Capítulo.

La **Figura 2.50** presenta ejemplos de señalización bilingüe.

Figura 2.50 Ejemplo de señalización bilingüe

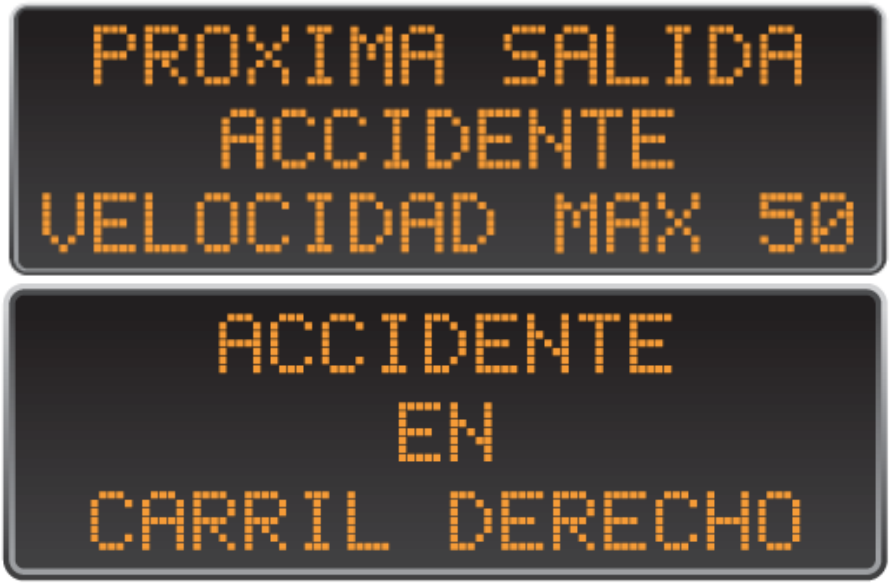
2.8 SEÑALES DE MENSAJE VARIABLE (SMV)

La señalización de mensaje variable (SMV), forma parte de los sistemas inteligentes de transporte (ITS), y tiene por finalidad informar a los usuarios en tiempo real información que permita conocer de situaciones de operación y/o emergencias que puedan ocurrir en la vía por la que circulan.

Las señalización de mensaje variable puede mostrar señales reglamentarias, preventivas, informativas o una combinación de ellas, cuyas características y dimensiones deben cumplir con los requisitos establecidos en el presente Manual, además proporcionarán todos los demás mensajes que sean necesarios para describir o informar las situaciones y ocurrencias particulares que puedan ocurrir en una vía en operación o donde existan zonas de trabajo.

En la **Figura 2.51** se muestra ejemplos de señales de mensaje variable luminoso de carácter informativo.

Figura 2.51 Ejemplos de señales de mensaje variable luminoso de carácter informativo



En la **Figura 2.52 y 2.53** se muestra un ejemplo de una señal de mensaje variable luminoso de carácter informativo de una línea complementada con una señal reglamentaria de límite de velocidad.

Figura 2.52 Ejemplo de una señal de una señal de mensaje variable luminoso de carácter informativo de una línea complementada con una señal reglamentaria de límite de velocidad como sistema inteligente de transporte

2.9 EQUIPAMIENTO PARA LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

Los Dispositivos de control del tránsito que forman parte de los sistemas inteligentes de transporte deberán contar con toda la infraestructura para su implementación, los cuales deben estar de acuerdo a los estudios de ingeniería de tránsito y Seguridad Vial (de la accidentabilidad).

Los dispositivos de control del tránsito que forman parte de los ITS, son utilizados, entre otros para las siguientes actividades: sistema de monitoreo y control de tránsito vehicular y peatonal, sistema centralizado de semaforización, sistema de fiscalización electrónica, sistema de comunicación para emergencias en la vía, sistema de información en la vía, sistema de cobro electrónico y otros, que brinden las funciones de gestión, control del tráfico, planificación, dirección, coordinación de las instalaciones y tecnologías para el control, regulación, vigilancia y mejora de la seguridad vial en su entorno así como la participación de todos los actores con responsabilidad en la gestión del tráfico.

Figura 2.53 Ejemplo de sistema de fiscalización electrónica

(Continua) Figura 2.53 Ejemplo de sistema de fiscalización electrónica

Figura 2.54 Ejemplo de pórtico con dispositivos de medición de velocidad como sistema inteligente de transporte (ITS)

2.10 DESCRIPCIÓN DE SEÑALES

La siguiente sección presenta la descripción en detalle de las señales verticales.

2.10.1 Señales reguladoras o de reglamentación

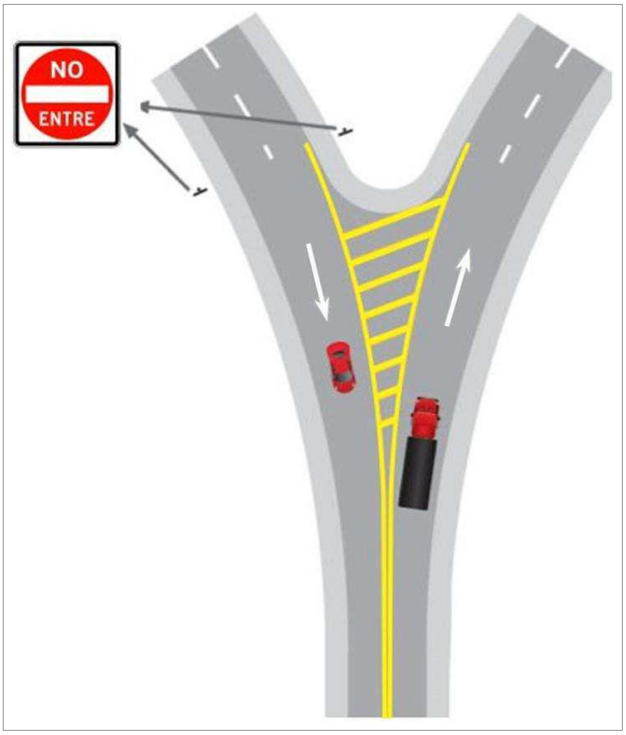
SEÑAL DE PARE (R-1)	
	Esta señal dispone que el Conductor debe detener completamente el vehículo. Se colocará al borde de la vía como mínimo a una distancia de 2 m del inicio de la vía interceptada. Generalmente se complementa con marcas en el pavimento correspondiente a la línea de parada o cruce de peatones. Adicionalmente puede instalarse en el borde izquierdo o ser de mayor tamaño, cuando existan vías unidireccionales de dos o más carriles o cuando la visibilidad de la señal del lado derecho sea insuficiente.

SEÑAL DE CEDA EL PASO (R-2)	
	Esta señal dispone que los conductores cedan el paso a los vehículos que circulan por una vía preferencial, principal, prioritaria o glorietas. Adicionalmente podrá instalarse al lado izquierdo o ser de mayor tamaño, cuando existan vías unidireccionales de dos o más carriles o cuando la visibilidad de la señal del lado derecho sea insuficiente.

SEÑAL DE DIRECCIÓN OBLIGADA (R-3)	
	Esta señal dispone la obligación de circular sólo en la dirección y sentido indicado por la flecha. Puede complementarse con marcas en pavimento o demarcación que indique el sentido de cada carril.

SEÑAL DE NO ENTRE (R-4)	
	Esta señal prohíbe el ingreso a una zona restringida al tránsito o donde éste circula a contraflujo. Por lo general se usa en rampas de salida de autopistas a vías convencionales, para evitar la entrada contra el sentido del tránsito, así como en intersecciones en "Y" en vías de un solo sentido (ver ejemplo en la **Figura 2.55**).

Figura 2.55 Ejemplo de aplicación de señal NO ENTRE en intersecciones en "Y".



SEÑAL DE GIRO SOLAMENTE A LA IZQUIERDA (R-5)	
	Esta señal dispone que el único sentido de desplazamiento permitido en uno o más carriles, es un giro a la izquierda. Debe complementarse con marcas en el pavimento que indique un texto "SOLO" y una flecha que indique el giro a la izquierda, en cada carril al cual se aplica. Las variantes que tiene esta señal permite incluso seguir de frente y a la vez poder voltear a la izquierda. Ver **Sección 2.13**.

SEÑAL DE PROHIBIDO VOLTEAR A LA IZQUIERDA (R-6)	
	Esta señal prohíbe el giro a la izquierda, y por tanto también el giro en "U".

SEÑAL DE PROHIBIDO GIRAR A LA IZQUIERDA CON LUZ ROJA (R-6A)	
	Esta señal prohíbe el giro a la izquierda, en intersecciones controladas por semáforos y que no está permitido el giro a la izquierda con luz roja. Asimismo, tácitamente prohíbe el giro en "U".

SEÑAL DE GIRO SOLAMENTE A LA DERECHA (R-7)

Esta señal dispone que el único sentido de desplazamiento permitido en uno o más carriles, es un giro a la derecha.
Debe complementarse con marcas en el pavimento que indique un texto "SOLO" y una flecha que indique el giro a la derecha, en cada carril al cual se aplica.

SEÑAL DE PROHIBIDO VOLTEAR A LA DERECHA (R-8)

Esta señal prohíbe el giro a la derecha, y por tanto también el giro en "U".

SEÑAL DE PROHIBIDO GIRAR A LA DERECHA CON LUZ ROJA (R-8A)

Esta señal prohíbe el giro a la derecha, en intersecciones controladas por semáforos y que no está permitido el giro a la derecha con luz roja.
Asimismo, tácitamente prohíbe el giro en "U".

SEÑAL DE GIRO SOLAMENTE EN "U" (R-9)

Esta señal permite el giro en "U".
Debe complementarse con marcas en el pavimento con línea continua de separación de carriles, que indique el carril que permite el giro en "U".

SEÑAL DE PROHIBIDO VOLTEAR EN "U" (R-10)

Esta señal prohíbe el giro en "U".

SEÑAL DE CIRCULACIÓN EN AMBOS SENTIDOS (R-11)

Esta señal se emplea en vías unidireccionales para notificar al conductor que se aproxima a un tramo de circulación bidireccional, sin separador central.

SEÑAL DE CIRCULACIÓN EN TRES CARRILES, UNO EN CONTRAFLUJO (R-11A)

Esta señal se emplea en vías de tres carriles para notificar al conductor, que el tramo es de dos carriles de circulación en un mismo sentido y un carril en sentido contrario.

SEÑAL DE CIRCULACIÓN EN TRES CARRILES, DOS EN CONTRAFLUJO (R-11B)

Esta señal se emplea en vías de tres carriles para notificar al conductor que el tramo es de un carril de circulación en un sentido y dos carriles en sentido contrario.

SEÑAL DE PROHIBIDO CAMBIAR DE CARRIL (R-12)

Esta señal prohíbe al conductor cambiar del carril por donde circula a otro. Se colocará al comienzo de la zona de prohibición.

SEÑAL DE CIRCULACIÓN OBLIGATORIA (R-14)

Esta señal dispone que el conductor debe circular sólo en el sentido indicado por la flecha.

SEÑAL DE TRÁNSITO EN UN SENTIDO (R-14A)

Esta señal se utiliza para indicar el sentido del tránsito de una vía.
Se puede complementar la señal con el NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLE.

SEÑAL DE TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS (R-14B)

Esta señal se utiliza para indicar que en una vía el tránsito puede fluir en dos direcciones.
Se puede complementar la señal con el NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLE.

SEÑAL DE PROHIBIDO ADELANTAR (R-16)

Esta señal prohíbe al conductor efectuar la maniobra de adelantar a otro vehículo u otros que le antecedan traspasando el eje de la calzada.
En vías pavimentadas se debe complementar con una línea amarrilla doble continua al borde izquierdo del carril en donde se prohíbe la maniobra.
Siempre se debe colocar esta señal junto con la señal P-60, SEÑAL PROHIBIDO ADELANTAR.

SEÑAL DE FIN DE ZONA DE PROHIBIDO ADELANTAR (R-16A)

Esta señal indica al conductor la terminación de una prohibición de adelantamiento.

SEÑAL DE PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES (R-17)

Esta señal prohíbe la circulación de vehículos motorizados, su uso se restringe a áreas peatonales y a vías para vehículos de tracción animal y/o bicicletas.

SEÑAL DE VEHÍCULOS PESADOS A LA DERECHA (R-18)

Esta señal dispone que los conductores de vehículos pesados deben circular por el carril derecho.
Se usa exclusivamente en tramos de vías con dos o más carriles por sentido de circulación, incluyendo los carriles especiales de ascenso.

SEÑAL DE PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS DE CARGA (R-19)

Esta señal prohíbe la circulación de vehículos de carga en el tramo de vía que sigue a la señal.
Cuando se establezca esta restricción por el peso de dichos vehículos se deberá complementar con las señales preventivas y de reglamentación de peso máximo bruto permitido, (P-61) y (R-31). Cuando la restricción se deba a la congestión vehicular o peatonal, o a las molestias ocasionadas a los residentes, se complementará con una placa informativa que indique las horas de la restricción.

SEÑAL PEATONES DEBEN CIRCULAR POR LA IZQUIERDA (R-20)

Esta señal dispone la obligación del peatón, de caminar por la vereda o ruta peatonal del lado izquierdo de la vía por donde transitan los vehículos, de tal forma que el conductor siempre lo vea de frente la vía a vereda o acera enfrentando al tránsito vehicular.
De ser necesario se complementara con una leyenda de "CAMINE POR LA IZQUIERDA". Se utilizará esta señal en áreas rurales, principalmente en carreteras.

SEÑAL PROHIBIDO EL PASO Y/O LA CIRCULACIÓN DE PEATONES (R-21)

Esta señal prohíbe el paso y/o el tránsito peatonal por una vía y/o sus obras complementarias.

SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE BICICLETAS Y MOTOCICLOS (R-22)

Esta señal prohíbe el paso y/o la circulación de bicicletas y motociclos por la vía y/o sus obras complementarias.

SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE TRICICLOS (R-22A)

Esta señal prohíbe el paso y/o la circulación de triciclos motorizados y no motorizados por la vía y/o sus obras complementarias.

SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE MOTOCICLETAS (R-23)

Esta señal prohíbe el paso y/o circulación de motocicletas por la vía y/o sus obras complementarias.

SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE MAQUINARIA AGRÍCOLA (R-24)

Esta señal prohíbe el paso y/o la circulación de maquinaria agrícola por la vía y/o sus obras complementarias.

SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN ANIMAL (R-25)

Esta señal prohíbe el paso y/o la circulación de toda clase de vehículos de tracción animal por la vía y/o sus obras complementarias.

SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE CARRETILLAS MANUALES (R-25A)

Esta señal prohíbe el paso y/o la circulación de toda clase de carretillas, carretas o cualquier otro vehículo impulsado por tracción humana por la vía y/o sus obras complementarias.

SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN ECUESTRE (R-25B)

Esta señal prohíbe el paso y/o la circulación ecuestre por la vía y/o sus obras complementarias.

SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE BUSES (R-25C)

Esta señal prohíbe el paso y/o la circulación de buses por la vía y/o sus obras complementarias.

SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE CUATRIMOTOS (R-25D)

Esta señal prohíbe el paso y/o la circulación de cuatrimotos por la vía y/o sus obras complementarias.

SEÑAL PERMITIDO ESTACIONAR (R-26)

Esta señal permite el estacionamiento de vehículos en determinadas áreas de una vía.
Debe complementarse con marcas en el pavimento que indiquen las zonas de estacionamiento.
Las restricciones tales como horarios u otros, se indican en la en la parte inferior de la señal.

SEÑAL PROHIBIDO ESTACIONAR (R-27)

Esta señal prohíbe el estacionamiento de vehículos en determinadas áreas de una vía.
Debe complementarse con marcas en el pavimento con una línea amarilla continua al margen derecho o izquierdo de la zona de restricción, en el sardinel o borde de la vereda.

SEÑAL PROHIBIDO ESTACIONAR ZONA DE REMOLQUE (R-27A)

Esta señal prohíbe el estacionamiento de vehículos en determinadas áreas de una vía y en caso de estacionarse el vehículo será remolcado.
Debe complementarse con marcas en el pavimento con una línea amarilla continua al margen derecho o izquierdo de la zona de restricción, en el sardinel o borde de la vereda.

SEÑAL PROHIBIDO DETENERSE (R-28)

Esta señal prohíbe al conductor detener un vehículo en determinada longitud o área de una vía.
De ser el caso se complementara con otra señal similar al lado izquierdo de la vía.

SEÑAL PROHIBIDO EL USO DE LA BOCINA (R-29)

Esta señal prohíbe el uso de claxon o bocina en determinadas zonas que atraviesa una vía, principalmente en hospitales, clínicas, centros educativos, bibliotecas y otros que la autoridad competente lo establezca por razones de la naturaleza de las actividades que realiza.

SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA 40 km/h, 100 km/h (R-30)

Esta señal establece la velocidad máxima de operación en kilómetros por hora (km/h) a la que puede circular un vehículo en determinado carril, tramo o sector de una vía.

Los límites máximos de velocidad deben ser expresados en múltiplos de 10 km/h.

En el caso de señales dinámicas de mensaje variable, serán de fondo de color negro, con orla roja y la numeración de la velocidad de color blanco, tal como se indica en el ejemplo de la **Figura 2.56**.

La reducción de la velocidad debe ser gradual, tal como se muestra en la **Tabla 2.8**, la cual además indica las distancias mínimas para cada cambio de velocidad de operación.

Figura 2.56 Ejemplo de señal dinámica

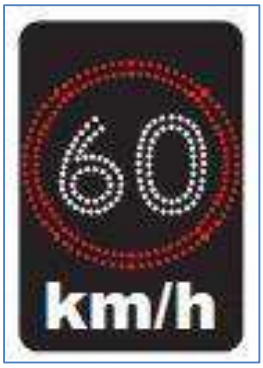


Tabla 2.8 Reduccion gradual de velocidades maximas y distancia minimas para cada cambio de velocidad

Velocidad Máxima Inicial (Km/h)	Siguiente Velocidad Máxima (Km/h)	Distancias entre señales Velocidad Máxima (m)
120	100	150
110	90	140
100	80	125
90	70	110
80	60	100
70	50	80
60	40	80
50	30	55
40	20	40

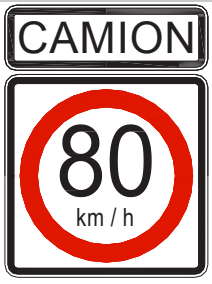
SEÑAL VELOCIDAD MÍNIMA PERMITIDA 60 km/h (R-30B)

Esta señal establece la velocidad mínima de operación en kilómetros por hora (km/h) a la que debe circular un vehículo en determinado carril, tramo o sector de una vía.
Los límites mínimos de velocidad deben ser expresados en múltiplos de 10 km/h.
En el caso de señales dinámicas de mensaje variable, serán de fondo de color negro, con orla roja y la numeración de la velocidad de color blanco, tal como se indica en el ejemplo de la **Figura 3.56**.

SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA DE SALIDA 50 km/h (R-30C)

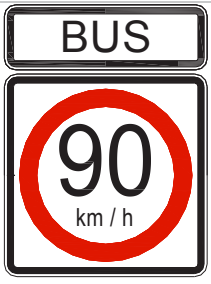
Esta señal establece la velocidad máxima de operación en kilómetros por hora (km/h) a la que debe salir un vehículo de una vía principal a otra.
Los límites máximos de velocidad deben ser expresados en múltiplos de 10 km/h.
En el caso de señales dinámicas de mensaje variable, serán de fondo de color negro, con orla roja y la numeración de la velocidad de color blanco, tal como se indica en el ejemplo de la **Figura 3.56**.

SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA PARA CAMIÓN 80 km/h (R-30D)



Esta señal establece la velocidad máxima de operación en kilómetros por hora (km/h) a la que debe circular un CAMIÓN en un determinado carril o vía.
En el caso de señales dinámicas de mensaje variable, serán de fondo de color negro, con orla roja y la numeración de la velocidad de color blanco, tal como se indica en el ejemplo de la **Figura 3.56**.
El termino CAMIÓN incluye a todos los vehículos de carga que contempla el Reglamento Nacional de Vehículos, vigente.

SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA PARA BUS 90 km/h (R-30E)

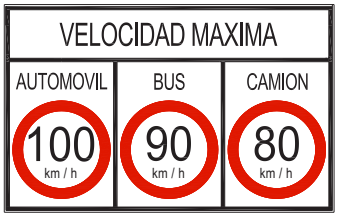


Esta señal establece la velocidad máxima de operación en kilómetros por hora (km/h) a la que debe circular un BUS en un determinado carril o vía.
En el caso de señales dinámicas de mensaje variable, serán de fondo de color negro, con orla roja y la numeración de la velocidad de color blanco, tal como se indica en el ejemplo de la **Figura 3.56**.

SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA EN CURVA 40 km/h (R-30F)

Esta señal establece la velocidad máxima de operación en kilómetros por hora (km/h) a la que debe circular un vehículo en una curva. Esta señal es de fondo amarillo, orla roja y numeración de color negro.
Los límites máximos de velocidad deben ser expresados en múltiplos de 10 km/h.

SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA SEGÚN TIPO DE VEHÍCULO (R-30G)



Esta señal establece la velocidad mínima de operación en kilómetros por hora (km/h) a la que deben de circular los vehículos en determinado carril, tramo o sector de una vía, de acuerdo con su clasificación (automoviles, bus y camión), en concordancia con Reglamento Nacional de Tránsito.
Esta señal se debe implementar en las vias donde la velocidad de operación es mayor a 80 km/h.

SEÑAL PESO MÁXIMO PERMITIDO POR EJE (R-31)

Esta señal establece el peso máximo permitido por eje, con el que debe circular un vehículo por una vía, acorde al Reglamento Nacional de Vehículos, vigente.

SEÑAL PESO MÁXIMO BRUTO PERMITIDO POR VEHÍCULO (R-32)

Esta señal establece el peso máximo bruto con el que debe circular un vehículo por una vía, acorde al Reglamento Nacional de Vehículos, vigente.

SEÑAL LARGO MÁXIMO PERMITIDO (R-33)

Esta señal establece el largo máximo permitido expresado en metros, con el que un vehículo debe circular por una vía, acorde al Reglamento Nacional de Vehículos, vigente.

SEÑAL CIRCULACIÓN SOLO DE BUSES (R-34)

Esta señal establece el uso de carriles o vías para el tránsito exclusivo de buses.
Esta señal será complementada con marcas en el pavimento con inscripciones «SOLO BUS».

SEÑAL ALTURA MÁXIMA PERMITIDA (R-35)

Esta señal establece la altura máxima expresada en metros, con la que un vehículo debe circular por una vía.
Dicha altura máxima permitida, incluye la de la carga que transporta el vehículo.
Se colocará en los puentes, túneles, pasos a desnivel, estaciones de peajes y pesaje, y demás obras complementarias que requieran tal restricción.
Debe complementarse con pre señalización para advertir al conductor sobre la proximidad de la restricción.

SEÑAL ANCHO MÁXIMO PERMITIDO (R-36)

Esta señal establece el ancho máximo expresada en metros, con la que un vehículo debe circular por una vía.
Dicho ancho máximo permitido, incluye el de la carga que transporta el vehículo.
Se colocará en los puentes, túneles, estaciones de peajes y pesaje, y demás obras complementarias que requieran tal restricción.
Debe complementarse con preseñalización para advertir al conductor sobre la proximidad de la restricción.

SEÑAL CONTROL (R-37)

Esta señal indica la presencia de un puesto o lugar de control de tránsito policial, aduana y otros, donde el vehículo puede ser obligado a detenerse.
Debe complementarse con preseñalización para advertir al conductor sobre la proximidad de tales restricciones.

SEÑAL CIRCULACIÓN CON LUCES BAJAS (R-40)

Esta señal dispones la obligación de circular con las luces bajas del vehículo, en determinados tramos o sectores de una vía.
Esta restricción se aplica a las vías urbanas en general, así como a la entrada a túneles, y carreteras en terreno plano para evitar encandilar al conductor que transita en sentido contrario.
La no colocación de esta señal, no implica autorización para el uso de luces altas.

SEÑAL CICLOVÍA (R-42)

Esta señal se emplea para advertir al conductor sobre la existencia de una vía exclusiva para el tránsito de bicicletas (CICLOVIA).

SEÑAL CICLOVÍA "CONSERVE LA DERECHA" (R-42A)

Esta señal dispone que el ciclista tiene la obligación de circular por el carril derecho de la ciclovia.

SEÑAL CICLOVÍA "OBLIGATORIO DESCENDER DE LA BICICLETA" (R-42B)

Esta señal dispone que el ciclista tiene la obligación de descender de la bicicleta y circular a pie por un tramo o punto especificado.

SEÑAL CICLOVÍA "CIRCULACIÓN NO COMPARTIDA BICICLETA – PEATÓN" (R-42C)

Esta señal establece la obligación que tienen el ciclista y el peatón de circular por la vía que les corresponde.

SEÑAL USO OBLIGATORIO DE CADENAS (R-43)

Esta señal dispone el uso obligatorio de cadenas en las llantas de un vehículo, en determinado tramo o sector de una vía, debido a la presencia de condiciones climáticas adversas en la superficie de rodadura que pone en peligro la seguridad vial.
Debe complementarse con preseñalización para advertir al conductor sobre la proximidad de tales restricciones.

SEÑAL PARADERO PROHIBIDO (R-44)

Esta señal prohíbe al conductor de un vehículo de servicio público, recoger o dejar pasajeros en lugares no autorizados para tales fines.
Su no colocación, no autoriza al conductor incumplir la indicada restricción.

SEÑAL PROHIBIDO CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS DE TRES RUEDAS MOTOTAXIS (R-45) MOTOCARGA (R-45A)

Esta señal prohíbe la circulación de vehiculos motorizados de tres ruedas (MOTOTAXIS y/o MOTOCARGA), en determinadas vías, acorde a lo dispuesto por el Reglamento Nacional de Transito.
Su no colocación, no autoriza al conductor incumplir la indicada restricción.

SEÑAL PARADERO (R-47)

Esta señal establece los lugares autorizados para recoger o dejar pasajeros, provenientes de un servicio público.
Dichos paraderos son reglamentados por las autoridades de encargadas del tránsito correspondiente.
Las áreas que abarcan los paraderos deben complementarse con marcas en el pavimento y señalización complementaria de ser el caso.

SEÑAL ZONA DE CARGA Y DESCARGA (R-48)

Esta señal establece los lugares reglamentados por la autoridad competente para la carga y descarga de mercancías.
Dichos lugares deben complementarse con marcas en el pavimento y señalización complementaria de ser el caso.

SEÑAL MANTENER DISTANCIA DE SEGURIDAD (R-49)

Esta señal establece la distancia de seguridad mínima que debe mantener el Conductor de un vehículo a otro que lo antecede, para evitar colisiones. Esta señal se utilizará en tramos de alto tránsito y peligro de ocurrencia de colisiones por alcance.

La **Tabla 3.4** : Separación entre Distanciadores en Función a su Velocidad, indica las distancias mínimas a mantener. Debe complementarse con marcas en el pavimento denominados distanciadores.

Su no colocación o demarcación, no autoriza al conductor incumplir este requerimiento normativo de seguridad.

SEÑAL PREFERENCIA AL SENTIDO CONTRARIO (R-50)

Esta señal establece a los conductores que los vehículos que circulan en sentido contrario tienen prioridad.

Se instala en puentes estrechos y angostamientos de calzada, entre otros lugares. En general se usa con la leyenda "PREFERENCIA AL SENTIDO CONTRARIO".

En carreteras con calzadas angostas se puede usar con la leyenda "PREFERENCIA AL TRÁNSITO QUE SUBE", para asignar el derecho preferente de vía a los vehículos que suben.

SEÑAL PROHIBIDO LA CARGA Y DESCARGA (R-52)

Esta señal establece los lugares prohibidos por la autoridad competente para la carga y descarga de los vehículos de mercancías, esta restricción también incluye la prohibición de estacionarse o detenerse.

Dichos lugares deben complementarse con marcas en el pavimento y señalización complementaria de ser el caso.

SEÑAL NO BLOQUEAR CRUCE (R-53)

Esta señal prohíbe al conductor detener el vehículo dentro del área de intersección de dos vías (CRUCE).

Debe complementarse con marcas en el pavimento, mediante una malla ortogonal de color amarillo que abarque dicha área.

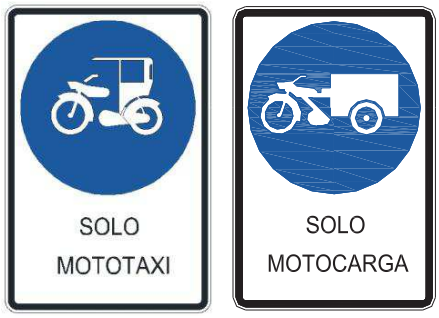
Su no colocación o demarcación, no autoriza al conductor incumplir este requerimiento normativo de seguridad.

SEÑAL SOLO MOTOCICLETAS (R-54)

Esta señal establece el carril o vía exclusiva para el tránsito de motocicletas.

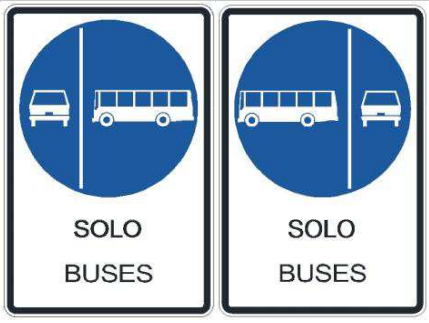
Se instala al lado derecho del carril o vía exclusiva.

SEÑAL SOLOS CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS DE TRES RUEDAS MOTOTAXIS (R-54A) MOTOCARGA (R-54B)



Esta señal establece el carril o via exclusiva para el transito de vehiculos motorizados de tres ruedas (MOTOTAXIS y/o MOTOCARGA), en determinadas vías, acorde a lo dispuesto por el Reglamento Nacional de Transito.

SEÑAL VÍA SEGREGADA PARA BUSES (R-55A, R-55B)

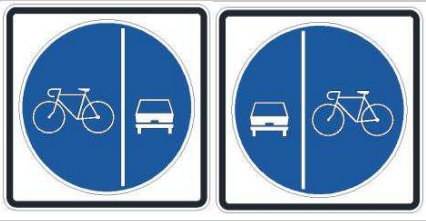


Estas señales establecen los carriles o vías exclusivas para el tránsito de buses.
Debe instalarse al lado derecho de la vía.
Debe complementarse con marcas en el pavimento que indique "SOLO BUSES", y otros dispositivos para una adecuada operación de la vía.

SEÑAL SOLO TRANSPORTE PÚBLICO (R-56)

Esta señal establece la vía exclusiva para el tránsito de los vehículos de transporte público.
Debe complementarse con marcas en el pavimento que indique "SOLO TRANSPORTE PUBLICO", y otros dispositivos para una adecuada operación de la vía.

SEÑAL VÍA SEGREGADA MOTORIZADOS-BICICLETAS (R-58A, R-58B)



Estas señales establecen las vías separadas para el tránsito de vehículos motorizados y bicicletas.
Debe complementarse con marcas en el pavimento que indique "CICLOVIA", y otros dispositivos para una adecuada operación de la vía.

SEÑAL ESTACIONAMIENTO SOLO TAXIS (R-62)

Esta señal establece la zona de estacionamiento exclusivo para vehículos que hacen servicio de taxi.
Debe complementarse con marcas en el pavimento que indiquen "SOLO TAXIS".

SEÑAL PERMITIDO GIRAR CON LUZ ROJA (R-64A, R-64B)

Estas señales disponen el giro a la izquierda y derecha, en intersecciones controladas por semáforos.
Debe complementarse con marcas en el pavimento que indiquen el giro permitido.

2.10.2 Señales de prevención

SEÑAL CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA (P-1A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una curva horizontal pronunciada hacia la derecha.

SEÑAL CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA (P-1B)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una curva horizontal pronunciada hacia la izquierda.

SEÑAL CURVA A LA DERECHA (P-2A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una curva horizontal hacia la derecha.

SEÑAL CURVA A LA IZQUIERDA (P-2B)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una curva horizontal hacia la izquierda.

SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA (P-3A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una curva y contra curva horizontal pronunciada hacia la derecha.

SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA (P-3B)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una curva y contra curva horizontal pronunciada hacia la izquierda.

SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA A LA DERECHA (P-4A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una curva y contra curva horizontal hacia la derecha.

SEÑAL CURVA Y CONTRA-CURVA A LA IZQUIERDA (P-4B)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una curva y contra curva horizontal hacia la izquierda.

SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA DERECHA (P-5-1)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un camino sinuoso con la primera curva horizontal hacia la derecha.

SEÑAL CAMINO SINUOSO A LA IZQUIERDA (P-5-1A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un camino sinuoso con la primera curva horizontal hacia la izquierda.

SEÑAL CURVA EN "U" A LA DERECHA (P-5-2A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una curva horizontal en "U" hacia la derecha.

SEÑAL CURVA EN "U" A LA IZQUIERDA (P-5-2B)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una curva horizontal en "U" hacia la izquierda.

SEÑAL CRUCE DE VÍAS A NIVEL (P-6)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce o intersección de dos vías al mismo nivel en Ángulo recto (90°).

SEÑAL INTERSECCIÓN ESCALONADA PRIMERA DERECHA (P-6A)

Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía principal, la proximidad de más de un empalme o intersección con otras vías, siendo la primera a la derecha.

SEÑAL INTERSECCIÓN ESCALONADA PRIMERA IZQUIERDA (P-6B)

Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía principal, la proximidad de más de un empalme o intersección con otras vías, siendo la primera a la izquierda.

SEÑAL INTERSECCIÓN EN "T" (P-7)

Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía, la proximidad de un empalme o intersección en forma de "T".

SEÑAL BIFURCACIÓN EN "Y" (P-8)

Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía, la proximidad de una bifurcación o intersección en forma de "Y".

SEÑAL EMPALME EN ÁNGULO RECTO CON VÍA LATERAL A LA DERECHA (P-9A)

Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía, la proximidad de un empalme o intersección con otra vía ubicada a la derecha en ángulo recto (90°).

SEÑAL EMPALME EN ÁNGULO RECTO CON VÍA LATERAL A LA IZQUIERDA (P-9B)

Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía, la proximidad de un empalme o intersección con otra vía ubicada a la izquierda en ángulo recto (90°).

SEÑAL EMPALME EN ÁNGULO AGUDO A LA DERECHA (P-10A)

Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía, la proximidad de un empalme o intersección con otra vía ubicada a la derecha en ángulo agudo.

SEÑAL EMPALME EN ÁNGULO AGUDO A LA IZQUIERDA (P-10B)

Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía, la proximidad de un empalme o intersección con otra vía ubicada a la izquierda en ángulo agudo.

SEÑAL INTERSECCIÓN ROTATORIA (P-15)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una intersección rotatoria (óvalo o rotonda).

SEÑAL INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO A LA DERECHA (P-16A)

Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía principal, la proximidad de una intersección a la derecha en ángulo agudo, con una vía secundaria en el mismo sentido de circulación.

SEÑAL INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO A LA IZQUIERDA (P-16B)

Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía principal, la proximidad de una intersección a la izquierda en ángulo agudo, con una vía secundaria en el mismo sentido de circulación.

SEÑAL REDUCCIÓN DE CALZADA A AMBOS LADOS (P-17A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una reducción o estrechamiento de la calzada a ambos lados conservando el mismo eje.

SEÑAL REDUCCIÓN DE CALZADA LADO DERECHO (P-17B)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una reducción o estrechamiento de la calzada con desplazamiento del eje a la izquierda.

SEÑAL REDUCCIÓN DE CALZADA A LADO IZQUIERDO (P-17C)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una reducción o estrechamiento de la calzada con desplazamiento del eje a la derecha.

SEÑAL REDUCCIÓN DEL CARRIL EXTERNO AL LADO DERECHO (P-18A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una reducción del carril externo al lado derecho de la calzada.

SEÑAL REDUCCIÓN DEL CARRIL EXTERNO AL LADO IZQUIERDO (P-18B)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una reducción del carril externo al lado izquierdo de la calzada.

SEÑAL ENSANCHAMIENTO DE LA CALZADA EN AMBOS LADOS (P-21)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un ensanchamiento o ampliación de la calzada a ambos lados conservando el mismo eje.

SEÑAL ENSANCHAMIENTO DE LA CALZADA A LA DERECHA (P-21A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un ensanchamiento o ampliación de la calzada con desplazamiento del eje a la derecha.

SEÑAL ENSANCHAMIENTO DE LA CALZADA A LA IZQUIERDA (P-21B)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un ensanchamiento o ampliación de la calzada con desplazamiento del eje a la izquierda.

SEÑAL CARRIL ADICIONAL (P-22C)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad un carril adicional o agregado sin interferir el flujo vehicular.

Debe complementarse con marcas en el pavimento que prohíben el paso a los carriles del flujo principal.

SEÑAL DOS SENTIDOS DE TRÁNSITO (P-25)

Esta señal advierte al Conductor que circulan por una vía unidireccional, la proximidad de un tramo con circulación de vehículos en ambos sentidos.

SEÑAL TRES CARRILES (UNO EN CONTRAFLUJO) (P-25A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un tramo de vía de tres carriles, con dos carriles de circulación en un mismo sentido y un carril en sentido contrario o en contraflujo.

SEÑAL TRES CARRILES (DOS EN CONTRAFLUJO) (P-25B)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un tramo de vía de tres carriles, con un carril de circulación en un sentido y dos carriles en sentido contrario o en contraflujo.

SEÑAL INICIO DE VÍA DE DOBLE SENTIDO CON SEPARADOR CENTRAL (P-28)

Esta señal advierte al Conductor, la proximidad a una vía de doble sentido (bidireccional) con separador central o isla que canaliza el tránsito.

SEÑAL INICIO DE VÍA DE UN SENTIDO CON SEPARADOR CENTRAL (P-28A)

Esta señal advierte al Conductor, la proximidad a una vía del mismo sentido (unidireccional) con separador central o isla que canaliza el tránsito.

SEÑAL FINAL DE VÍA DE DOBLE SENTIDO CON SEPARADOR CENTRAL (P-29)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad del final del separador central o isla de la vía de doble sentido por la que circula.

SEÑAL FINAL DE VÍA DE UN SENTIDO CON SEPARADOR CENTRAL (P-29A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad del final del separador central o isla de la vía de un mismo sentido por la que circula.

SEÑAL FINAL DE VÍA PAVIMENTADA (P-31)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad del paso de una vía pavimentada a una vía no pavimentada.

SEÑAL FINAL DE VÍA (P-31A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad del final o término de la vía por la que transita.

SEÑAL PROXIMIDAD REDUCTOR DE VELOCIDAD TIPO RESALTO (P-33A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un reductor de velocidad tipo resalto circular o trapezoidal.

Esta señal debe colocarse a una distancia mínima de 60 m antes de la ubicación del reductor de velocidad tipo resalto.

SEÑAL UBICACIÓN DE REDUCTOR DE VELOCIDAD TIPO RESALTO (P-33B)

Esta señal indica al Conductor el lugar o ubicación de un reductor de velocidad tipo resalto circular o trapezoidal.

SEÑAL PROXIMIDAD DE BADÉN (P-34)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un BADEN.

Esta señal debe colocarse a una distancia mínima de 60 m antes de la ubicación del BADEN.

SEÑAL UBICACIÓN DE BADÉN (P-34A)

Esta señal indica al Conductor el inicio de un BADEN.

SEÑAL FUERTE PENDIENTE EN DESCENSO (P-35)

Esta señal advertir al Conductor de la proximidad de un tramo con fuerte pendiente en descenso.

SEÑAL FUERTE PENDIENTE EN ASCENSO (P-35C)

Esta señal advertir al Conductor de la proximidad de un tramo con fuerte pendiente en ascenso.

SEÑAL SUPERFICIE DESLIZANTE (P-36)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un tramo deslizante en la vía, ocasionado por fenómenos de la naturaleza, tales como nieve, granizo, heladas, lluvias y otros.

SEÑAL ALTURA MÁXIMA PERMITIDA (P-38)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de infraestructura vial con restricción de paso: ALTURA MÁXIMA PERMITIDA (puentes, túneles, pasos a desnivel, estaciones de peaje, pesaje y otros).

Debe complementarse con una placa indicando "ALTURA MÁXIMA PERMITIDA".

SEÑAL ANCHO MÁXIMO PERMITIDO (P-39)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de infraestructura vial con restricción de paso: ANCHO MÁXIMO PERMITIDO (puentes angostos, túneles, pasos a desnivel, estaciones de peaje, pesaje y otros).

Dicho ancho máximo permitido, incluye el de la carga que transporta el vehículo.

Debe complementarse con una placa indicando "ANCHO MÁXIMO PERMITIDO".

SEÑAL TÚNEL (P-41)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un túnel.

SEÑAL CRUCE FERROVIARIO A NIVEL SIN BARRERAS (P-42)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario a nivel sin barreras.

SEÑAL CRUCE FERROVIARIO A NIVEL CON BARRERAS (P-43)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario a nivel provisto de barrera.

SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "CRUZ DE SAN ANDRÉS" (P-44)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario a nivel.

SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "CRUCE OBLICUO" (P-44A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce ferroviario oblicuo a nivel.

SEÑAL DE CRUCE FERROVIARIO A NIVEL "NO TOCAR PITO" (P-44B)

Esta señal dispone la zona o tramo donde el Maquinista del tren no debe tocar el pito.

SEÑAL VUELO DE AVIONES A BAJA ALTURA (P-45)

Esta señal advierte al Conductor sobre el vuelo de aviones a baja altura, debido a la proximidad de aeropuertos y/o aeródromos.

SEÑAL "CICLOVÍA" SEÑAL CICLISTAS EN LA VÍA (P-46)

Esta señal advierte al Conductor de la proximidad de una "CICLOVÍA".

SEÑAL CICLOVÍA SEÑAL "CRUCE DE CICLOVÍA" (P-46A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce de "CICLOVÍA".

Debe complementarse con marcas en el pavimento.

SEÑAL CICLOVÍA "UBICACIÓN CRUCE DE CICLISTAS" (P-46B)

Esta señal indica al Conductor el lugar o ubicación del cruce de "CICLOVÍA".

Debe complementarse con marcas en el pavimento.

SEÑAL CICLOVÍA "VEHÍCULOS EN LA CICLOVÍA" (P-46C)	
	Esta señal advierte al ciclista la proximidad de un tramo donde pueden cruzar vehículos motorizados.

SEÑAL CICLOVÍA "TRAMO EN DESCENSO" (P-46D)	
	Esta señal advierte al ciclista la proximidad de un tramo con pendiente en descenso en la "CICLOVÍA"

SEÑAL CICLOVÍA "TRAMO EN ASCENSO" (P-46E)	
	Esta señal advierte al ciclista la proximidad de un tramo con pendiente en ascenso en la "CICLOVÍA"

SEÑAL ZONA DE PRESENCIA DE PEATONES (P-48)	
	Esta señal advierte al Conductor sobre la posibilidad de presencia de peatones en la vía.

SEÑAL PROXIMIDAD DE CRUCE PEATONAL (P-48A)	
	Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce o paso peatonal. Debe complementarse con marcas en el pavimento.

SEÑAL CRUCE PEATONAL (P-48B)

Esta señal indica al Conductor el lugar o ubicación de un cruce o paso peatonal.

Debe complementarse con marcas en el pavimento.

SEÑAL ZONA ESCOLAR (P-49)

Esta señal advierte al Conductor sobre la posibilidad de presencia de escolares en la vía.

SEÑAL PROXIMIDAD A CRUCE ESCOLAR (P-49A)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un cruce o paso de escolares.

Debe complementarse con marcas en el pavimento.

SEÑAL UBICACIÓN DE CRUCE ESCOLAR (P-49B)

Esta señal indica al Conductor el lugar o ubicación de un cruce o paso de escolares.

Debe complementarse con marcas en el pavimento.

SEÑAL NIÑOS JUGANDO (P-50)

Esta señal advierte al Conductor sobre la proximidad a una zona destinada a campos de juego adyacentes a la vía.

SEÑAL MAQUINARIA AGRÍCOLA EN LA VÍA (P-51)

Esta señal advierte al Conductor de la posibilidad de tránsito o cruce de maquinaria agrícola por la vía.

SEÑAL SALIDA DE VEHÍCULOS DE BOMBEROS (P-52)

Esta señal advierte al Conductor sobre la proximidad de salida de vehículos de bomberos.

Debe instalarse en las proximidades a las estaciones de bomberos.

SEÑAL ANIMALES EN LA VÍA (P-53)

Esta señal advierte al Conductor sobre la posibilidad de presencia o cruce de animales por la vía.

Esta señal podrá adaptarse a la imagen del animal cuya presencia predomina en la zona que atraviesa la vía.

SEÑAL PROXIMIDAD DE SEMÁFORO (P-55)

Esta señal advierte al Conductor sobre la proximidad de una intersección controlada por semáforos.

Esta señal debe colocarse a una distancia mínima de 200 m antes de la indicada intersección controlada por semáforos.

SEÑAL ZONA URBANA(P-56)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un centro poblado (zona urbana).

Se colocará a una distancia mínima de 200 m. antes del inicio del centro poblado.

SEÑAL PROXIMIDAD DE PARE (P-58)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una señal PARE (R-1).

Esta señal se utilizará cuando la distancia de visibilidad de dicha señal es insuficiente por seguridad vial.

SEÑAL PROXIMIDAD DE CEDA EL PASO (P-59)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una señal CEDA EL PASO (R-2).

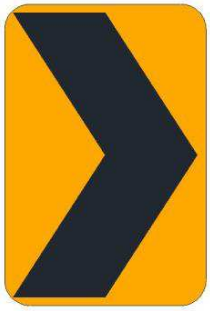
Esta señal se utilizará cuando la distancia de visibilidad de dicha señal es insuficiente por seguridad vial.

SEÑAL PROHIBIDO ADELANTAR (P-60)

Esta señal advierte al Conductor que no debe adelantar a otros vehículos en el tramo por donde circula.

Debe complementarse con marcas en el pavimento.

SEÑAL DELINEADOR DE CURVA HORIZONTAL - "CHEVRON" (P-61)



Esta señal guía al Conductor sobre el sentido de una curva pronunciada o que requiere atención por razones de seguridad vial.

Debe usarse en grupos y al costado externo de la vía.

SEÑAL PESO BRUTO MÁXIMO PERMITIDO (P-62)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de una restricción de peso bruto máximo permitido en una determinada sección o estructura conformante de la vía (puente, viaducto u otro).

Debe complementarse con una placa indicando "PESO BRUTO MÁXIMO PERMITIDO".

SEÑAL RÁFAGAS DE VIENTO LATERAL (P-66)

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de zonas o tramos con fuertes vientos laterales.

SEÑAL ZONA DE ARENAMIENTO EN LA VÍA (P-66A)	
	Esta señal advierte al Conductor la proximidad de arenamiento en algunos tramos o zonas de la berma y/o calzada de la vía.

2.10.3 Señales de información

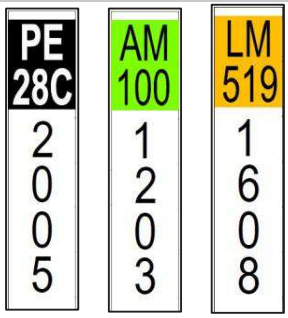
SEÑAL ESCUDO INDICADOR DE CARRETERA DEL SISTEMA VIAL INTERAMERICANO (I-1A)	
	Escudo con la leyenda PERÚ en la parte superior, para identificar una vía que forma parte del sistema vial interamericano.

SEÑAL SÍMBOLO QUE IDENTIFICA LA RED VIAL NACIONAL DEL "SINAC" (I-1B)	
	Escudo de color rojo y blanco de fondo, con leyenda "PERÚ y DEPARTAMENTO" en la parte superior, y "CODIGO DE RUTA" en la parte inferior.

SEÑAL SÍMBOLO QUE IDENTIFICA LA RED VIAL DEPARTAMENTAL O REGIONAL DEL "SINAC" (I-1C)	
	Emblema de color rojo y blanco de fondo, con leyenda "DEPARTAMENTO" en la parte superior, y "CODIGO DE RUTA" en la parte inferior.

SEÑAL SÍMBOLO QUE IDENTIFICA LA RED VIAL VECINAL O RURAL DEL "SINAC" (I-1D)	
	Circulo de color rojo y blanco de fondo, con leyenda "DEPARTAMENTO" en la parte superior, y "CODIGO DE RUTA" en la parte inferior.

SEÑAL POSTES DE KILOMETRAJE (I-2A)



Los postes kilométricos tienen por finalidad indicar la distancia con respecto al punto de origen de la vía (km 0+000), de acuerdo a lo establecido en el Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), vigente.

SEÑAL BALIZA DE ACERCAMIENTO (I-2B)

Se utilizan sólo en autopistas para indicar la distancia de 300 m, 200 m y 100 m al inicio del carril deceleración o de salida. Sólo se deben usar en conjunto con señales de pre señalización y de dirección.

SEÑAL CONTROL DE VELOCIDAD EN CARRETERA UNIDIRECCIONAL O CARRETERA BIDIRECCIONAL O MULTICARRIL (I-3A)

Señal de Poste la lámina tipo IV y para Señales Elevadas la del tipo XI. (EG- vigente)

Para señales de poste ubicadas al lado izquierdo de la vía el tipo de lámina debería ser como mínimo del tipo XI debido a que la cantidad de luz disponible en esta ubicación es alrededor del 20%.

SEÑAL CONTROL DE VELOCIDAD EN TRAMO DE CARRETERA UNIDIRECCIONAL O BIDIRECCIONAL O MULTICARRIL (I-3B)

Señal de Poste la lámina tipo IV y para Señales Elevadas la del tipo XI. (EG- vigente)

Para señales de poste ubicadas al lado izquierdo de la vía el tipo de lámina debería ser como mínimo del tipo XI debido a que la cantidad de luz disponible en esta ubicación es alrededor del 20%.

SEÑAL CONTROL DE VELOCIDAD EN AUTOPISTA (I-4A)

Señal de Poste la lámina tipo IV y para Señales Elevadas la del tipo XI. (EG- vigente)

Para señales de poste ubicadas al lado izquierdo de la vía el tipo de lámina debería ser como mínimo del tipo XI debido a que la cantidad de luz disponible en esta ubicación es alrededor del 20%.

SEÑAL CONTROL DE VELOCIDAD EN TRAMO DE AUTOPISTA (I-4B)	
	Señal de Poste la lámina tipo IV y para Señales Elevadas la del tipo XI. (EG- vigente) Para señales de poste ubicadas al lado izquierdo de la vía el tipo de lámina debería ser como mínimo del tipo XI debido a que la cantidad de luz disponible en esta ubicación es alrededor del 20%.

2.10.4 Señales de servicios generales

SEÑAL SITIO DE PARQUEO (I-5)	
	Esta señal informa al Conductor el lugar autorizado para el estacionamiento o parqueo de vehículos.

SEÑAL PARADERO DE BUSES (I-6)	
	Esta señal informa al Conductor el lugar autorizado como paradero de "BUSES".

SEÑAL DE ESTACIONAMIENTO DE TAXIS (I-7)	
	Esta señal informa al Conductor el lugar autorizado como estacionamiento o parqueo de vehículos que prestan el servicio de "TAXI".

SEÑAL VÍA PARA CICLISTAS (I-8)	
	Esta señal informa al Conductor la existencia de una "CICLOVÍA". Debe complementarse con marcas en el pavimento.

SEÑAL ZONA MILITAR (I-9)

Esta señal informa al Conductor la existencia de una instalación militar o policial en el tramo por donde circula el vehículo y donde pueden existir restricciones.

SEÑAL IGLESIA (I-10)

Esta señal informa al Conductor la existencia de una instalación religiosa en el tramo por donde circula el vehículo.

SEÑAL AEROPUERTO (I-11)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un aeropuerto o aeródromo.

SEÑAL HOSPEDAJE (I-12)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de una instalación de alojamiento u hospedaje.

SEÑAL PRIMEROS AUXILIOS (I-13)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de una instalación destinada a la prestación de "PRIMEROS AUXILIOS".

SEÑAL HOSPITAL (I-14)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un "CENTRO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE SALUD".

SEÑAL SERVICIOS SANITARIOS (I-15)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un centro destinado a la prestación de "SERVICIOS SANITARIOS".

SEÑAL RESTAURANTE (I-16)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un lugar o centro de atención de alimentos o restaurante.

SEÑAL TELÉFONO (I-17)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un lugar de prestación de "SERVICIO TELEFÓNICO DE USO PÚBLICO".

SEÑAL SERVICIO MECÁNICO (I-18)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un lugar de prestación de "SERVICIO MECÁNICO".

SEÑAL GRIFO (I-19)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un lugar de prestación de servicios de "ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES".

SEÑAL LLANTERÍA (I-20)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un lugar de prestación de "SERVICIO DE REPARACIÓN O CAMBIO DE NEUMÁTICOS".

SEÑAL PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA (I-21)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un cruce en la vía para para personas con "MOVILIDAD REDUCIDA".

SEÑAL SERVICIO DE INFORMACIÓN (I-22)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un lugar de prestación de "SERVICIO DE INFORMACIÓN AL PÚBLICO".

SEÑAL SERVICIOS HIGIÉNICOS (I-23)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de "SERVICIOS HIGIÉNICOS DE USO PÚBLICO".

SEÑAL TRANSPORTE FERROVIARIO (I-24)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de una estación o paradero de "TRANSPORTE FERROVIARIO".

SEÑAL TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS (I-25)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de una estación o paradero de "TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS", diferente al transporte ferroviario.

SEÑAL ZONA RECREATIVA (I-26)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un "CENTRO O PARQUE DE RECREACIÓN".

SEÑAL TSUNAMI RUTA DE EVACUACIÓN (I-27)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de la ruta o rutas de evacuación de los peatones en caso de "TSUNAMI".

Deben ubicarse al lado derecho de la vía en el sentido de circulación.

SEÑAL ZONA DE RIESGO POR TSUNAMI (I-28)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de una zona de riesgo por "TSUNAMI".

SEÑAL PUNTO DE ENCUENTRO POR TSUNAMI (I-29)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un lugar de encuentro o concentración de personas en caso de ocurrencia de un "TSUNAMI".

SEÑAL ESTACIONAMIENTO PARA EMERGENCIAS (I-31)

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un área o lugar de estacionamiento para emergencias.

SEÑAL EXTINTOR CONTRA INCENDIOS (I-32)

Esta señal informa al usuario de la vía la proximidad de un lugar o infraestructura que cuenta con extintor contra incendios.

SEÑAL HIDRANTE Y MANGUERA CONTRA INCENDIOS (I-33)

Esta señal informa al usuario de la vía la proximidad de un lugar o infraestructura que cuenta con hidrante y manguera contra incendios.

SEÑAL SALIDA DE EMERGENCIA (I-34)	
	Esta señal informa al usuario la "SALIDA DE EMERGENCIA" del lugar confinado o con accesibilidad limitada en la que se encuentra.

SEÑAL RUTA DE EMERGENCIA (I-35)	
	Esta señal informa al usuario la dirección o sentido de la "SALIDA DE EMERGENCIA" del lugar confinado o con accesibilidad limitada en la que se encuentra.

2.10.5 Señales turísticas

SEÑAL ZONA DE CAMPING (T-01)	
	Esta señal informa al usuario el lugar donde puede acamparse o exista servicio de hospedaje en tiendas de campaña.

SEÑAL MUSEO (T-02)	
	Esta señal informa al usuario la proximidad de un centro histórico o museo.

SEÑAL MUELLE (T-03)	
	Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar de embarque y desembarque de pasajeros, carga y/o semovientes.

SEÑAL SERVICIO DE INFORMACIÓN TURÍSTICA (T-04)	
	Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar de prestación de "SERVICIO DE INFORMACIÓN AL TURISTA".

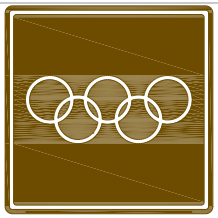
SEÑAL ARTESANÍAS (T-05)

Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar o centro de comercialización de "ARTESANÍAS".

SEÑAL BIENES ARQUEOLÓGICOS (T-06)

Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar o centro de "BIENES ARQUEOLÓGICOS".

SEÑAL POLIDEPORTIVO (T-07)



Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar o centro de actividad deportiva, denominado también "POLIDEPORTIVO".

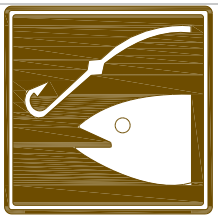
SEÑAL ALQUILER DE VEHÍCULOS (T-08)

Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar destinado al servicio de renta o alquiler de vehículos.

SEÑAL ATRACTIVO NATURAL (T-09)

Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar o centro de reserva o atractivo natural.

SEÑAL LUGAR DE PESCA (T-10)

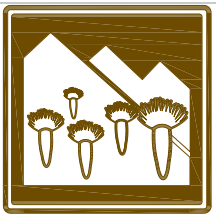


Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar donde puede desarrollarse actividades de pesca.

SEÑAL ARRECIFE CORALINO (T-11)

Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar de concentración de especies marinas.

SEÑAL PÁRAMO O PUNA(T-12)



Esta señal informa al usuario la proximidad de una zona de altitud elevada, con clima frio, lluvioso y generalmente cubierta por neblina.

SEÑAL PARQUE O RESERVA NATURAL (T-13)

Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar de atractivo natural.

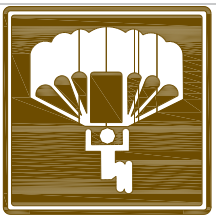
SEÑAL OBSERVATORIO DE FLORA Y FAUNA (T-14)

Esta señal informa al usuario la proximidad de un paradero o lugar de observación de" FLORA Y/O FAUNA SILVESTRE".

SEÑAL CAMINO PEATONAL (T-15)

Esta señal informa al usuario la proximidad de un camino o sendero peatonal.

SEÑAL PARAPENTE (T-16)



Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar o zona de práctica deportiva denominada "PARAPENTE".

SEÑAL ANDINISMO (T-17)	
	Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar o zona de práctica deportiva que consiste en escalar altas montañas utilizando utensilios apropiados.

SEÑAL CANOTAJE (T-18)	
	Esta señal informa al usuario la proximidad de un lugar o zona de práctica deportiva de "CANOTAJE", que consiste en dejarse llevar en una embarcación o balsa, por corrientes de un río.

SEÑAL COMUNIDAD INDÍGENA (T-19)	
	Esta señal informa al usuario la proximidad de un centro poblado habitado por una "COMUNIDAD INDÍGENA".

SEÑAL MONUMENTO NACIONAL (T-20)	
	Esta señal informa al usuario la proximidad de un centro histórico o monumento nacional.

2.11 SEÑALIZACIÓN DE SUCESOS QUE AFECTA LA CIRCULACIÓN DE LA VÍA

La señalización para las vías en la cual se presenta sucesos que afecta la circulación de la vía, a excepción de las obras, son las que se dan en lugares puntuales o que impliquen desplazamientos de personas, animales o vehículos en las vías que pueden afectar negativamente el flujo de tránsito o la seguridad vial de los participantes y usuarios de la vía

Los eventos especiales por su naturaleza se clasifican en sucesos predecibles y no predecibles, donde la autoridad responsable de la vía debe contar con una planificación, preparación y dispositivos de control para responder oportuna y adecuadamente en cada caso.

2.11.1 Sucesos no predecibles

Normalmente se trata de sucesos que ocurren en lugares no predecibles y de diferentes magnitudes, pero que por su naturaleza repetitiva se puede planificar y preparar los dispositivos de control de tránsito para su implementación, tales como: i) Accidentes de tránsito, ii) Incendios, iii) Eventos o fenómenos naturales y iv) otros.

2.11.2 Sucesos predecibles

Normalmente se trata de sucesos debidamente autorizados por la autoridad competente, tales como : i) Desplazamiento de autoridades, ii) Operativos de control de tránsito, iii) Paradas militares, eventos deportivos, marchas o manifestaciones, eventos religiosos, culturales o de expresión social, otros, iv) Eventos que ameritan medidas de seguridad especiales que requieren cierre de vías, como cumbres o convenciones, v) Ciclovía dominicales o nocturnas, vii) Para la realización de señalización en las vías y viii) otros.

2.11.3 Criterios para la señalización de sucesos

La señalización debe ser instalada considerando variables físicas y operativas del sector a señalizar, y en el caso de dispositivos dirigidos a los usuarios, deben ubicarse de tal forma que estos tengan suficiente tiempo para captar el mensaje, reaccionar y acatarlo.

Proporcionar una protección a las personas involucradas, facilitar las labores que forman parte del evento y permitir el tránsito de quienes, aunque no están participando en el mismo, requieren usar las vías afectadas.

En el caso de sucesos predecibles corresponderá a la autoridad competente otorgar el permiso, controlar, exigir el cumplimiento de requisitos y suspender el respectivo permiso en el caso de presentarse algún problema. Así mismo es competencia de la autoridad competente de la vía donde se realice este, la instalación de la señalización, la regulación del tránsito, los desvíos de tránsito, durante su desarrollo y retirarlos una vez cesen las condiciones que dieron origen a su instalación.

2.11.4 Principios fundamentales para la señalización de sucesos

Las acciones para el manejo temporal del tránsito durante secesos deben seguir como mínimo los siguientes principios: i) La seguridad de los usuarios, en áreas de control temporal del tránsito, debe ser un elemento integral y de alta prioridad de todo proyecto, ii) La circulación vial debe ser restringida u obstruida lo menos posible, iii) Los conductores de vehículos, ciclistas y los peatones deben ser guiados de manera clara, mediante dispositivos cuando se aproximan y cuando atraviesan la zona del evento, iv) Con el propósito de asegurar niveles de operación de la vía aceptables, se deben realizar inspecciones rutinarias, programadas y documentadas de los elementos de regulación del tránsito, dejando registro de las correspondientes evidencias, v) Todas las personas que desarrollan las labores de control temporal del tránsito deben recibir entrenamiento adecuado, desde el nivel superior del personal administrativo hasta el personal de campo, incluyendo los auxiliares de tránsito, vi) Es importante considerar la difusión de los EEP, con el propósito de que se tenga un conocimiento previo por parte de los usuarios de las vías y los habitantes de la zona, vii) Para la señalización de los sucesos se utilizarán los mismos principios y características de materiales retrorreflectivos, tableros y soportes descritos en la **Sección 2.1**.

2.11.5 Dispositivos de control del transito

Se utilizaran los dispositivos de control del tránsito tales como reductores de velocidad, señales de pare portátiles, delineadores tubulares, conos, barreras plásticas (maletines), cintas plásticas, linternas, dispositivos luminosos, paletas, y otros elementos., siempre que se dé aplicación a las características de color, forma, leyenda, simbología y tamaño establecidas en el presente manual. También se pueden usar luces destellantes de los vehículos oficiales.

2.11.5.1 Señales reglamentarias

Se utilizarán señales reglamentarias en el desarrollo de operativos o sucesos para indicar las restricciones físicas y operativas con las que cuenta el tramo de la vía afectada por el referido suceso, de acuerdo a lo indicado en la **Sección 2.2** del presente manual.

2.11.5.2 Señales preventivas

Las señales preventivas usadas para situaciones de accidentes, fuegos o similares deben ser de color "rosa fluorescente" para el fondo y negro para símbolos, textos, flechas y orla y forma de acuerdo a las señales preventivas indicadas en la **Sección 2.3** del presente manual.

Se podrá informar a los conductores de los diferentes modos de transporte y a los peatones la aproximación a un tramo de vía afectado por un operativo o suceso. La señal llevará la leyenda "RETÉN", o el nombre del evento que se realiza, por ejemplo "MARCHA", "CONCIERTO", "CAMINATA", "CICLISMO", "ACCIDENTE", "BOMBEROS"," EVENTOS O FENÓMENOS NATURALES"," CONTROL POLICIAL", etc; o similar seguida de la distancia a la cual se encuentra el mismo. Se podrá usar conjuntamente con otras señales o repetirla variando la distancia.

En algunos casos será conveniente informar con el mensaje INICIO seguido del nombre del suceso, por ejemplo "INICIO DE CAMINATA". Igualmente, se podrá informar el sitio de finalización del evento, con la leyenda FIN seguido del nombre del evento, por ejemplo "FIN DE CAMINATA". No se deben mostrar más de dos líneas de texto por señal.

Figura 2.57 Ejemplo de señales preventivas de suceso

Nota: las dimensiones y formas serán de acuerdo a las señales de prevención **Numeral 2.10.2** del presente manual.

2.11.5.3 Señales informativas

Se utilizarán señales informativas en la realización de sucesos para informar en la vía el suceso que se realiza, la distancia al lugar del mismo, la ubicación exacta (derecha o izquierda) y otros aspectos que sea importante destacar. Sus características, forma color de acuerdo a las señales preventivas indicadas en la **Sección 2.4** del presente manual

2.12 TIPO DE ALFABETO

Esta sección contiene el tipo de letra conocida como "ALFABETO" que contendrán los diferentes tipos de señales.

2.12.1 Alfabeto tipo, en minúsculas, para señales de tránsito

Las leyendas complementarias de los destinos, en señales informativas, se pondrán en minúsculas, con iniciales mayúsculas. Se recomienda que las mayúsculas iniciales y los números usados con estas minúsculas sean de la Serie "B" de los alfabetos tipo. Convendrá que dicha mayúscula inicial o número aumente el grueso del rasgo hasta igualar el de las minúsculas adyacentes.

2.12.2 Recomendaciones generales

MODELOS PARA EL TRAZO.- Las letras mayúsculas serán aproximadamente un tercio más alto que el encuadre de las letras minúsculas usadas con ellas. Estéticamente y prácticamente esto limita la altura de los rasgos ascendentes de las minúsculas. Este alfabeto ha sido diseñado de manera tal, que todas las proyecciones arriba de la altura nominal de la curva más alta de las letras minúsculas, son aproximadamente un tercio de esa altura.

Los cortes de las prolongaciones rectas verticales están en ángulo de 20° con respecto a la horizontal. Para la ampliación proporcional a cualquier tamaño deseado se ha dibujado las letras dentro de una cuadrícula, así es que se pueden transferir, cuadro por cuadro, a una cuadrícula de cualquier tamaño.

En el alfabeto se incluye tablas tipo con las dimensiones de las cuadrículas para las alturas de minúsculas correspondientes a las iniciales mayúsculas. Se puede, por supuesto, amplificar o reducir este alfabeto fotográficamente.

Acorde con la práctica usual, todas las curvas de la base o del tipo han sido prolongadas levemente, arriba o abajo, de los límites horizontales de los encuadres de las letras.

Debe notarse que el contorno en línea gruesa, en estos dibujos, permanece totalmente fuera del área que ocupa la letra en sí.

Se permiten modificaciones a estas letras dentro de límites razonables, particularmente cuando sea necesario por requisitos de los procesos de manufactura o por el tipo de reflejantes que sean usados.

MAYÚSCULAS CON OTRAS PROPORCIONES.- Si se requiere otras proporciones de letras diferentes a las aquí dibujadas, se facilita la conversión si en lugar de una retícula de cuadros se hace otra de rectángulos con la proporción deseada para la letra.

Ejemplo: si se desea utilizar letras de 2.3 del ancho de las aquí dibujadas, la retícula en sentido horizontal se reduce en la misma relación.

ANCHOS DE LETRAS.- Aunque de los dibujos se obtienen con facilidad los anchos de minúsculas, se incluye una tabla Suplementaria de esos anchos para facilitar el cálculo de la longitud de las palabras.

Tabla 2.9 Espaciamiento entre mayúscula inicial y minúsculas así como entre minúsculas

ALTURA DE MAYÚSCULAS: 5 cm.

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acdegop	bhiklmn pru	j	st	vy	x
A P S W X	1.3	1.4	0.8	1.1	1.0	1.1
B C D E G O Q R	1.4	1.9	1.0	1.3	1.2	1.3
F Y	0.7	1.3	0.6	0.7	0.7	0.8
H I J M N U Z	1.7	2.1	1.4	1.7	1.7	1.7
K L T V	1.0	1.6	0.7	1.1	1.1	1.1
adghijlmnqu	1.6	2.0	1.2	1.5	1.5	1.6
bcefkopstxz	1.2	1.6	0.7	1.1	1.1	1.2
r	0.8	1.3	0.3	0.7	0.7	0.7
vwy	1.1	1.5	0.6	1.0	1.0	1.0

ALTURA DE MAYÚSCULAS: 7.5 cm.

MAIÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SEGUINTE					
	acdegop	Bhiklmn pru	j	st	vy	x
A P S W X	1.8	2.0	1.1	1.5	1.3	1.6
B C D E G O Q R	2.0	2.6	1.3	1.9	1.7	1.8
F Y	0.9	1.9	0.9	1.0	0.9	1.1
H 1 J M N U Z	2.4	2.9	1.9	2.3	2.3	2.4
K L T V	1.4	2.2	1.0	1.5	1.5	1.5
adghijlmnqu	2.3	2.9	1.6	2.1	2.1	2.2
bcefkopstxz	1.7	2.3	1.0	1.5	1.5	1.6
r	1.1	1.8	0.5	0.9	0.9	1.0
vwy	1.5	2.1	0.9	1.3	1.3	1 5

ALTURA DE MAYÚSCULAS: 10 cm.

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acdegop	bhiklmn pru	j	st	vy	x
A P S W X	2.3	2.6	1.4	1.9	1.7	2.0
B C D E G O Q R	2.6	3.4	1.7	2.4	2.2	2.3
F Y	1.2	2.4	1.2	1.3	1.2	1.4
H 1 J M N U Z	3.1	3.7	2.5	3.0	3.0	3.1
K L T V	1.8	2.8	1.3	1.9	1.9	1.9
adghijlmnqu	2.9	3.7	2.1	2.7	2.7	2.9
bcefkopstxz	2.2	2.9	1.3	1.9	1.9	2.1
r	1.4	2.3	0.6	1.2	1.2	1.3
vwy	1.9	2.7	1.1	1.7	1.7	1.9

ALTURA DE MAYÚSCULAS: 12.5 cm.

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acdegop	bhiklmn pru	j	st	vy	x
A P S W X	3.0	3.4	1.8	2.6	2.3	2.7
B C D E G O Q R	3.4	4.5	2.3	3.2	2.9	3.0
F Y	1.6	3.2	1.5	1.7	1.6	1.9
H 1 J M N U Z	4.2	5.0	3.3	4.0	4.0	4.2
K L T V	2.4	3.7	1.7	2.6	2.6	2.6
adghijlmnqu	3.9	4.9	2.8	3.6	3.6	3.8
bcefkopstxz	2.8	3.9	1.7	2.6	2.6	2.8
r	1.9	3.0	0.8	1.6	1.6	1.8
vwy	2.6	3.6	1.5	2.3	2.3	2.5

ALTURA DE MAYÚSCULAS: 15 cm.

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acdegop	bhiklmn pru	j	st	vy	x
A P S W X	3.6	4.0	2.1	3.0	2.7	3.1
B C D E G O Q R	4.0	5.2	2.7	3.7	3.4	3.6
F Y	1.9	3.7	1.8	2.0	1.9	2.2
H 1 J M N U Z	4.9	5.8	3.8	4.7	4.7	4.9
K L T V	2.8	4.4	2.0	3.0	3.0	3.0
adghijlmnqu	4.6	5.7	3.3	4.2	4.2	4.4
bcefkopstxz	3.3	4.6	2.0	3.0	3.0	3.2
r	2.2	3.6	0.9	1.9	1.9	2.1
vwy	3.0	4.2	1.7	2.7	2.7	2.9

ALTURA DE MAYÚSCULAS: 17.5 cm.

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acdegop	bhiklmn pru	j	st	vy	x
A P S W X	4.1	4.6	2.4	3.5	3.1	3.6
B C D E G O Q R	4.6	6.0	3.1	4.3	3.9	4.1
F Y	2.1	4.3	2.0	2.3	2.2	2.5
H 1 J M N U Z	5.6	6.7	4.4	5.3	5.3	5.6
K L T V	3.2	5.0	2.3	3.4	3.4	3.5
adghijlmnqu	5.2	6.6	3.8	4.8	4.8	5.1
bcefkopstxz	3.8	5.2	2.3	3.5	3.5	3.7
r	2.5	4.1	1.1	2.1	2.1	2.4
vwy	3.4	4.8	2.0	3.1	3.1	3.3

ALTURA DE MAYÚSCULAS: 20 cm.

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acdegop	bhiklmn pru	j	st	vy	x
A P S W X	4.6	5.2	2.7	3.9	3.5	4.0
B C D E G O Q R	5.2	6.7	3.5	4.8	4.4	4.6
F Y	2.4	4.8	2.3	2.6	2.5	2.8
H 1 J M N U Z	6.3	7.5	4.9	6.0	6.0	6.3
K L T V	3.6	5.6	2.6	3.8	3.8	3.9
adghijlmnqu	5.9	7.4	4.2	5.4	5.4	5.7
bcefkopstxz	4.3	5.9	2.6	3.9	3.9	4.2
r	2.8	4.6	1.2	2.4	2.4	2.7
vwy	3.8	5.4	2.2	3.5	3.5	3.7

ALTURA DE MAYÚSCULAS: 30 cm.

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acdegop	bhiklmn pru	j	st	vy	x
A P S W X	7.1	8.1	4.3	6.1	5.4	6.3
B C D E G O Q R	8.1	10.5	5.4	7.5	6.9	7.1
F Y	3.7	7.5	3.6	4.0	3.9	4.5
H 1 J M N U Z	9.8	11.7	7.7	9.3	9.3	9.8
K L T V	5.6	8.7	4.0	6.0	6.0	6.1
adghijlmnqu	9.1	11.5	6.6	8.4	8.4	8.9
bcefkopstxz	6.7	9.7	4.1	6.1	6.1	6.3
r	4.5	7.1	1.9	3.7	3.7	4.2
vwy	6.0	8.4	3.4	5.4	5.4	5.8

ALTURA DE MAYÚSCULAS: 45 cm.

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acdegop	bhiklmn pru	j	st	vy	x
A P S W X	10.6	12.1	6.4	9.1	8.1	9.4
B C D E G O Q R	12.1	15.7	8.1	11.2	10.2	10.6
F Y	5.6	11.2	5.4	6.0	5.8	6.7
H 1 J M N U Z	14.7	17.15	11.5	14.0	14.0	14.7
K L T V	8.4	13.1	6.0	9.0	9.0	9.1
adghijlmnqu	13.7	17.2	9.9	12.7	12.7	13.3
bcefkopstxz	10.1	13.7	6.2	9.1	9.1	9.7
r	6.7	10.6	12.8	5.6	5.6	6.3
vwy	9.0	12.7	5.2	8.1	8.1	8.7

USO DE LOS ALFABETOS TIPO

RELACIÓN APROXIMADA DE VELOCIDADES, DISTANCIA Y ALTURA DE LETRA PARA CADA SERIE DE ALFABETOS

(Condiciones Diurnas)

Velocidad Km/h	Distancia Aprox. (en m) de Legibilidad	Altura de Letras, en centímetros para las series				
		A	B	C	D	E
40	55	7.5	7.5	10	12.5	15
50	70	10	10	12.5	15	20
60	85	10	12.5	15	15	20
70	100	12.5	15	15	20	25
80	110	15	15	20	25	30
90	125	15	17.5	20	25	30
100	140	17.5	20	25	30	35
110	150	20	25	25	30	40
120	165	20	25	30	35	45

Nota: Esta relación puede usarse como guía general para proyectos fuera de las condiciones medias que están consideradas en los ejemplos ilustrados en el Manual.

Para estimar la distancia de legibilidad se tomó un tiempo de lectura de 5 segundos.

RECOMENDACIONES PARA EL USO DE LOS ALFABETOS TIPO, DE MAYÚSCULAS, PARA SEÑALES DE TRANSITO

Estos alfabetos se dan en cinco diferentes proporciones aproximadas, denominándose serie "A" a la relación de base a altura, 1:1 serie "B" a la de 1:1.2; "C" a la de 1:1.4; "D" a la de 1.2 y "E" a la de 1:2.2.

Las relaciones anteriores son aproximadas ya que hay variación en los anchos de letras de la misma serie y altura. Dichas relaciones se dan para escoger, tentativamente, la serie más adecuada a la longitud de placa con que se pudiera contar.

Es muy práctico contar con juegos de plantillas en material ligero, para facilitar el trazo de letreros.

Las letras y números pueden ser reproducidas, en cualquier medida requerida, si se sigue la tabla de dimensiones que trae cada dibujo (en grupos de seis letras o números) o por ajustes proporcionales para medidas no especificadas, o bien por ampliación fotográfica de los dibujos, a cualquier medida.

No se recomienda, sin embargo, que la ampliación fotográfica sea hecha de dibujos muy pequeños porque se encontrarían variaciones, aunque pequeñas, en las dimensiones exactas.

Para generalizar el dibujo a alturas de letras de 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5, 20.0, 30.0 y 45.0 cm, se asignó a las diferentes dimensiones de letras y números una letra clave, referida a las tablas incluidas a continuación de los dibujos. Las tangentes, arcos mayores y ciertos puntos de control serán trazados primero, seguidos por los arcos de unión de los trazos de radio más pequeño.

Dos circunstancias deben tomarse en cuenta:

En algunos casos los radios de los arcos que unen a dos arcos más pequeños no están precisados pero sólo hay un arco posible que puede ajustarse con precisión para unir los puntos dados. Las medidas están dadas con gran precisión, pero el dibujante puede hacer pequeñas variaciones para lograr un ajuste perfecto. Esto se aplica especialmente a las letras grandes, dado que las tablas de dimensiones fueron derivadas de dibujos pequeños.

Por razones similares no es práctico dar el centro exacto de todos los arcos, los centros de los arcos predominantes están dados invariablemente. Para otros el dibujante puede, con el compás, encontrar el centro por tanteos.

El ancho del rasgo de las letras y números es uniforme en cada una de las series y medidas del alfabeto, excepto donde sea indicado de otra manera.

Todos los caracteres que tienen un arco arriba o abajo rebasan ligeramente las líneas horizontales de los encuadres de las otras letras. Esto está acorde con la práctica aceptada para letras redondeadas.

RECOMENDACIONES PARA EL USO DE LAS TABLAS DE ESPACIAMIENTO

Se encuentra en estas tablas ciertas claves para espaciamientos, según la forma de rasgo, se le asigna un número romano, de acuerdo con lo siguiente:

I - Para verticales bien marcadas

II - Para rasgos curvos

III - Para rasgos entrantes inclinados, que, en general, no responden a las claves I ó II

Una vez identificado el tipo de letra con su clave correspondiente en número Romano, se pasa a las Tablas de Esparcimiento, que relacionan el espacio que debe dejarse, al lado izquierdo o derecho, según la clave que corresponde a esa letra o número.

En las Tablas Complementarias de Esparcimiento se indican los espacios, entre letra y letra o entre número y número, adecuados para lograr mejor legibilidad y equilibrio óptico. Para el espacio entre palabra y palabra se recomienda utilizar el ancho correspondiente al de la W.

Un ejemplo de la utilización de las Tablas de Anchos y de las de Espaciamientos para calcular la longitud de la palabra PUCUSANA, se muestra a continuación:

Ejemplo de Cálculo de Longitud de una Palabra

Determinar la longitud de la palabra "Pucusana" con letras de 20 cm. de altura de la serie "D".

Letra	Ancho de Letra	Clave para márgenes		Combinación de claves para margen	Espaciamiento entre letras
		Izq.	Der.		
P	10.9	I	II	II-I	4.2
U	10.9	I	I	I-II	4.2
C	10.9	II	III	III-I	3.4
U	10.9	I	I	I-II	4.2
S	10.9	II	II	II-III	3.4
A	12.5	III	III	III-I	3.4
N	10.9	I	I	I-III	3.4
A	10.9	III	III		
Subtotal	90.4				26.2

Longitud total de la palabra Pucusana; $90.4 + 26.2 = 116.6\ cm$

ANCHO DE LAS LETRAS Y NÚMEROS DE LA SERIE "A"

Velocidad Km/h	Menos 40	40	50-60	70	80-90	100	110 120	Mas 120		Clave para margen	
Altura cm. / Letras	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	30.0	45.0	Izq.	Der.
A	5.6	8.4	11.3	14.1	16.9	19.7	22.5	33.8	50.6	III	III
B	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	I	II
C	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	II	III
D	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	I	II
E	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	I	III
F	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	I	III
G	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	II	II
H	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	I	I
I	0.9	1.4	1.9	2.3	2.8	3.3	3.8	5.6	8.4	I	I
J	4.1	6.1	8.1	10.2	12.2	14.2	16.3	25.4	36.6	III	I
K	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	I	III
L	4.2	6.3	8.4	10.5	12.7	14.8	16.9	25.3	38.0	I	III
M	5.3	8.0	10.6	13.3	16.0	18.6	21.3	31.9	47.8	I	I
N	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	I	I
O	5.2	7.7	10.3	12.9	15.5	18.0	20.6	31.0	46.4	II	II
P	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	I	II
Q	5.2	7.7	10.3	12.9	15.5	18.0	20.6	31.0	46.4	II	II
R	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	I	II
S	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	II	II
T	4.2	6.3	8.4	10.5	12.7	14.7	16.9	25.3	38.0	III	III
U	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	I	I
V	5.2	7.7	10.3	12.9	15.5	18.0	20.6	31.0	46.4	III	III
W	5.8	8.7	11.6	14.5	17.4	20.2	23.1	34.7	52.0	III	III
X	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	30.0	45.0	III	III
Y	5.6	8.4	11.3	14.1	16.9	19.7	22.5	33.8	50.6	III	III
Z	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	III	III
1	1.6	2.5	3.3	4.1	4.9	5.8	6.6	9.8	14.7	I	I
2	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	II	II
3	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	III	II
4	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	30.0	45.0	III	III
5	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	I	II
6	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	II	II
7	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	III	III
8	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	II	II
9	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	II	II
0	4.7	7.2	9.5	11.9	14.3	16.7	19.1	28.6	42.9	II	II

ANCHO DE LAS LETRAS Y NÚMEROS DE LA SERIE "B"

Velocidad Km/h	Menos 40	40	50-60	70	80-90	100	110 120	Mas 120		Clave para margen	
Altura cm. / Letras	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	30.0	45.0	Izq.	Der.
A	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	30.0	45.0	III	III
B	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	I	II
C	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	II	III
D	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	I	II
E	3.7	5.5	7.4	9.2	11.0	12.9	14.7	22.0	33.0	I	III
F	3.7	5.5	7.4	9.2	11.0	12.9	14.7	22.0	33.0	I	III
G	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	II	II
H	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	I	I
I	0.9	1.3	1.7	2.2	2.6	3.0	3.4	5.2	7.7	I	I
J	3.8	5.6	7.5	9.4	11.3	13.1	15.0	22.5	33.8	III	I
K	4.1	6.1	8.1	10.2	12.2	14.2	16.3	24.4	36.6	I	III
L	3.7	5.5	7.4	9.2	11.0	12.9	14.7	22.0	33.0	I	III
M	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	I	I
N	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	I	I
O	4.1	6.2	8.3	10.3	12.4	14.5	16.6	24.8	37.2	II	II
P	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	I	II
Q	4.1	6.2	8.3	10.3	12.4	14.5	16.6	24.8	37.2	II	II
R	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	I	II
S	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	II	II
T	3.7	5.5	7.4	9.2	11.0	12.9	14.7	22.0	33.0	III	III
U	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	I	I
V	4.5	6.8	9.1	11.3	13.6	15.9	18.1	27.2	40.8	III	III
W	5.2	7.8	10.5	13.1	15.7	18.3	21.0	31.4	47.1	III	III
X	4.3	6.4	8.6	10.7	12.9	15.0	17.2	25.8	38.7	III	III
Y	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	30.0	45.0	III	III
Z	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	III	III
1	1.5	2.2	3.0	3.8	4.5	5.2	6.0	9.0	13.3	I	I
2	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	II	II
3	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	III	II
4	4.6	6.9	9.2	11.5	13.8	16.1	18.4	27.7	41.5	III	III
5	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	I	II
6	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	II	II
7	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	III	III
8	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	II	II
9	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	24.0	36.0	II	II
0	4.1	6.2	8.3	10.3	12.4	14.5	16.6	24.8	37.2	II	II

ANCHO DE LAS LETRAS Y NÚMEROS DE LA SERIE "C"

Velocidad Km/h	Menos 40	40	50-60	70	80-90	100	110 120	Mas 120		Clave para margen	
Altura cm. / Letras	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	30.0	45.0	Izq.	Der.
A	4.2	6.3	8.4	10.5	12.6	14.7	16.7	25.1	37.7	III	III
B	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	I	II
C	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	II	III
D	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	I	II
E	3.0	4.6	6.1	7.6	9.1	10.7	12.2	18.3	27.4	I	III
F	3.0	4.6	6.1	7.6	9.1	10.7	12.2	18.3	27.4	I	III
G	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	II	II
H	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	I	I
I	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.7	3.1	4.7	7.0	I	I
J	3.1	4.7	6.3	7.8	9.4	10.9	12.5	18.8	28.1	III	I
K	3.4	5.2	6.9	8.6	10.3	12.0	13.8	20.6	31.0	I	III
L	3.0	4.6	6.1	7.6	9.1	10.7	12.2	18.3	27.4	I	III
M	3.9	5.8	7.7	9.6	11.6	13.5	15.5	23.2	34.8	I	I
N	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	I	I
O	3.5	5.3	7.0	8.8	10.5	12.3	14.1	21.1	31.6	II	II
P	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	I	II
Q	3.5	5.3	7.0	8.8	10.5	12.3	14.1	21.1	31.6	II	II
R	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.0	30.2	I	II
S	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	II	II
T	3.0	4.6	6.1	7.6	9.1	10.7	12.2	18.3	27.4	III	III
U	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	I	I
V	3.8	5.6	7.5	9.4	11.3	13.1	15.0	22.5	33.8	III	III
W	4.4	6.6	8.8	11.0	13.1	15.3	17.5	26.3	39.4	III	III
X	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	III	III
Y	4.2	6.3	8.4	10.5	12.7	14.7	16.9	25.3	38.0	III	III
Z	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	III	III
1	1.2	1.8	2.4	3.0	3.7	4.2	4.8	7.3	11.0	I	I
2	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	II	II
3	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	III	II
4	3.7	5.5	7.3	9.1	11.0	12.8	14.7	22.0	33.0	III	III
5	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	I	II
6	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	II	II
7	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	III	III
8	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	II	II
9	3.4	5.0	6.7	8.4	10.0	11.7	13.4	20.2	30.2	II	II
0	3.5	5.3	7.0	8.8	10.5	12.3	14.1	21.1	31.6	II	II

ANCHO DE LAS LETRAS Y NÚMEROS DE LA SERIE "D"

Velocidad Km/h	Menos 40	40	50-60	70	80-90	100	110 120	Mas 120		Clave para margen	
Altura cm. / Letras	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	30.0	45.0	Izq.	Der.
A	3.1	4.7	6.3	7.8	9.4	10.9	12.5	18.8	28.1	III	III
B	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	I	II
C	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	II	III
D	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	I	II
E	2.5	3.8	5.0	6.3	7.5	8.8	10.0	15.0	22.5	I	III
F	2.5	3.8	5.0	6.3	7.5	8.8	10.0	15.0	22.5	I	III
G	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	II	II
H	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	I	I
I	0.7	1.0	1.4	1.8	2.1	2.5	2.8	4.2	6.3	I	I
J	2.5	3.8	5.0	6.3	7.5	8.8	10.0	15.0	22.5	III	I
K	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	I	III
L	2.5	3.8	5.0	6.3	7.5	8.8	10.0	15.0	22.5	I	III
M	3.2	4.8	6.5	8.1	9.7	11.3	13.0	19.4	29.2	I	I
N	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	I	I
O	2.9	4.3	5.8	7.2	8.7	10.1	11.6	17.4	26.0	II	II
P	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	I	II
Q	2.9	4.3	5.8	7.2	8.7	10.1	11.6	17.4	26.0	II	II
R	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	I	II
S	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	II	II
T	2.5	3.8	5.0	6.3	7.5	8.8	10.0	15.0	22.5	III	III
U	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	I	I
V	3.0	4.6	6.1	7.6	9.1	10.7	12.2	18.3	27.4	III	III
W	3.8	5.6	7.5	9.4	11.3	13.1	15.0	22.5	33.8	III	III
X	2.9	4.4	5.9	7.3	8.8	10.2	11.7	17.6	26.4	III	III
Y	3.1	4.7	6.3	7.8	9.4	10.9	12.5	18.8	28.1	III	III
Z	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	III	III
1	1.0	1.5	2.0	2.6	3.0	3.6	4.1	6.1	9.1	I	I
2	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	II	II
3	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	III	II
4	3.0	4.6	6.1	7.6	9.1	10.7	12.2	18.3	27.4	III	III
5	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	I	II
6	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	II	II
7	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	III	III
8	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	II	II
9	2.7	4.1	5.5	6.8	8.2	9.6	10.9	16.4	24.6	II	II
0	2.9	4.3	5.8	7.2	8.7	10.1	11.6	17.4	26.0	II	II

ANCHO DE LAS LETRAS Y NÚMEROS DE LA SERIE "E"

Velocidad Km/h	Menos 40	40	50-60	70	80-90	100	110 120	Mas 120		Clave para margen	
Altura cm. / Letras	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	30.0	45.0	Izq.	Der.
A	2.7	4.0	5.3	6.6	8.0	9.3	10.6	16.0	24.0	III	III
B	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	I	III
C	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	II	III
D	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	I	II
E	1.9	2.8	3.8	4.7	5.6	6.6	7.5	11.3	16.9	I	III
F	1.9	2.8	3.8	4.7	5.6	6.6	7.5	11.3	16.9	I	III
G	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	II	II
H	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	I	I
I	0.6	0.9	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	3.8	5.6	I	I
J	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8	13.2	19.8	III	I
K	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8	13.2	19.8	III	I
L	1.9	2.8	3.8	4.7	5.6	6.6	7.5	11.3	16.9	I	III
M	2.4	3.6	4.8	6.0	7.2	8.5	9.7	14.5	21.8	I	I
N	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	I	I
O	2.2	3.4	4.5	5.6	6.8	7.9	9.1	13.6	20.4	II	II
P	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	I	II
Q	2.2	3.4	4.5	5.6	6.8	7.9	9.1	13.6	20.4	II	II
R	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	I	II
S	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	II	II
T	1.9	2.8	3.8	4.7	5.6	6.6	7.5	11.3	16.9	III	III
U	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	I	I
V	2.3	3.4	4.6	5.7	6.9	8.0	9.2	13.8	20.8	III	IIII
W	3.1	4.7	6.3	7.8	9.4	11.0	12.5	18.8	28.1	III	III
X	2.3	3.4	4.6	5.7	6.9	8.0	9.2	13.8	20.8	III	III
Y	2.7	4.0	5.3	6.6	8.0	9.3	10.6	16.0	24.0	III	III
Z	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	III	III
1	1.0	1.5	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	6.2	9.2	I	I
2	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	II	II
3	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	III	II
4	2.1	3.2	4.2	5.3	7.2	8.5	9.7	14.5	21.8	III	III
5	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	I	II
6	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	II	II
7	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	III	III
8	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	II	II
9	2.1	3.2	4.2	5.3	6.3	7.4	8.4	12.7	19.0	II	II
0	2.2	3.4	4.5	5.6	6.8	7.9	9.1	13.6	20.4	II	II

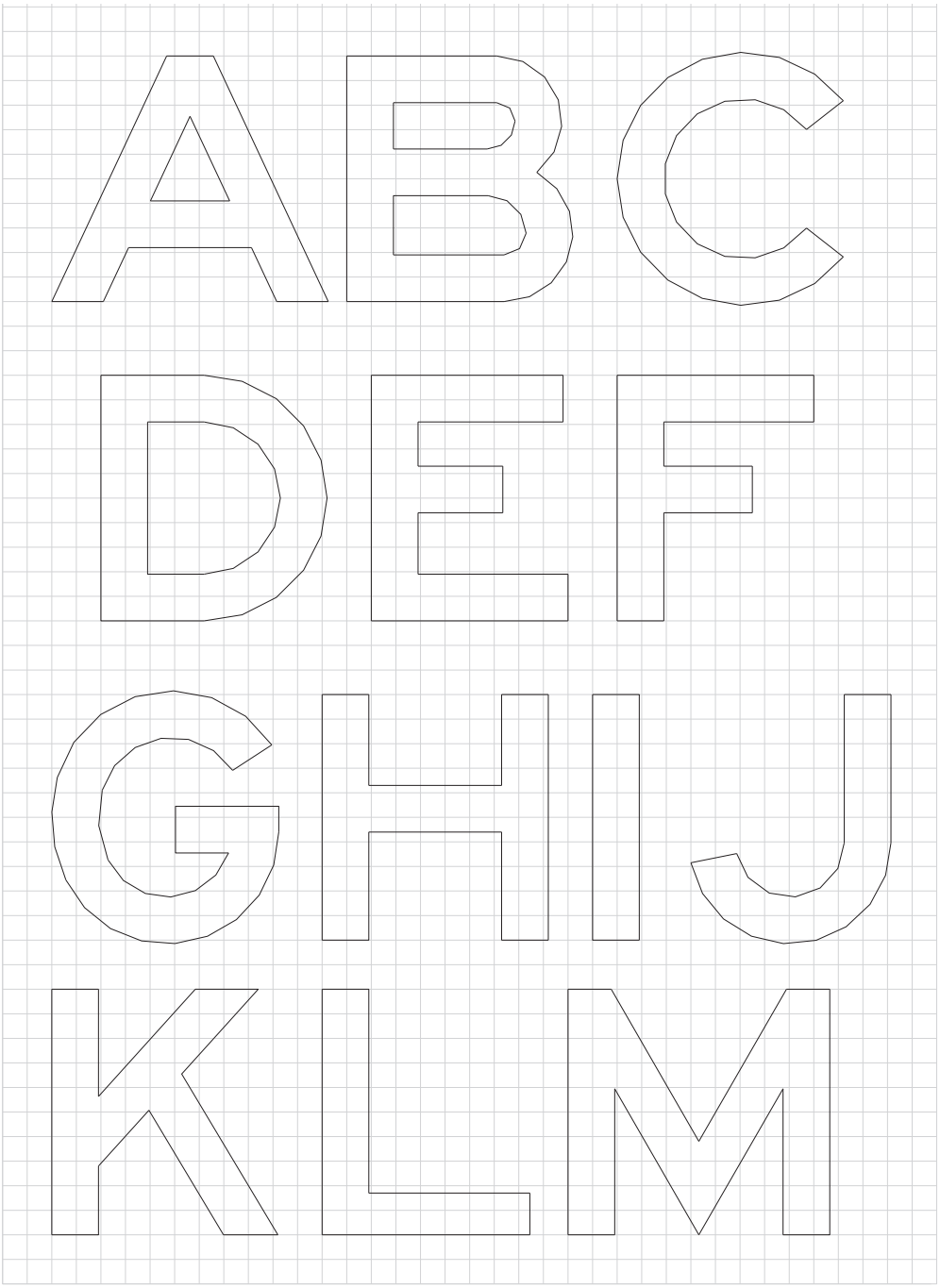
ESPACIAMIENTO

DIMENSIONES ENTRE LETRA Y LETRA

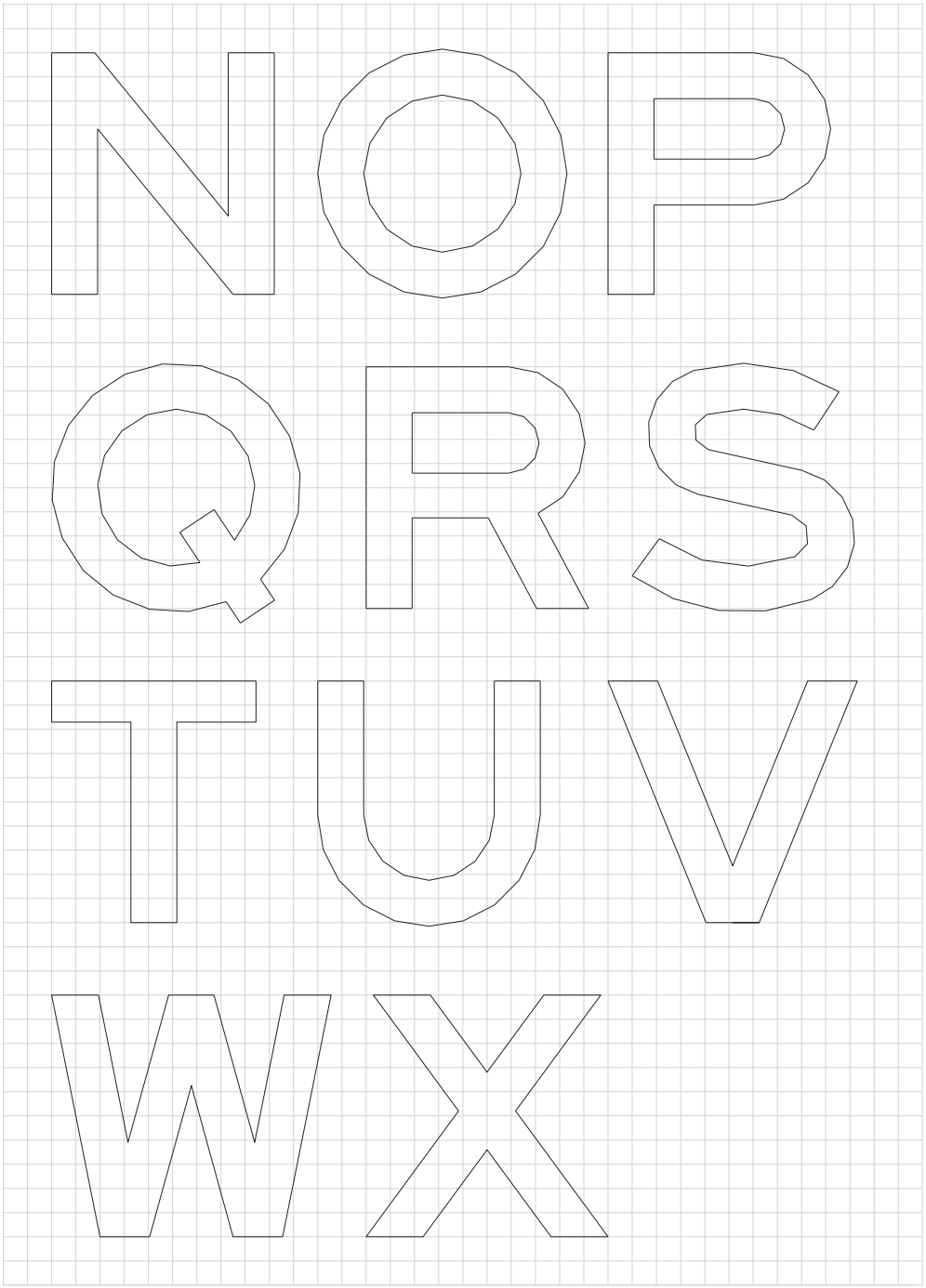
(Medidas horizontalmente entre los puntos más cercanos)

Combinaciones Alfabeto Claves para márgenes		ALTURA DE LA LETRA O DEL NUMERO								
		5.0	**7.5**	**10.0**	**12.5**	**15.0**	**17.5**	**20.0**	**30.0**	**45.0**
Serie "A"	I-I I-II	1.4	2.1	2.8	3.5	4.2	4.9	5.6	8.4	12.6
	I ó II-III II-II	1.1	1.7	2.3	2.8	3.4	3.9	4.5	6.8	10.1
	III-III No Paralelas	0.7	1.1	1.5	1.9	2.3	2.6	3.0	4.5	6.8
	III-III Paralelas	0.4	0.6	0.8	1.0	1.1	1.3	1.5	2.3	3.4
Serie "B"	I-I I-II	1.3	1.9	2.6	3.2	3.9	4.5	5.1	7.7	11.6
	I ó II-III II-II	1.0	1.5	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	6.2	9.3
	III-III No Paralelas	0.7	1.0	1.4	1.7	2.1	2.4	2.8	4.1	6.2
	III-III Paralelas	0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	2.1	3.1
Serie "C"	I-I I-II	1.2	1.8	2.4	2.9	3.5	4.1	4.7	7.0	10.6
	I ó II-III II-II	0.9	1.4	1.9	2.4	2.8	3.3	3.8	5.6	8.5
	III-III No Paralelas	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	3.8	5.6
	III-III Paralelas	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.1	1.3	1.9	2.8
Serie "D"	I-I I-II	1.1	1.6	2.1	2.6	3.2	3.7	4.2	6.3	9.5
	I ó II-III II-II	0.9	1.3	1.7	2.1	2.5	3.0	3.4	5.1	7.6
	III-III No Paralelas	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	3.4	5.1
	III-III Paralelas	0.3	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.7	2.6
Serie "E"	I-I I-II	1.0	1.4	1.9	2.4	2.8	3.3	3.8	5.6	8.4
	I ó II-III II-II	0.7	1.1	1.5	1.9	2.3	2.7	3.0	4.5	6.8
	III-III No Paralelas	0.5	0.7	1.0	1.3	1.5	1.7	2.0	3.0	4.5
	III-III Paralelas	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.0	1.5	2.3

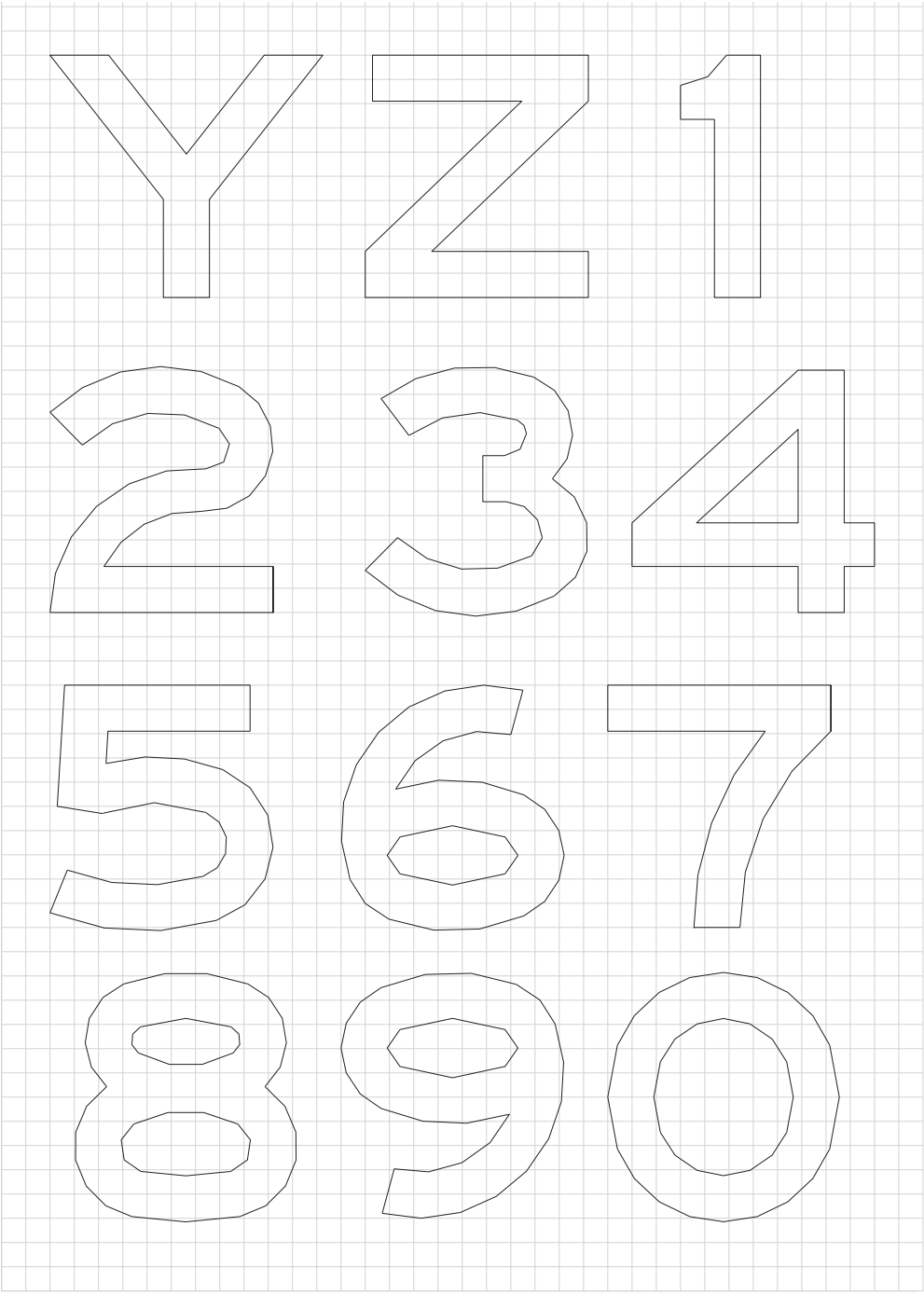
ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE A



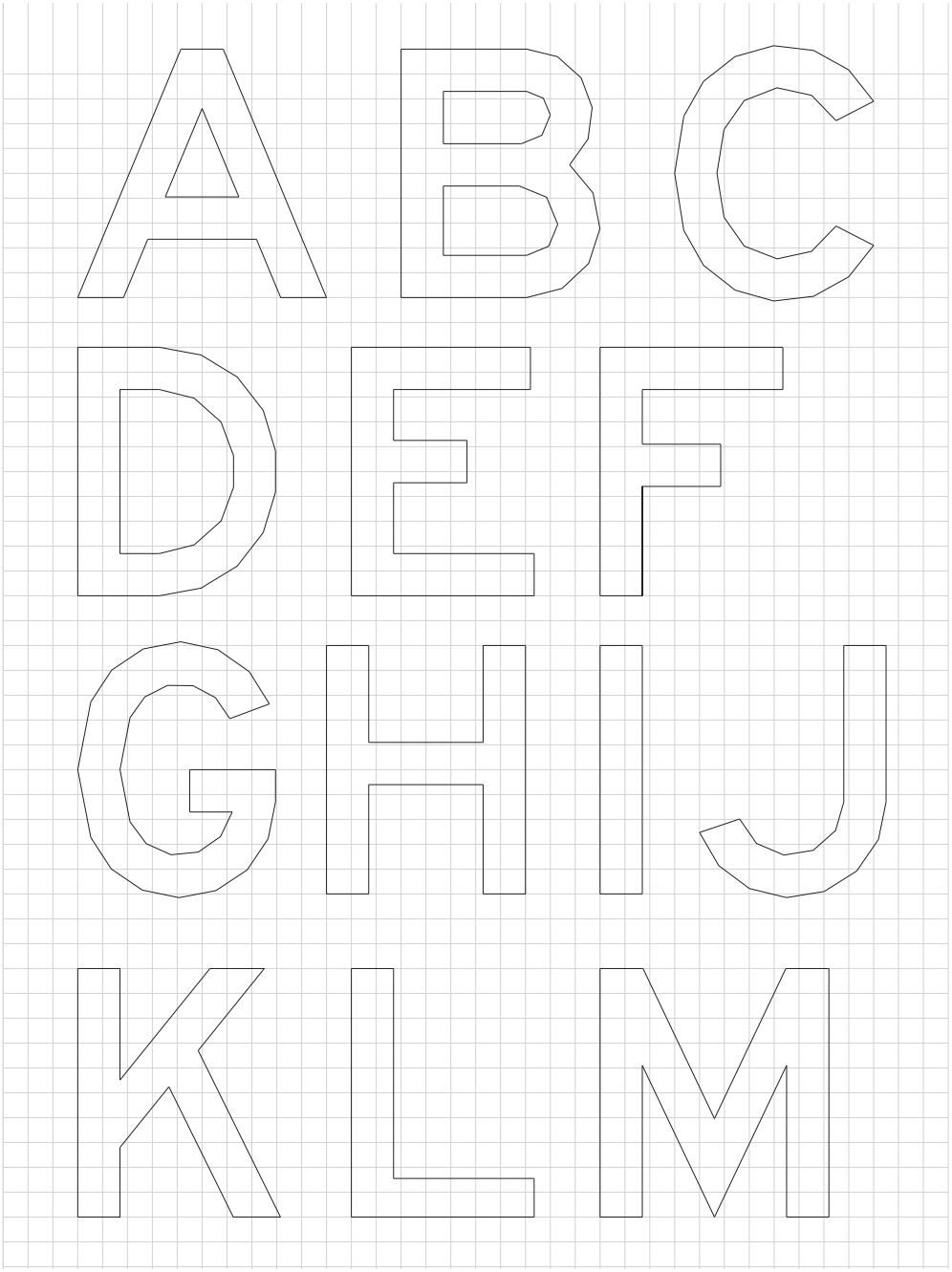
ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE A



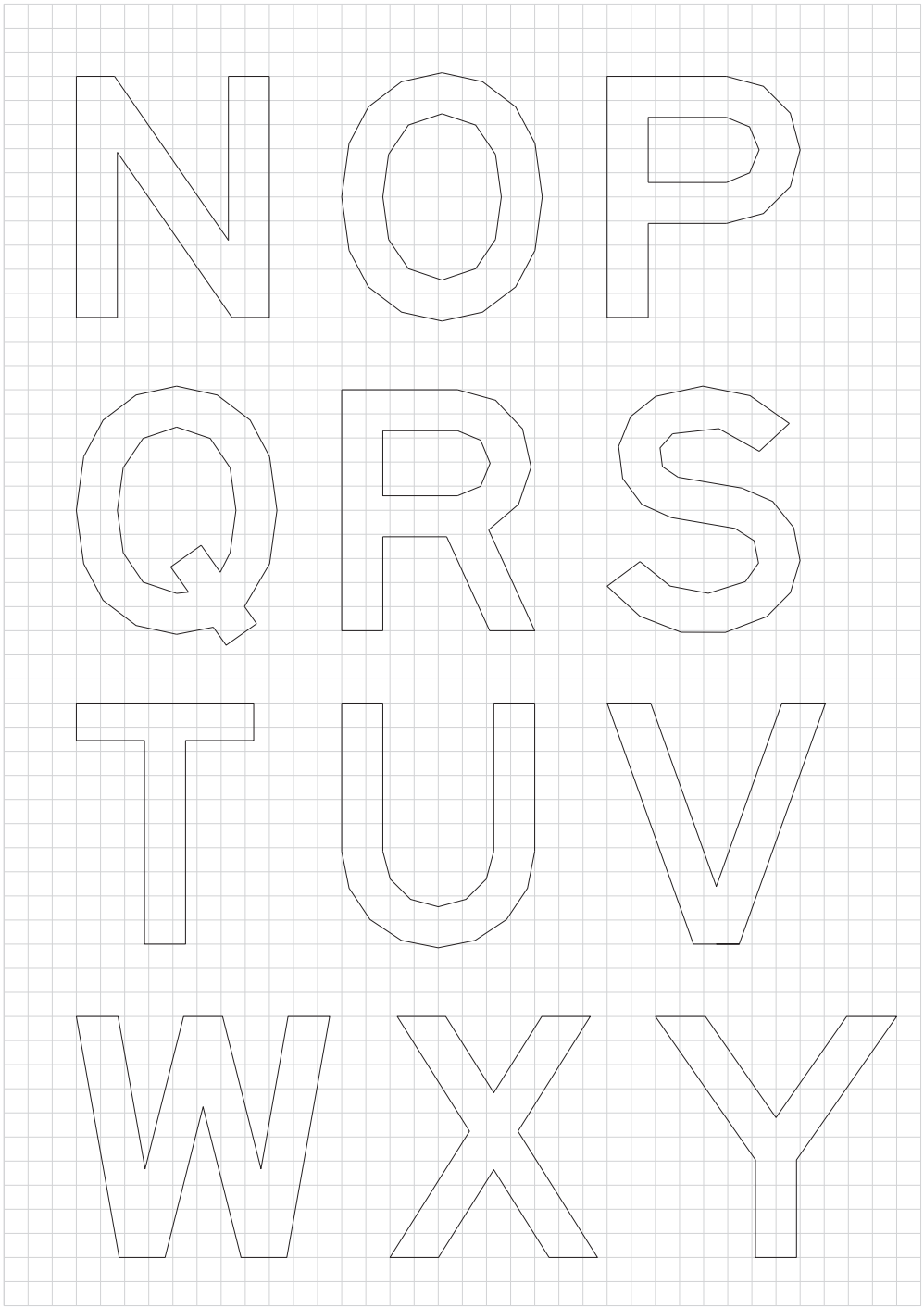
ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE A



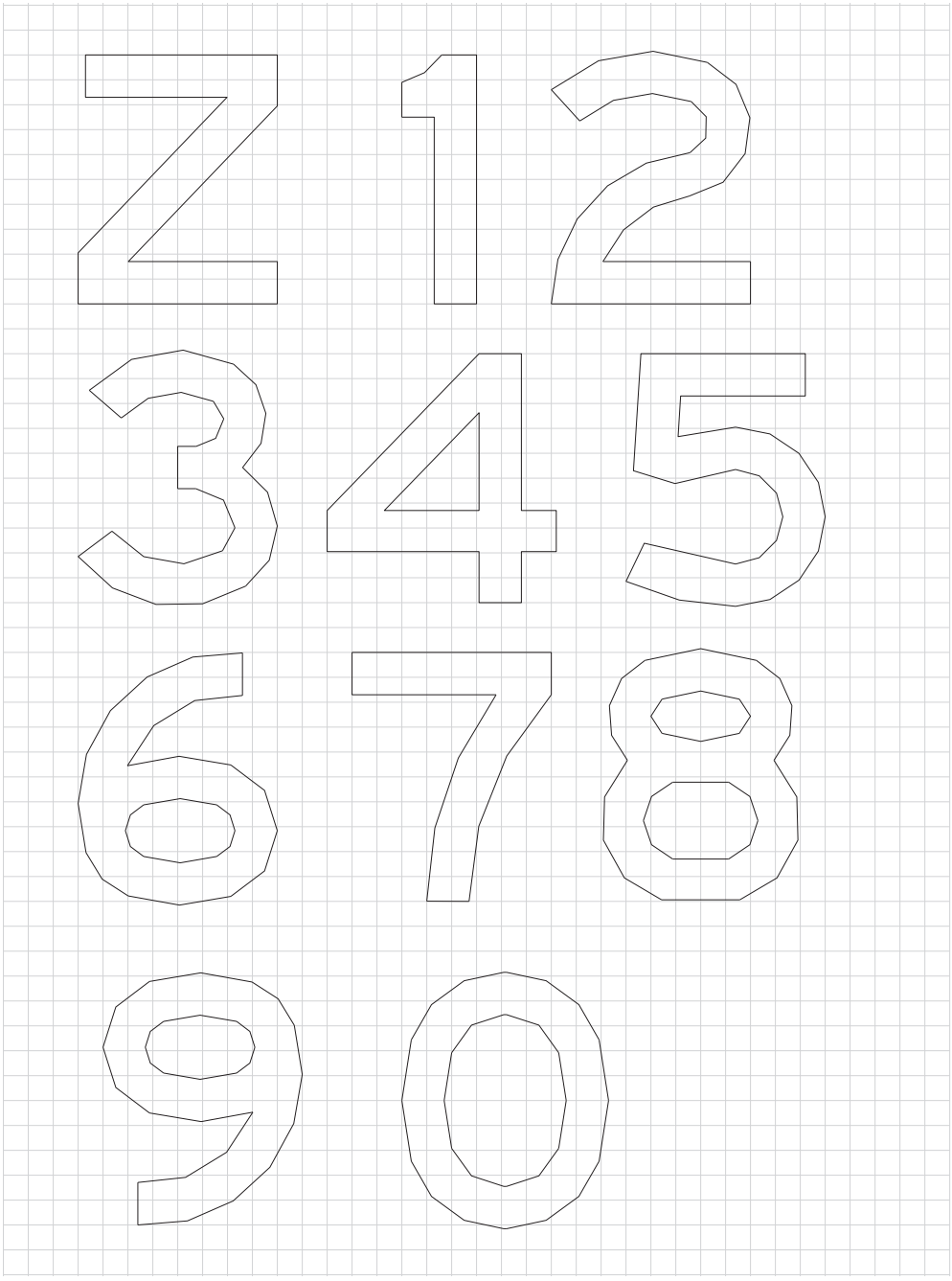
ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE B



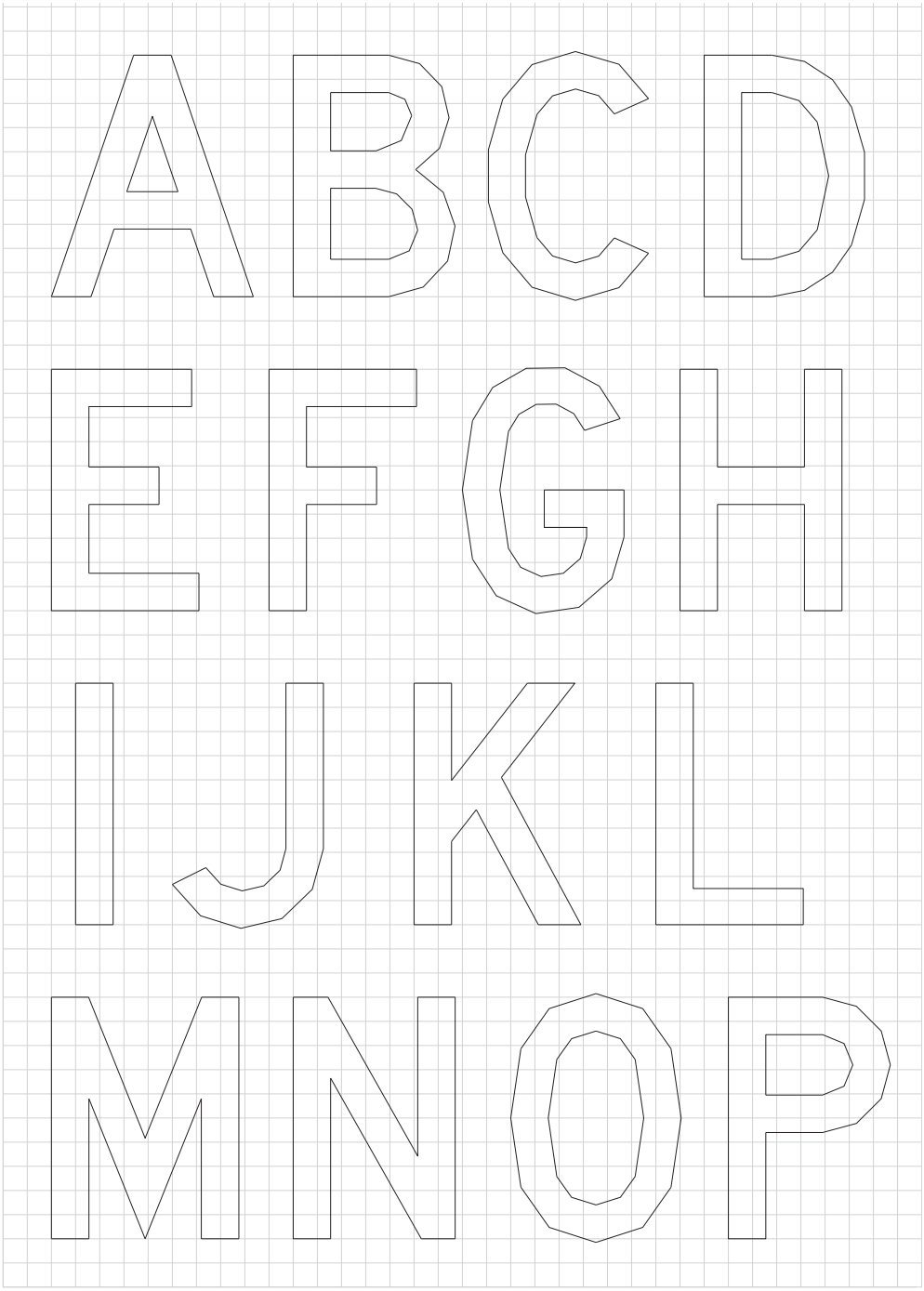
ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE B



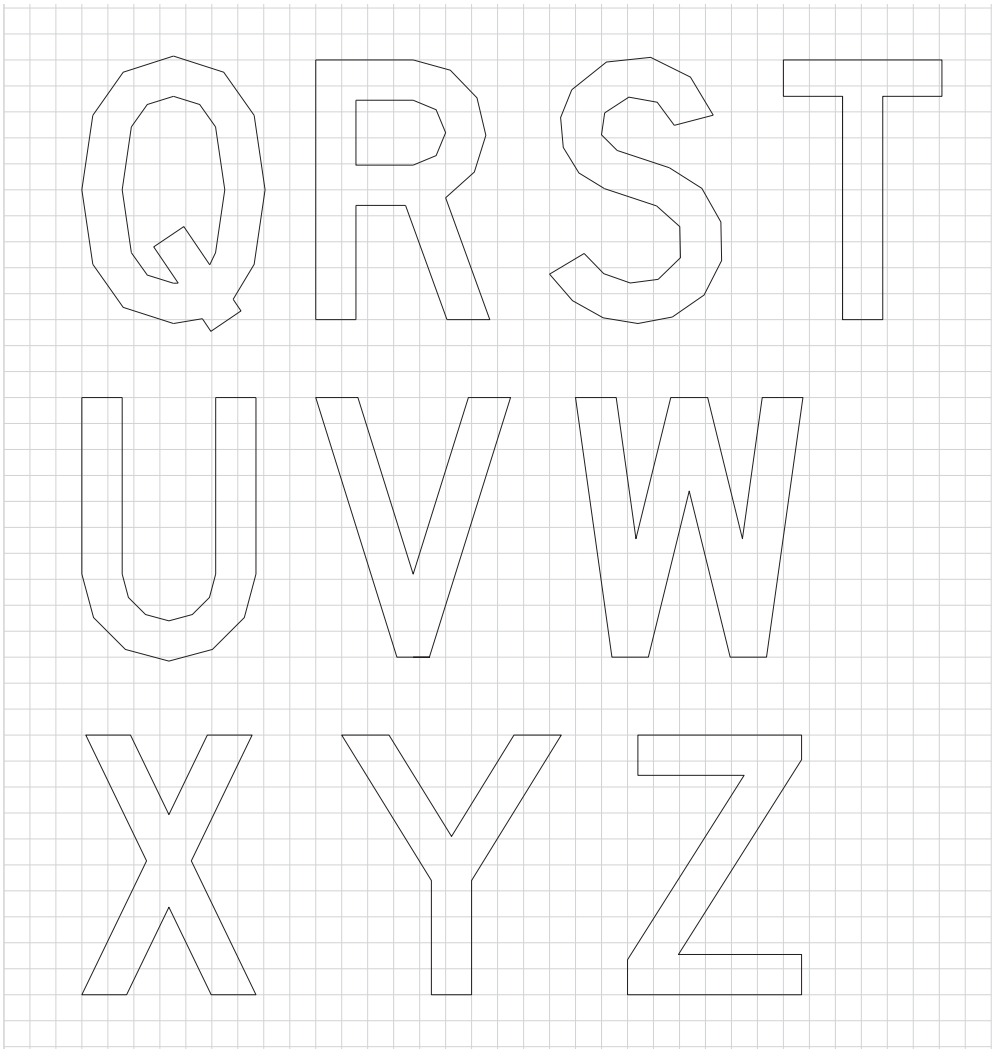
ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE B



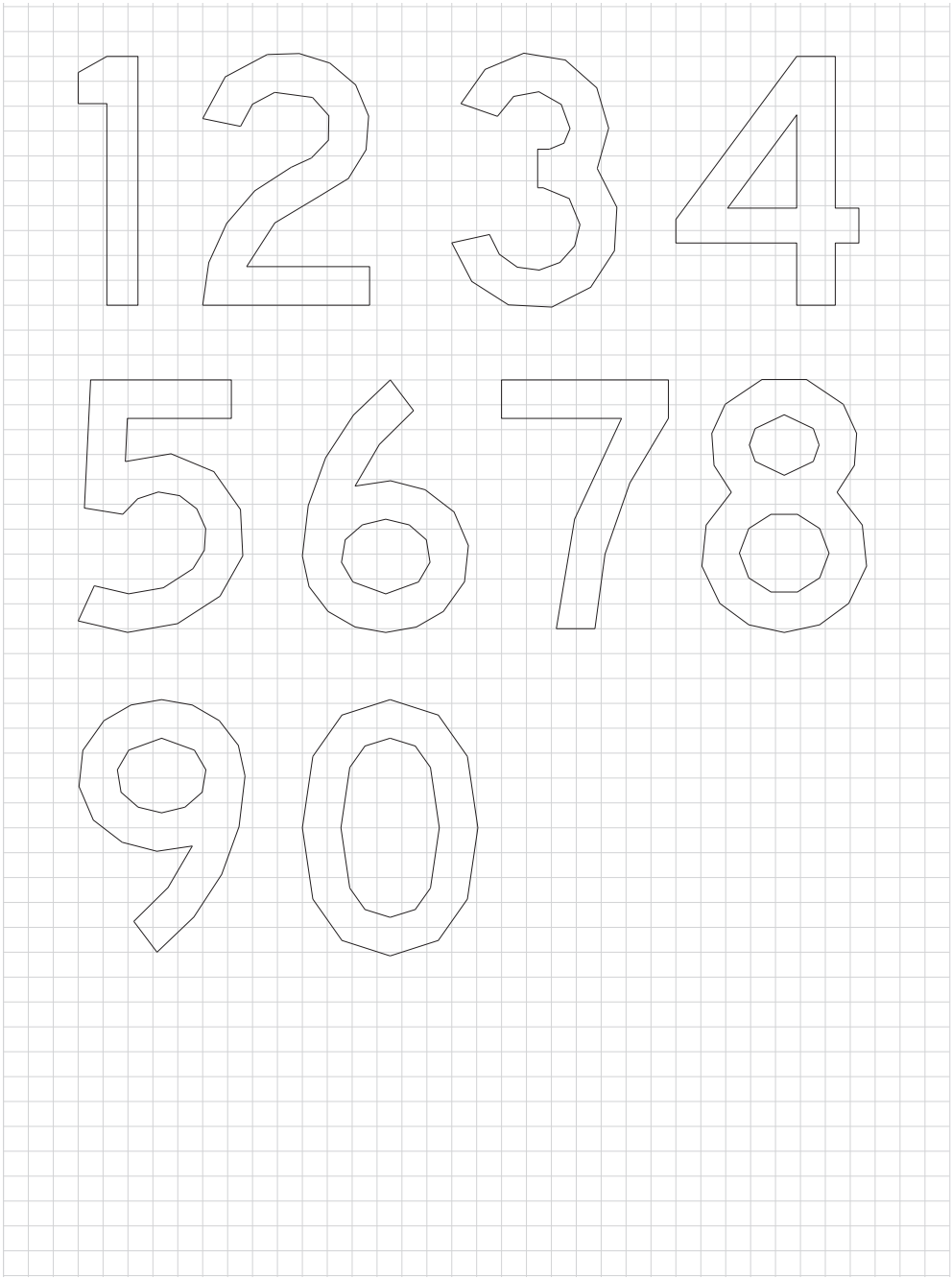
ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE C



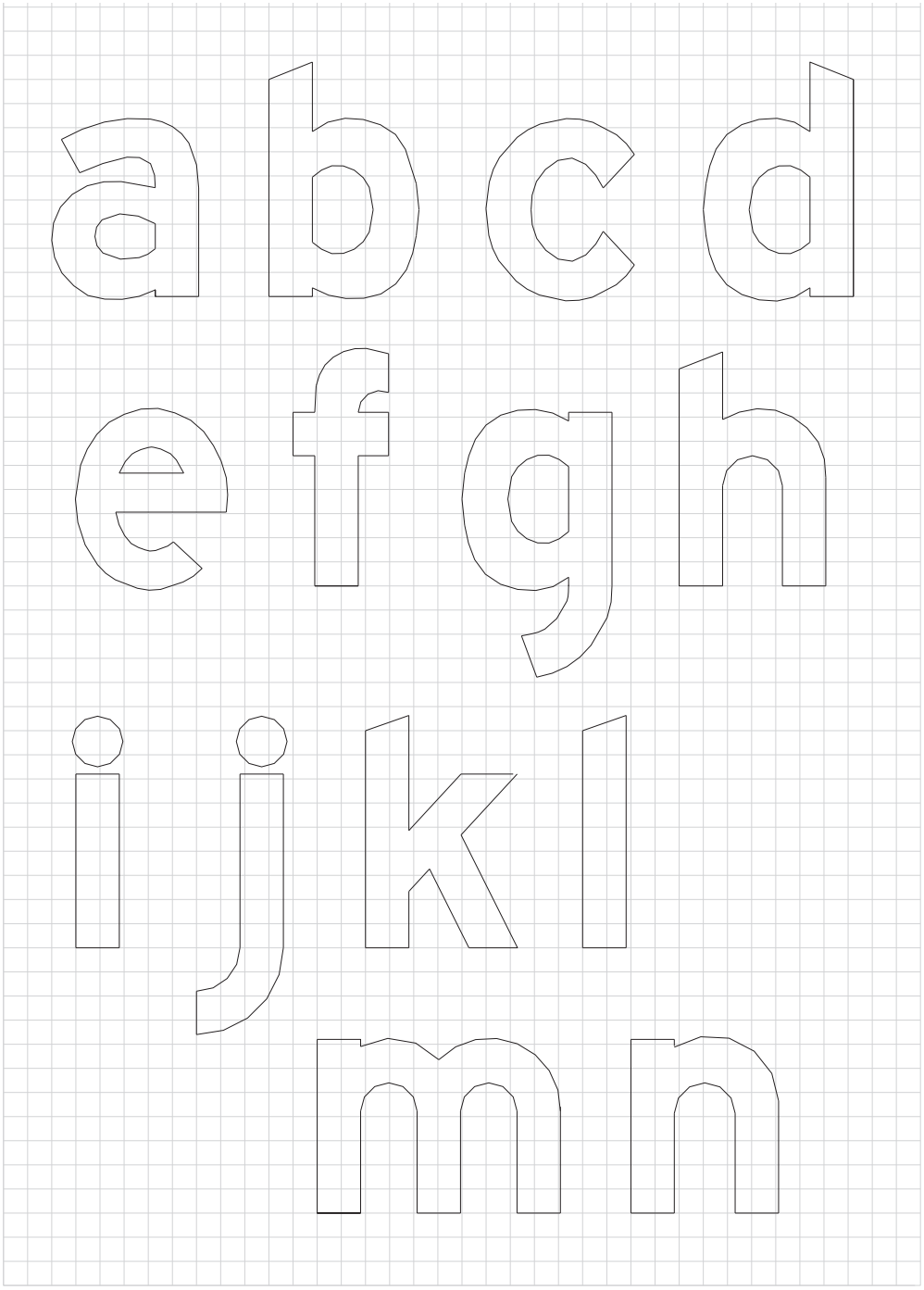
ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE C



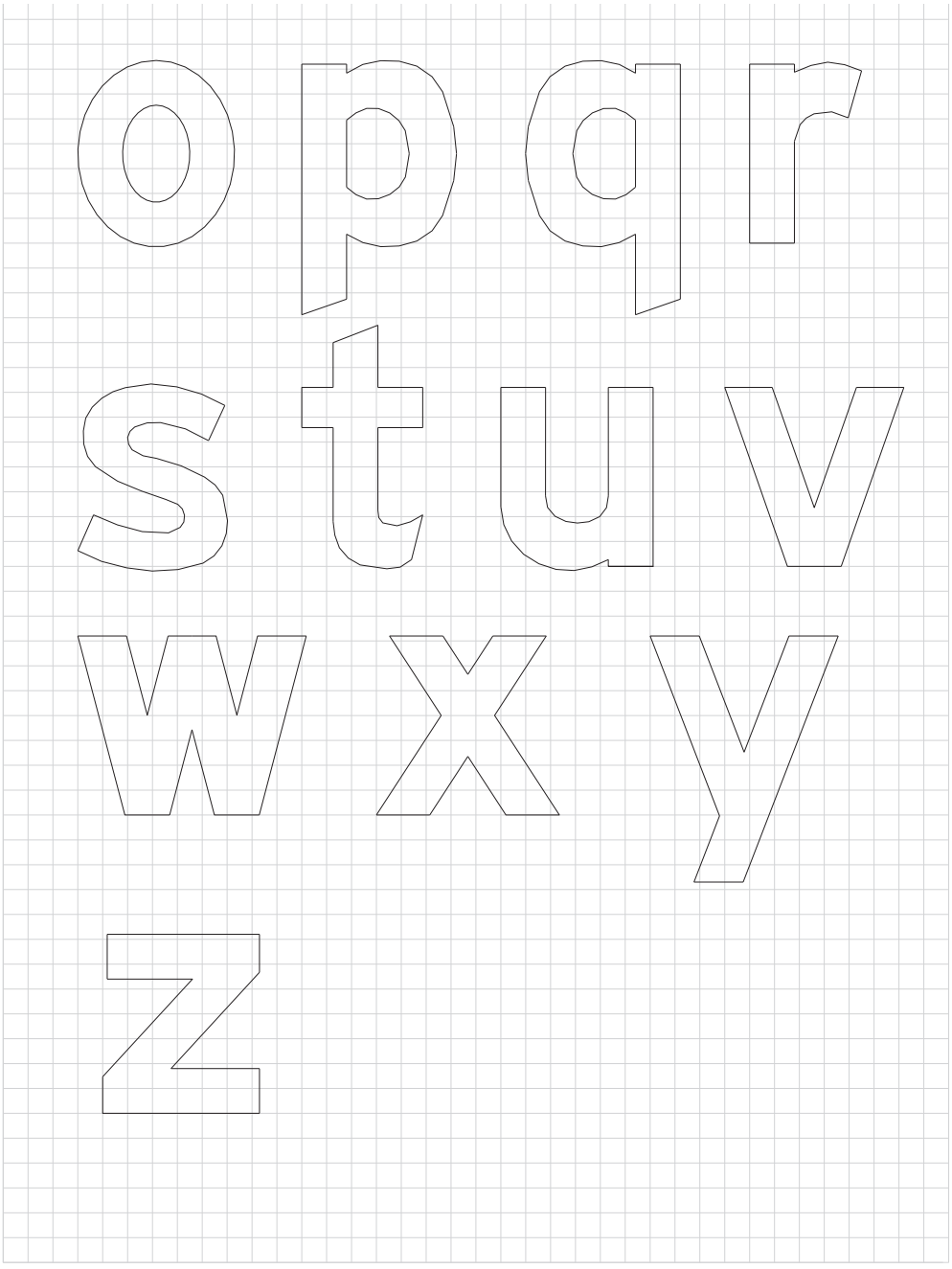
ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE C



ALFABETO DE MINÚSCULAS - SERIE C

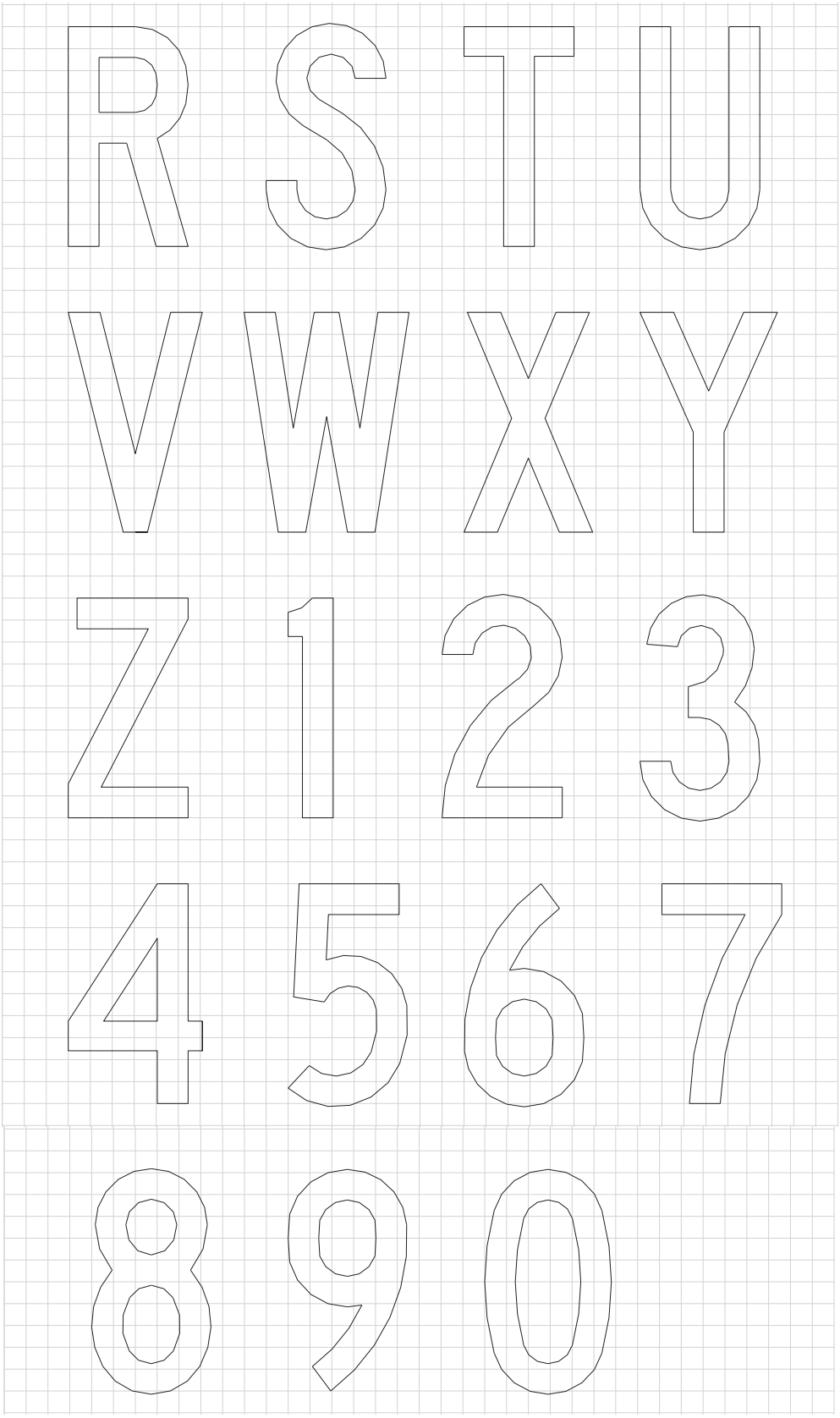


ALFABETO DE MINÚSCULAS - SERIE C



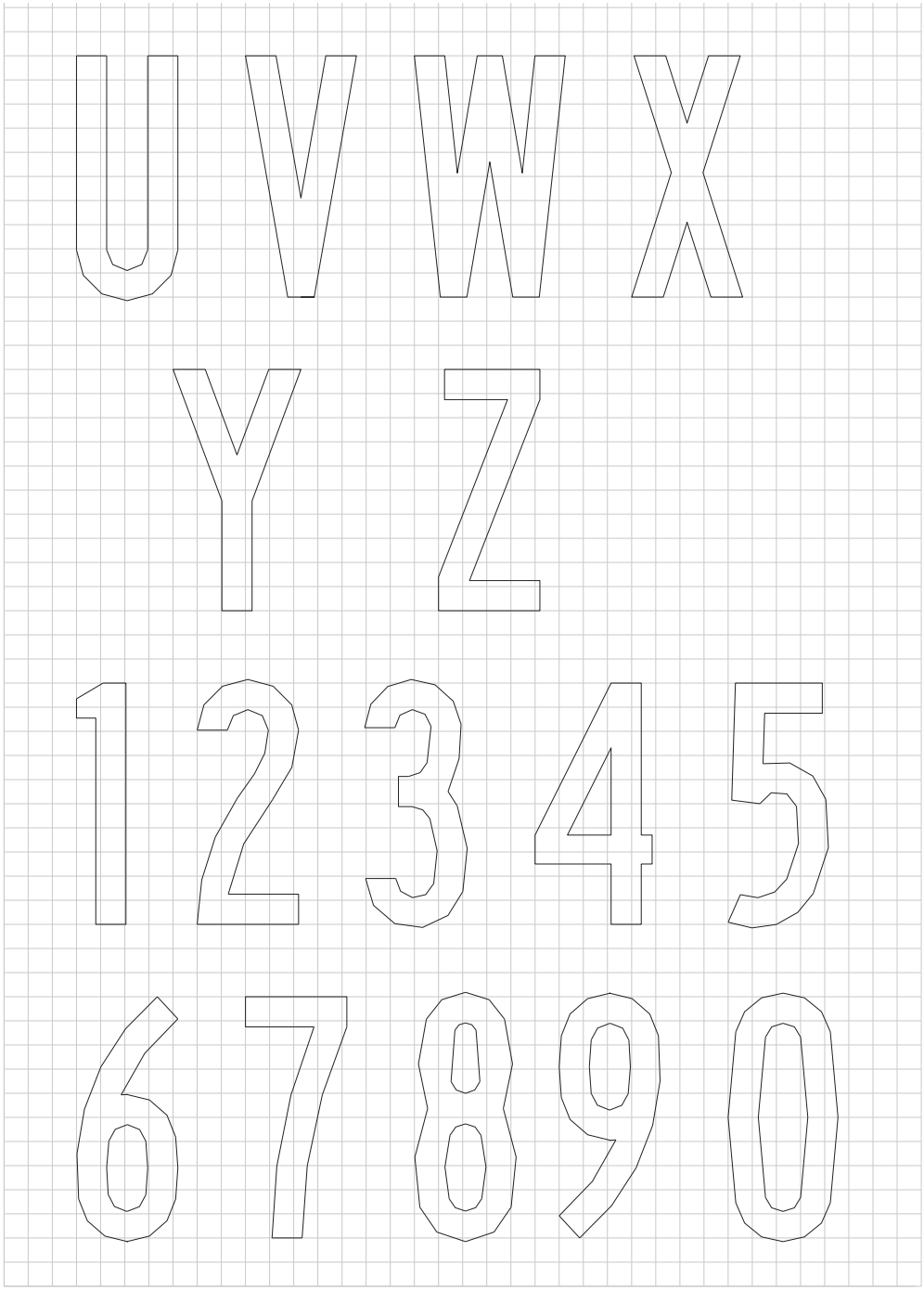
ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE D

ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE D



ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE E

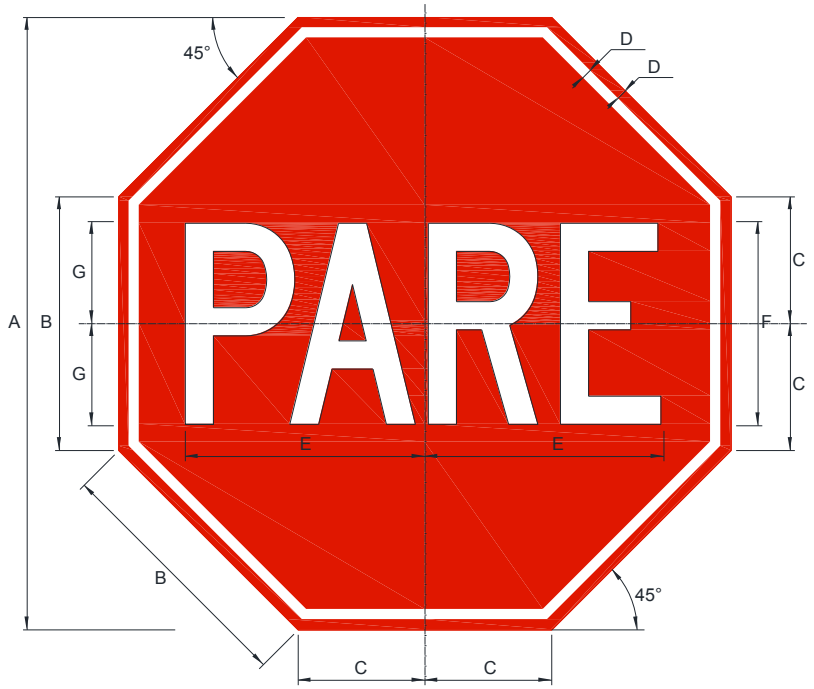
ALFABETO Y NÚMEROS - SERIE E



2.13 DIAGRAMACIÓN DE LAS SEÑALES VERTICALES

La siguiente sección presenta diagramas de todas las señales verticales indicando el tamaño y detalle de diseño correspondiente. Cada diagrama contiene el código de la señal, un diagrama general de la señal y las medidas físicas de cada señal en función a la velocidad de la vía en la cual se instalará.

Pare

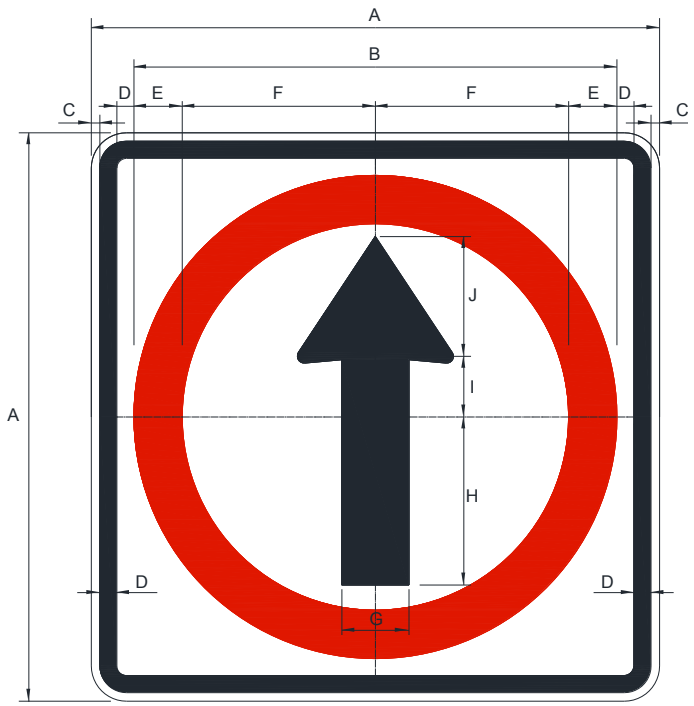


R-1	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	186.4	93.2	7.5	187.2	150.0	75.0
600 x 600	50 o menor	600.0	248.6	124.3	10.0	249.6	200.0	100.0
800 x 800	60 - 70	800.0	331.4	165.7	13.3	332.8	266.6	133.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	414.4	207.2	16.7	416.0	333.4	166.7
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

Ceda el paso

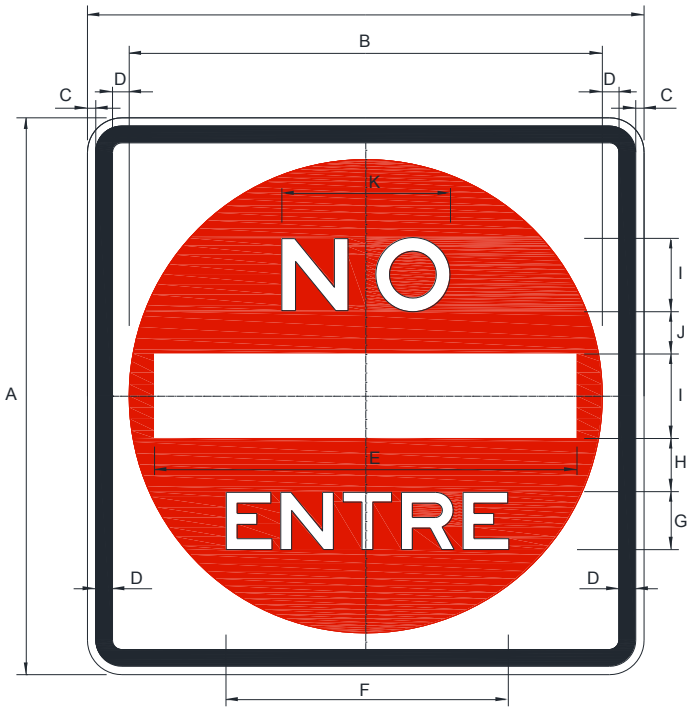
R-2	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
450 x 450	Ciclovía	450.0	36.0	12.0	13.8	45.0	22.5	100.0	60.0
600 x 600	50 o menor	600.0	48.0	16.0	18.4	60.0	30.0	133.3	80.0
800 x 800	60 - 70	800.0	64.0	21.3	24.5	80.0	40.0	177.7	106.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	80.0	26.7	30.7	100.0	50.0	222.2	133.3
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO							

Dirección obligada



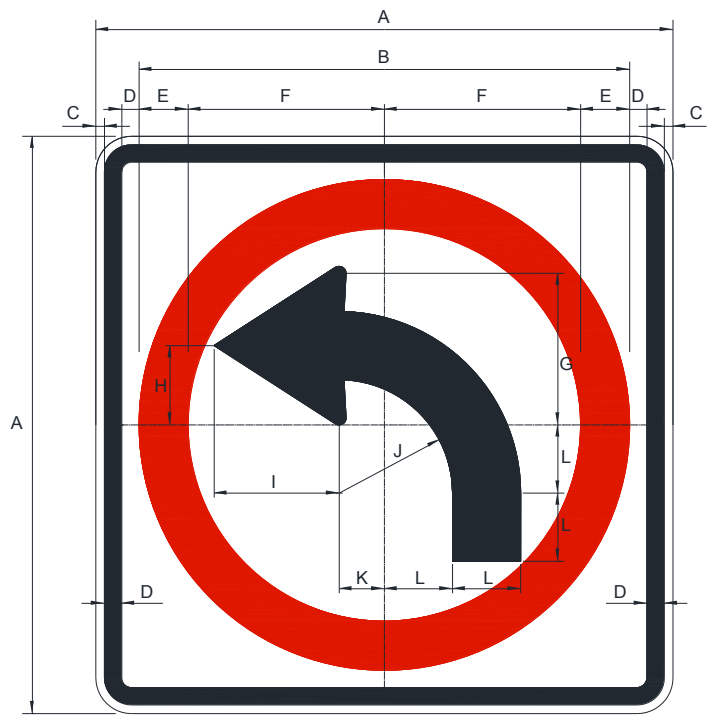
R-3	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	79.7	133.0	72.1	94.8
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	106.3	177.3	96.1	126.4
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	141.7	236.4	128.2	168.5
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	177.1	295.6	160.2	210.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	212.5	354.7	192.3	252.8

No entre



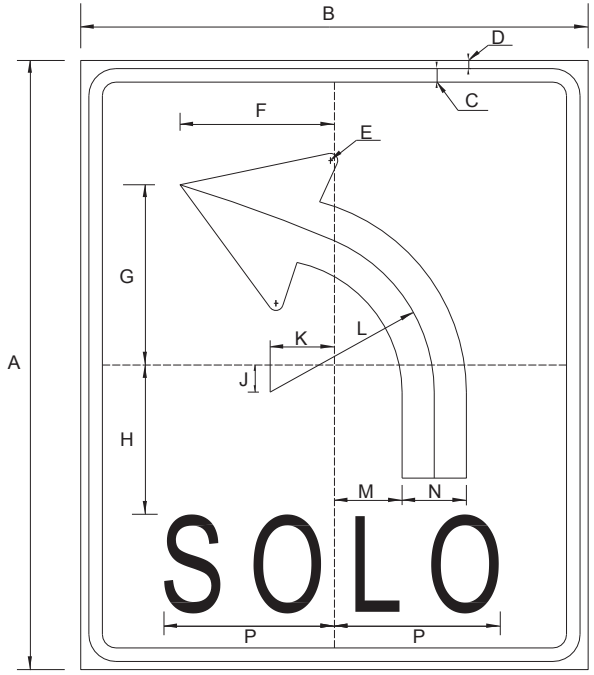
R-4	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	341.5	226.0	56.8	41.0	68.3	34.2	129.2
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	455.3	301.3	75.7	54.7	91.1	45.6	172.3
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	607.1	401.8	101.1	72.8	121.4	60.7	191.4
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	758.9	502.2	126.4	91.1	151.7	75.9	287.1
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	910.7	602.7	151.7	109.3	182.1	91.1	344.5

Giro solamente a la izquierda



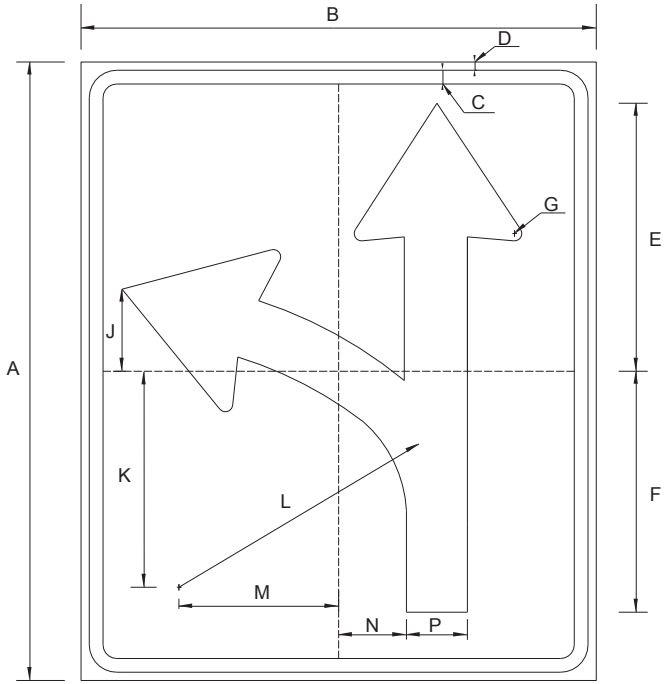
R-5	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	118.2	61.8	97.4	88.3	35.2	53.1
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	157.6	82.4	129.9	117.7	46.9	70.8
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	210.1	109.9	173.2	157.0	62.6	94.4
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	262.7	137.3	216.4	196.2	78.2	118.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	315.2	164.8	259.7	235.5	93.9	141.6

Carril exclusivo para volteo obligado a la izquierda



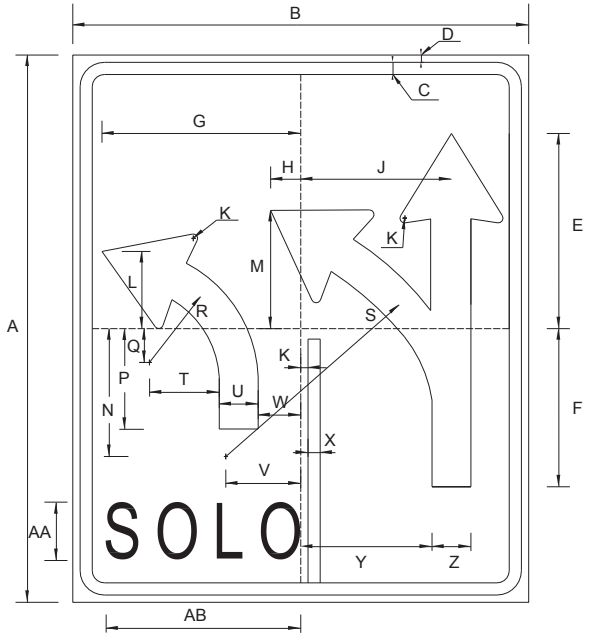
R-5-1	DIMENSIONES (milímetros)													
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
900 x 750	900.0	750.0	20.0	12.0	20.0	235.0	286.0	200.0	40.0	95.0	242.5	100.0	95.0	250.0
1200 x 1000	1200.0	1000.0	26.7	16.0	26.7	313.3	381.3	266.7	53.3	126.7	323.3	133.3	126.7	333.3

Carril permitido para volteo y para seguir de frente



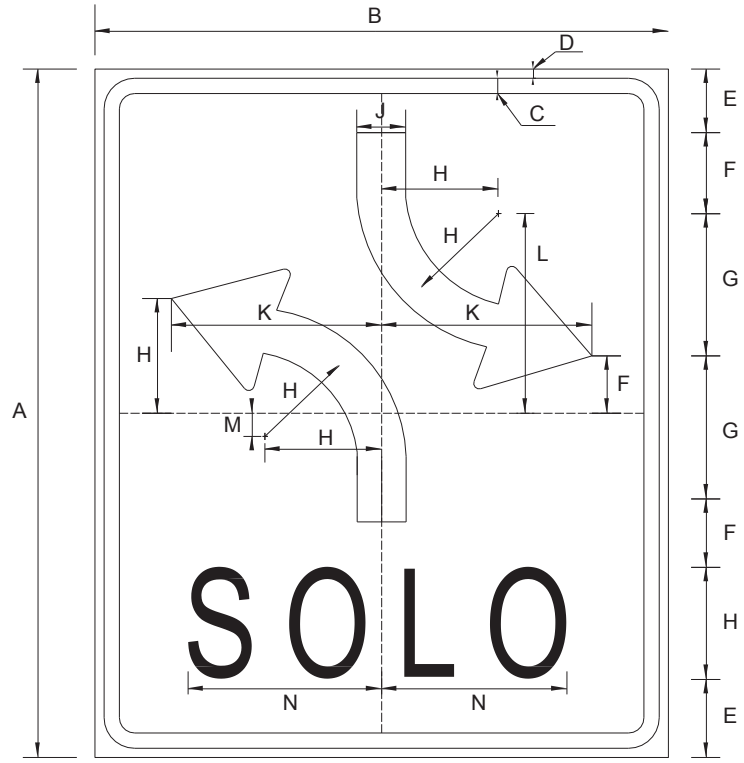
R-5-2	DIMENSIONES (milímetros)													
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
900 x 750	900.0	750.0	20.0	12.0	390.0	362.0	17.7	298.0	143.0	286.0	368.0	225.0	98.7	88.7
1200 x 1000	1200.0	1000.0	26.7	16.0	520.0	482.7	23.6	397.3	190.7	381.3	490.7	300.0	131.6	118.3

Carril exclusivo para volteo obligado y carril de volteo con seguir de frente



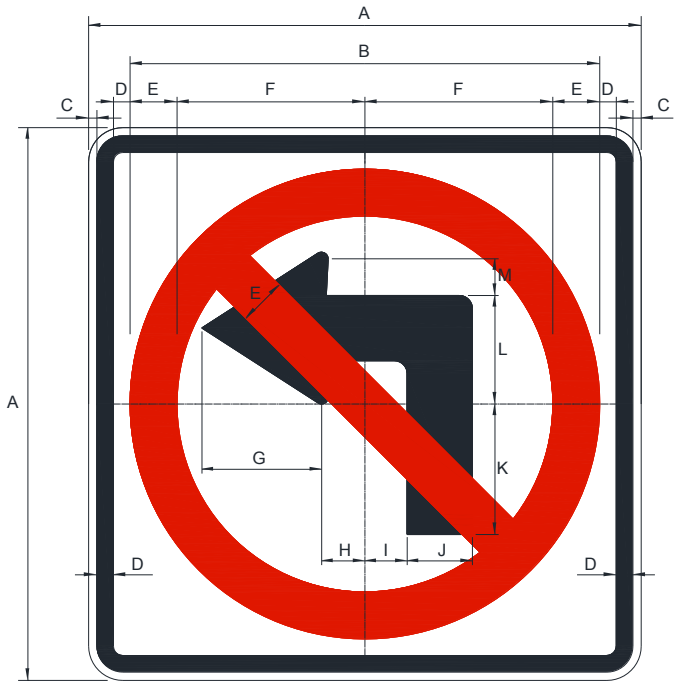
R-5-3	DIMENSIONES (milímetros)												
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N
900 x 750	900.0	750.0	20.0	12.0	321.0	260.0	327.0	44.0	248.0	12.0	127.0	203.0	190.0
1200 x 1000	1200.0	1000.0	26.7	16.0	428.0	346.7	436.0	58.7	330.7	16.0	169.3	270.7	253.3
R-5-3	DIMENSIONES (milímetros)												
	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
900 x 750	165.0	67.0	146.0	369.0	114.0	64.0	121.0	70.0	20.0	216.0	64.0	100.0	315.0
1200 x 1000	220.0	89.3	194.7	492.0	152.0	85.3	161.3	93.3	26.7	288.0	85.3	133.3	420.0

Volteo a la izquierda en ambos sentidos



R-5-4	DIMENSIONES (milímetros)												
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N
900 x 750	900.0	750.0	20.0	12.0	100.0	75.0	200.0	150.0	64.0	275.0	270.0	50.0	250.8
1200 x 1000	1200.0	1000.0	26.7	16.0	133.3	100.0	266.7	200.0	85.3	366.7	360.0	66.7	334.4

Prohibido voltear a la izquierda.



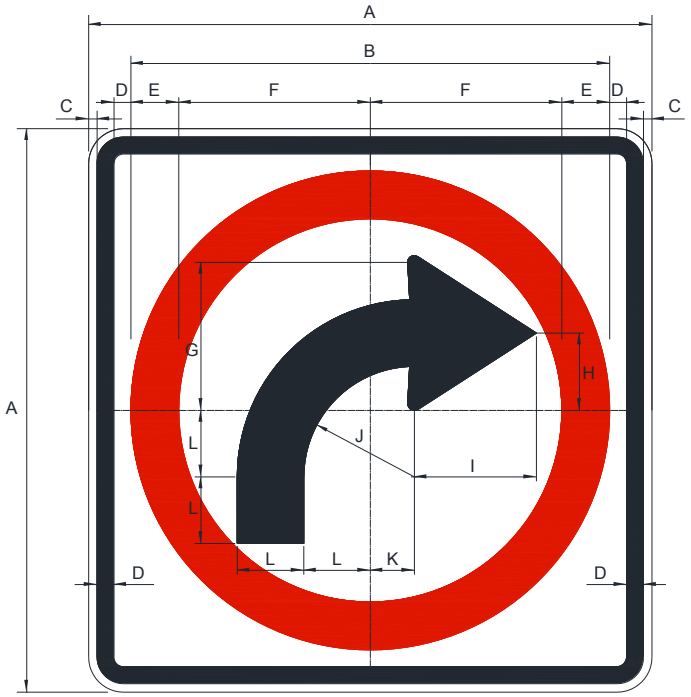
R-6	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	97.5	35.2	34.5	53.1	106.2	88.3	29.8
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	130.0	46.9	46.0	70.8	141.6	117.7	39.7
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	173.3	62.6	61.3	94.4	188.8	157.0	53.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	216.7	78.2	76.7	118.0	236.0	196.2	66.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	260.0	93.9	92.0	141.6	283.2	235.5	79.5

Prohibido girar a la izquierda con luz roja

R-6A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
675 x 450	Ciclovía	675.0	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	97.4	29.3	34.4	53.2	106.3	88.3
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	129.9	39.1	45.9	70.9	141.7	117.7
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	173.2	52.1	61.2	94.6	189.0	157.0
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO											
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO											

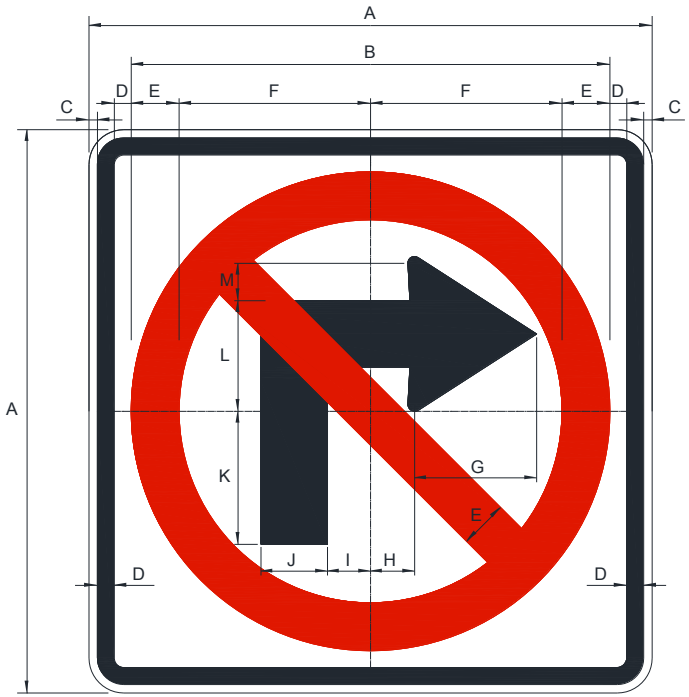
R-6A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		M	N	O	P	Q
675 x 450	Ciclovía	29.8	188.9	44.5	27.4	24.9
900 x 600	50 o menor	39.7	251.9	59.3	36.5	33.2
1200 x 800	60 - 70	53.0	335.8	79.1	48.7	44.3
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO				
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO				

Giro solamente a la derecha



R-7	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	118.2	61.8	97.4	88.3	35.2	53.1
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	157.6	82.4	129.9	117.7	46.9	70.8
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	210.1	109.9	173.2	157.0	62.6	94.4
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	262.7	137.3	216.4	196.2	78.2	118.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	315.2	164.8	259.7	235.5	93.9	141.6

Prohibido voltear a la derecha



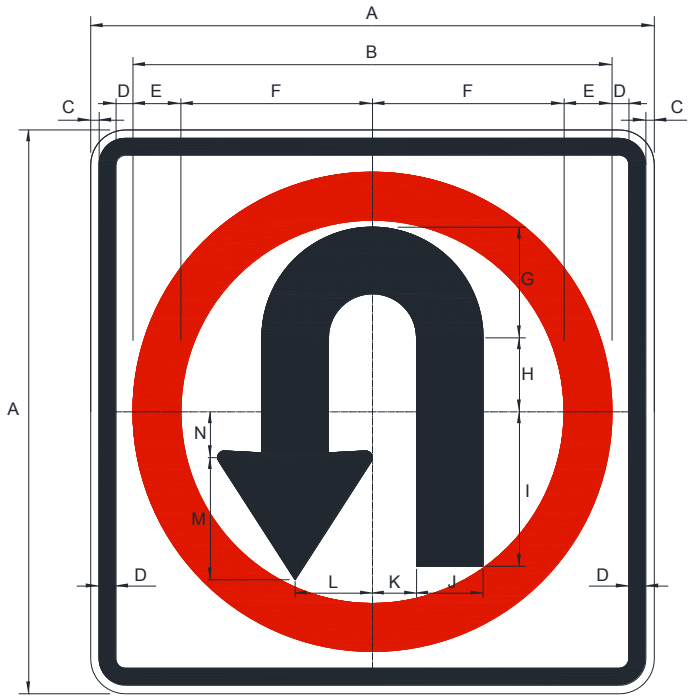
R-8	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	97.5	35.2	34.5	53.1	106.2	88.3	29.8
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	130.0	46.9	46.0	70.8	141.6	117.7	39.7
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	173.3	62.6	61.3	94.4	188.8	157.0	53.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	216.7	78.2	76.7	118.0	236.0	196.2	66.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	260.0	93.9	92.0	141.6	283.2	235.5	79.5

Prohibido girar a la derecha con luz roja

R-8A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
675 x 450	Ciclovía	675.0	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	97.4	29.3	34.4	53.2	106.3	88.3
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	129.9	39.1	45.9	70.9	141.7	117.7
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	173.2	52.1	61.2	94.6	189.0	157.0
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO											
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO											

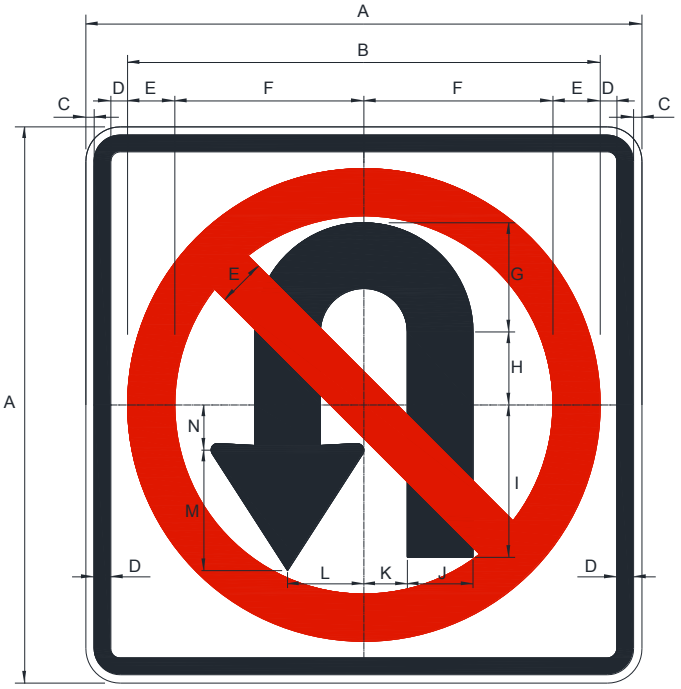
R-8A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		M	N	O	P	Q
675 x 450	Ciclovía	29.8	188.9	44.5	27.4	24.9
900 x 600	50 o menor	39.7	251.9	59.3	36.5	33.2
1200 x 800	60 - 70	53.0	335.8	79.1	48.7	44.3
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO				
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO				

Giro solamente en “u”



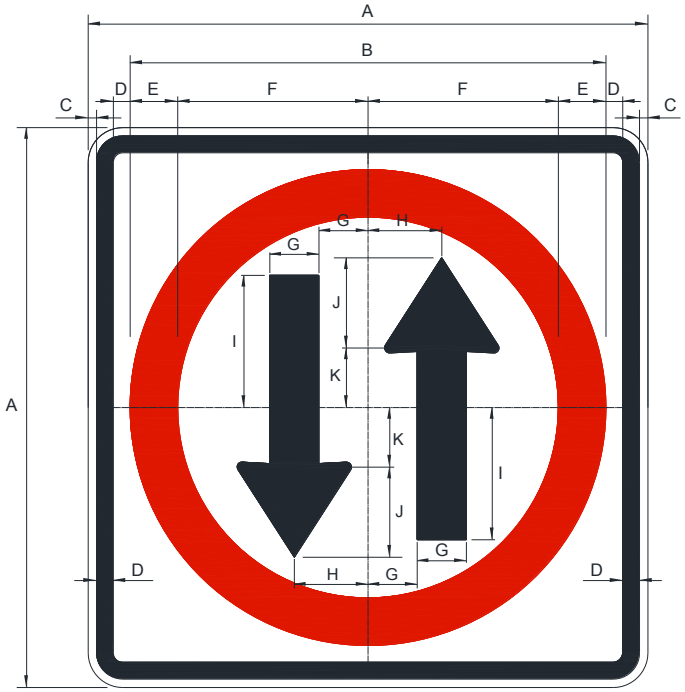
R-9	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)													
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	88.3	59.0	123.2	53.2	35.2	77.9	97.5	36.5
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	117.7	78.7	164.3	70.9	46.9	103.9	130.0	48.7
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	157.0	104.9	219.0	94.6	62.6	138.5	173.3	64.9
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	196.2	131.1	273.8	118.2	78.2	173.1	216.7	81.1
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	235.5	157.3	328.5	141.9	93.9	207.7	260.0	97.3

Prohibido voltear en “u”



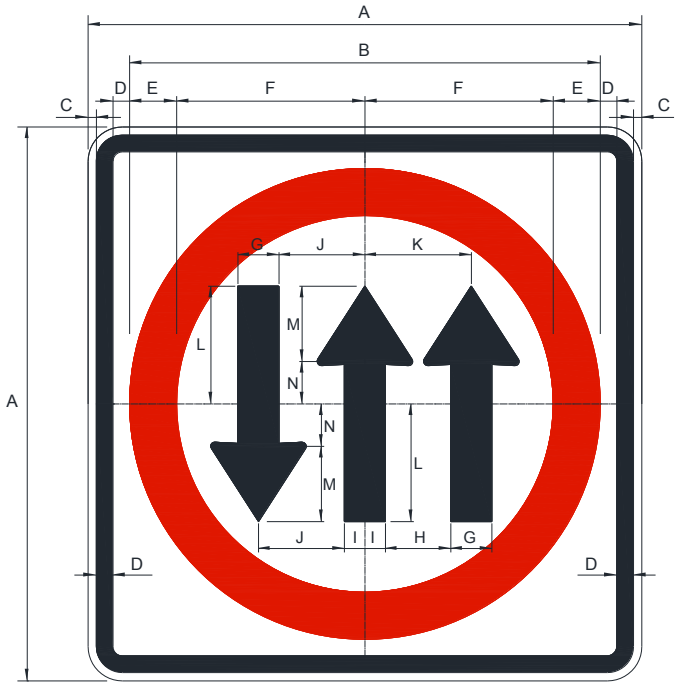
R-10	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)													
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	88.3	59.0	123.2	53.2	35.2	77.9	97.5	36.5
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	117.7	78.7	164.3	70.9	46.9	103.9	130.0	48.7
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	157.0	104.9	219.0	94.6	62.6	138.5	173.3	64.9
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	196.2	131.1	273.8	118.2	78.2	173.1	216.7	81.1
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	235.5	157.3	328.5	141.9	93.9	207.7	260.0	97.3

Circulación en ambos sentidos



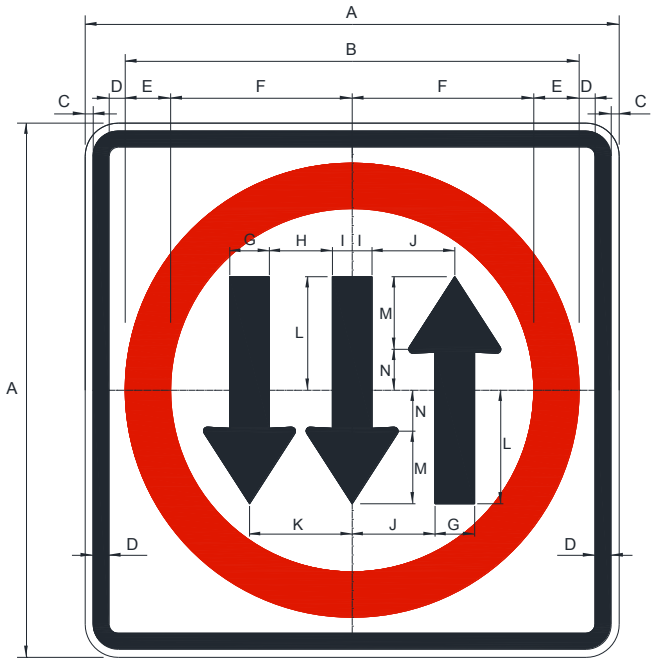
R-11	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	39.5	59.2	106.3	72.4	47.8
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	52.7	78.9	141.7	96.5	63.7
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	70.2	105.2	189.0	128.7	85.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	87.8	131.6	236.2	160.9	106.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	105.3	157.9	283.5	193.1	127.5

Circulación en tres carriles, uno en contraflujo



R-11A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)														
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	33.4	53.2	16.6	69.7	86.5	95.5	61.1	51.3	
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	44.5	70.9	22.1	92.9	115.3	127.3	81.5	68.4	
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	59.4	94.6	29.5	123.9	153.8	169.8	108.6	91.2	
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	74.2	118.2	36.9	154.9	192.2	212.2	135.8	114.0	
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	89.1	141.9	44.3	185.9	230.7	254.7	162.9	136.8	

Circulación en tres carriles, dos en contraflujo



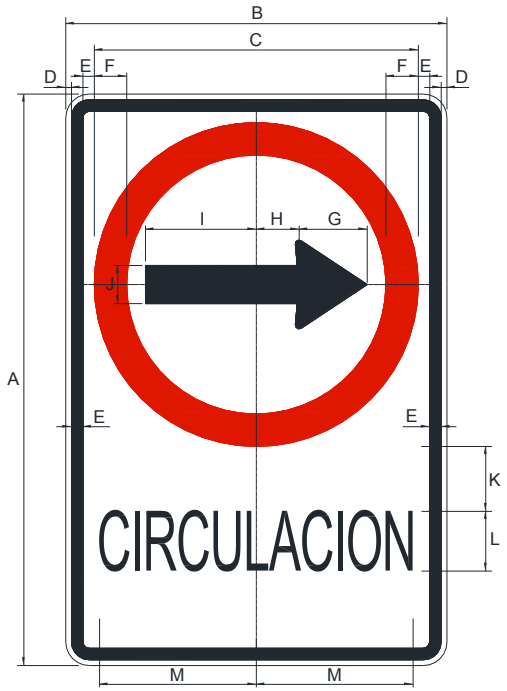
R-11B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)													
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.2	153.0	33.4	53.2	16.6	69.7	86.5	95.5	61.1	51.3
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.1	18.0	50.9	204.0	44.5	70.9	22.1	92.9	115.3	127.3	81.5	68.4
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.1	24.0	67.9	272.0	59.4	94.6	29.5	123.9	153.8	169.8	108.6	91.2
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.1	30.0	84.9	340.0	74.2	118.2	36.9	154.9	192.2	212.2	135.8	114.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.1	36.0	101.9	408.0	89.1	141.9	44.3	185.9	230.7	254.7	162.9	136.8

Prohibido cambiar de carril

R-12	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
675 x 450	Ciclovía	675.0	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	32.9	35.9	27.6	55.7
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	43.9	47.9	36.8	74.3
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	58.5	63.8	49.1	99.0
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	73.1	79.8	61.3	123.8
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	87.7	95.7	73.6	148.5

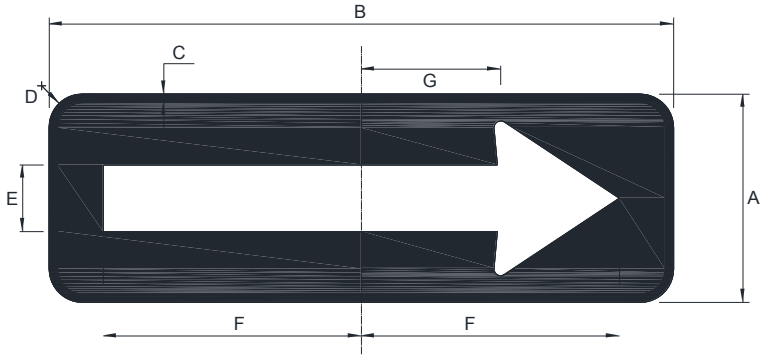
R-12	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
675 x 450	Ciclovía	146.6	56.7	72.4	25.5	85.0	146.6	187.6	62.5	33.4	40.0
900 x 600	50 o menor	195.5	75.6	96.5	34.0	113.3	195.5	250.1	83.3	44.5	53.3
1200 x 800	60 - 70	260.6	100.8	128.7	45.3	151.1	260.6	333.5	111.1	59.4	71.1
1500 x 1000	80 - 90	325.8	126.0	160.9	56.7	188.9	325.8	416.9	138.9	74.2	88.9
1800 x 1200	100 o mayor	390.9	151.2	193.1	68.0	226.7	390.9	500.3	166.7	89.1	106.7

Circulación obligatoria



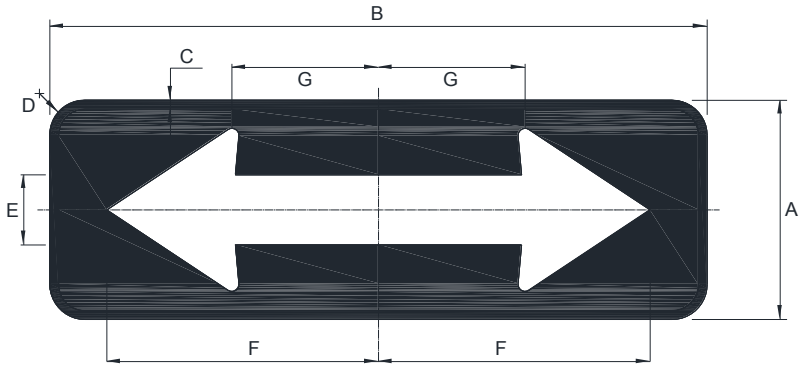
R-14	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
675 x 450	Ciclovía	675.0	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	80.3	50.5	130.9	45.1	76.6	60.0	161.0
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	107.1	67.3	174.5	60.1	102.1	80.0	214.7
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	142.8	89.8	232.7	80.2	136.2	106.7	286.2
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	178.4	112.2	290.9	100.2	170.2	133.3	357.8
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	214.1	134.7	349.1	120.3	204.3	160.0	429.3

Tránsito en un sentido



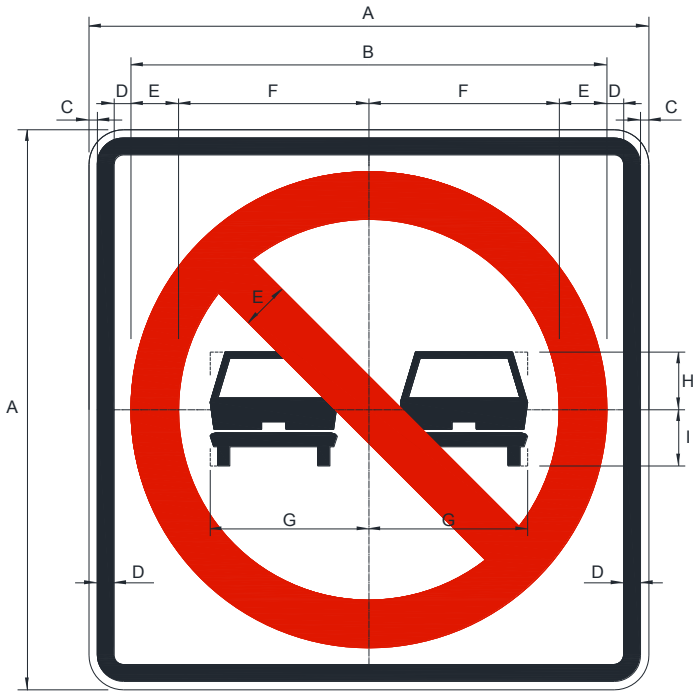
R-14A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
150 x 450	Ciclovía	150.0	450.0	6.0	18.0	48.0	186.0	96.0
200 x 600	50 o menor	200.0	600.0	8.0	24.0	64.0	248.0	128.0
270 x 800	60 - 70	270.0	800.0	10.7	32.0	85.3	330.7	170.7
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO						
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

Tránsito en ambos sentidos



R-14B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
150 x 450	Ciclovía	150.0	450.0	6.0	18.0	48.0	186.0	96.0
200 x 600	50 o menor	200.0	600.0	8.0	24.0	64.0	248.0	128.0
270 x 800	60 - 70	270.0	800.0	10.7	32.0	85.3	330.7	170.7
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO						
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

Prohibido adelantar



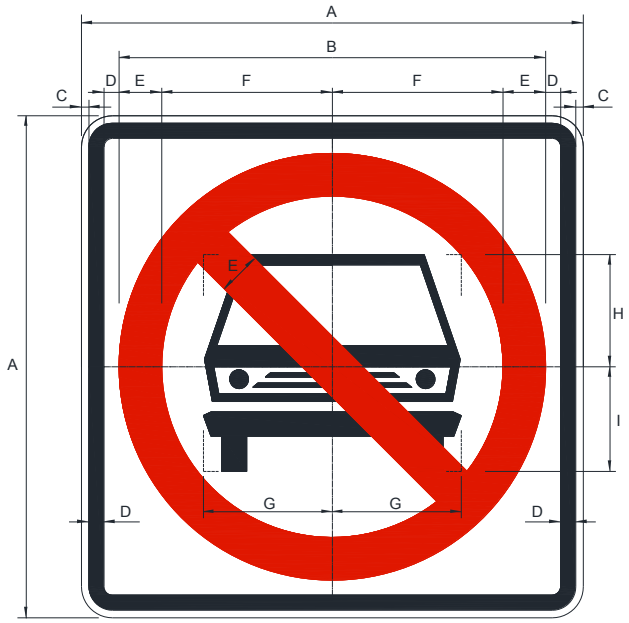
R-16	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO								
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	170.0	61.8	60.1
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	226.7	82.4	80.1
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	283.3	103.0	100.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	340.0	123.6	120.2

Fin de zona de prohibido adelantar

R-16A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	50.0	200.1	70.1	72.3	59.3
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	66.7	266.8	93.5	96.4	79.1
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	83.3	333.5	116.8	120.5	98.8
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	100.0	400.2	140.2	144.6	118.6

R-16A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		K	L	M	N
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
900 x 600	50 o menor	82.6	43.9	214.7	77.2
1200 x 800	60 - 70	110.1	58.5	286.3	102.9
1500 x 1000	80 - 90	137.7	73.2	357.8	128.7
1800 x 1200	100 o mayor	165.2	87.8	429.4	154.4

Prohibido circulación de vehículos automotores



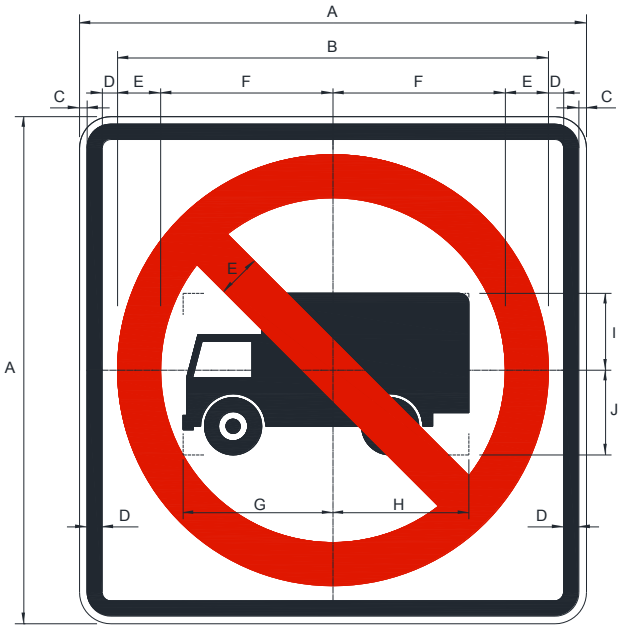
R-17	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	115.6	100.5	93.7
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	154.1	134.0	124.9
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	205.5	178.7	166.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	256.9	223.3	208.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	308.3	268.0	249.9

Vehículos pesados a la derecha

R-18	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO								
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	186.3	180.1	106.6
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	248.4	240.1	142.1
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	310.5	300.2	177.7
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	372.6	360.2	213.2

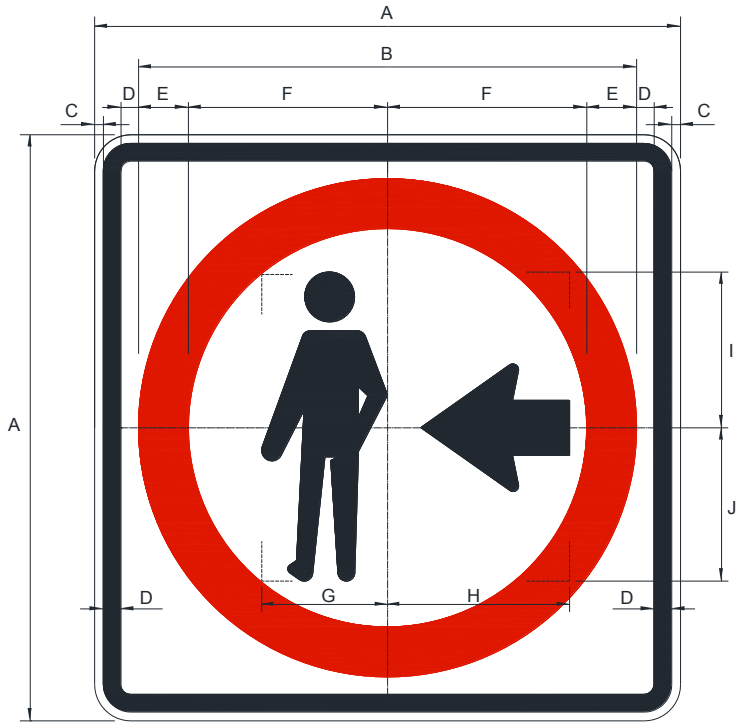
R-18	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		K	L	M	N
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
900 x 600	50 o menor	250.1	83.3	44.5	53.4
1200 x 800	60 - 70	333.5	111.1	59.3	71.2
1500 x 1000	80 - 90	416.8	138.8	74.2	89.0
1800 x 1200	100 o mayor	500.2	166.6	89.0	106.8

Prohibido circulación de vehículos de carga



R-19	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	95.5	120.6	68.2	75.2
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	127.3	160.8	90.9	100.3
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	169.8	214.4	121.2	133.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	212.2	268.0	151.6	167.1
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	254.7	321.6	181.9	200.5

Peatones deben circular por la izquierda

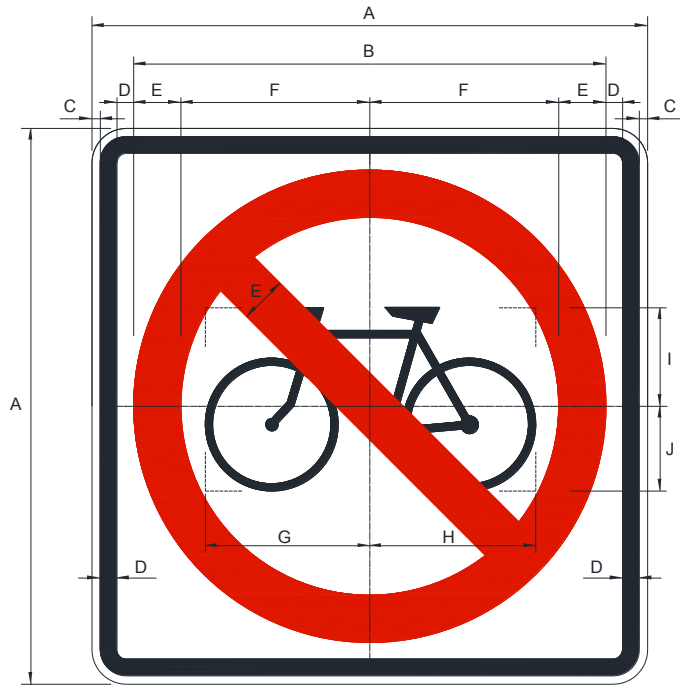


R-20	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	96.6	139.8	119.5	117.7
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	128.8	186.4	159.3	156.9
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	171.7	248.5	212.4	209.2
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	214.7	310.7	265.6	261.6
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	257.6	372.8	318.7	313.9

Prohibido el paso y/o la circulación de peatones

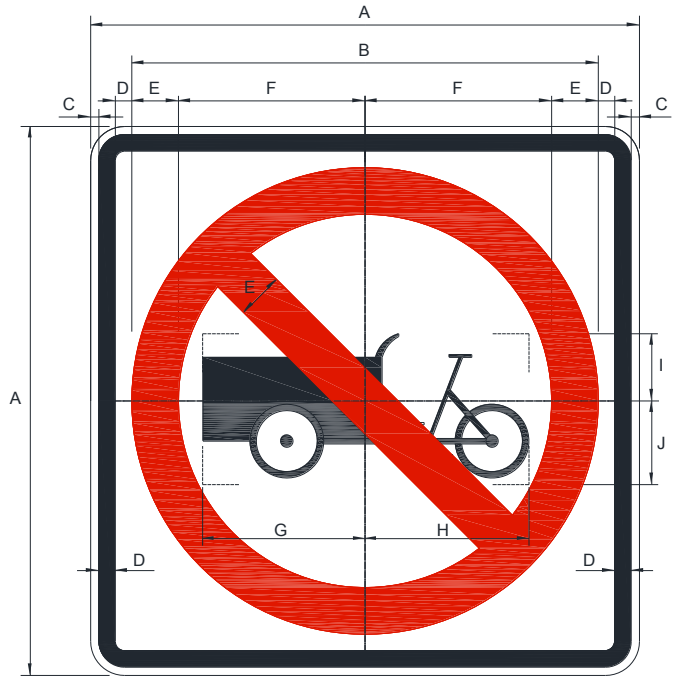
R-21	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	94.3	60.7	127.6	93.4
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	125.7	80.9	170.1	124.5
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	167.6	107.9	226.8	166.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	209.6	134.9	283.6	207.6
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	251.5	161.9	340.3	249.1

Prohibido circulación de bicicletas y motociclos



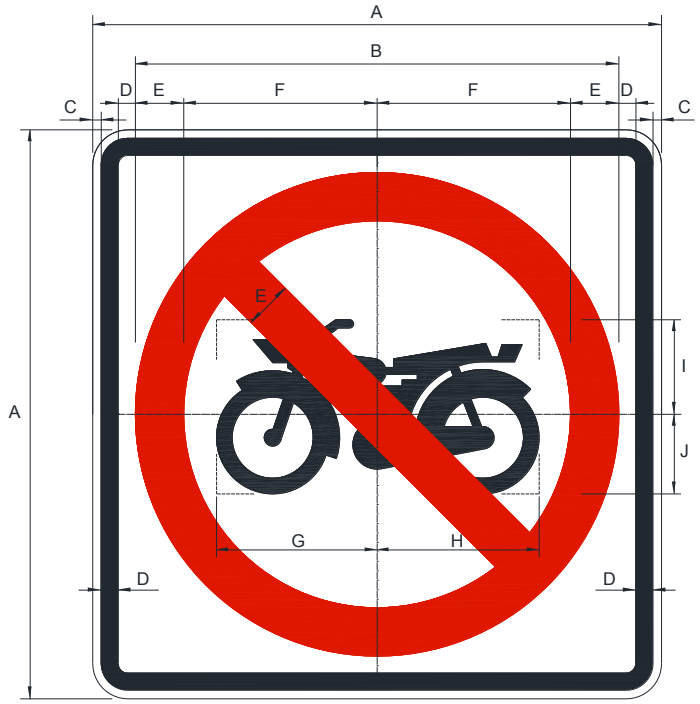
R-22	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	133.2	134.4	79.7	68.5
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	177.6	179.2	106.3	91.3
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	236.8	238.9	141.7	121.8
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	296.0	298.7	177.1	152.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	355.2	358.4	212.5	182.7

Prohibido circulación de triciclos



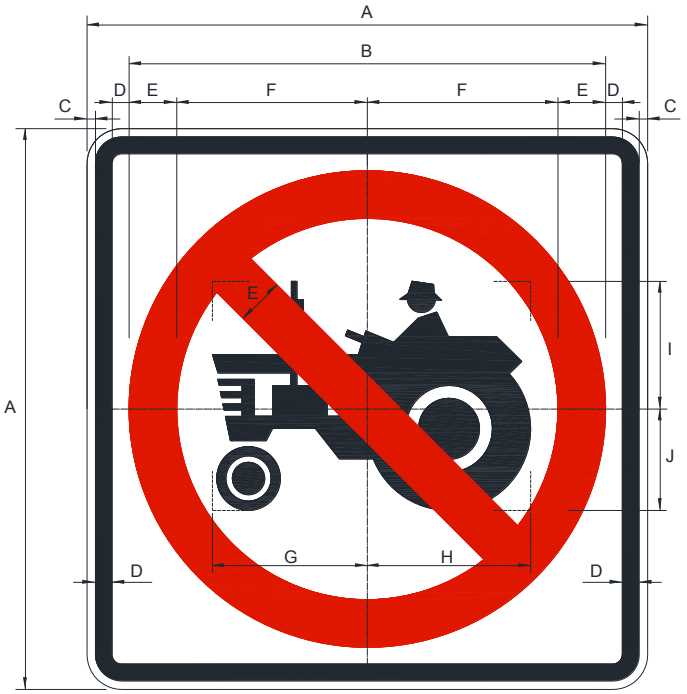
R-22A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	133.2	134.4	59.8	68.5
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	177.6	179.2	79.7	91.3
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	236.8	238.9	106.3	121.8
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	296.0	298.7	132.8	152.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	355.2	358.4	159.4	182.7

Prohibido circulación de motocicletas



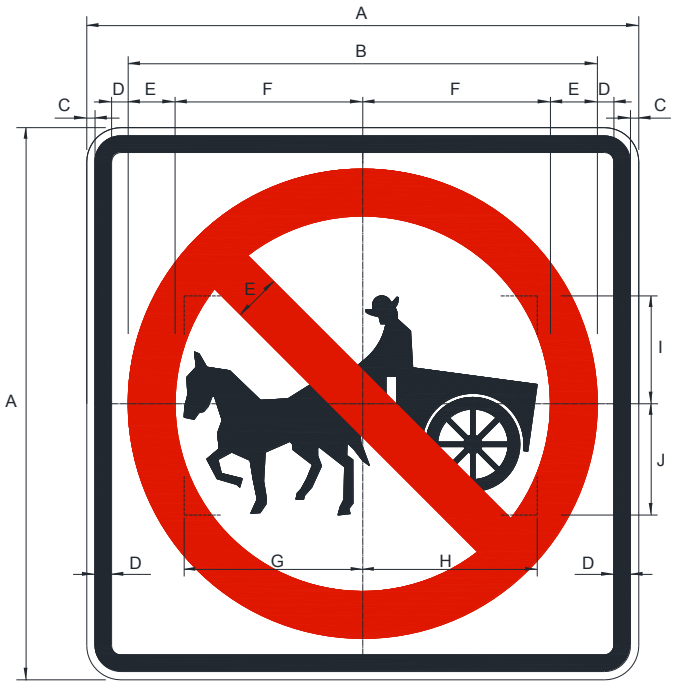
R-23	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	79.3	80.2	46.7	40.8
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	105.7	106.9	62.3	54.4
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	141.0	142.6	83.0	72.5
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	176.2	178.2	103.8	90.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	211.5	213.9	124.5	108.8

Prohibido circulación de maquinaria agrícola



R-24	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	124.3	131.0	102.4	81.3
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	165.8	174.7	136.6	108.4
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	221.1	233.0	182.2	144.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	276.4	291.3	227.7	180.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	331.7	349.6	273.2	216.9

Prohibido circulación de vehículos de tracción animal



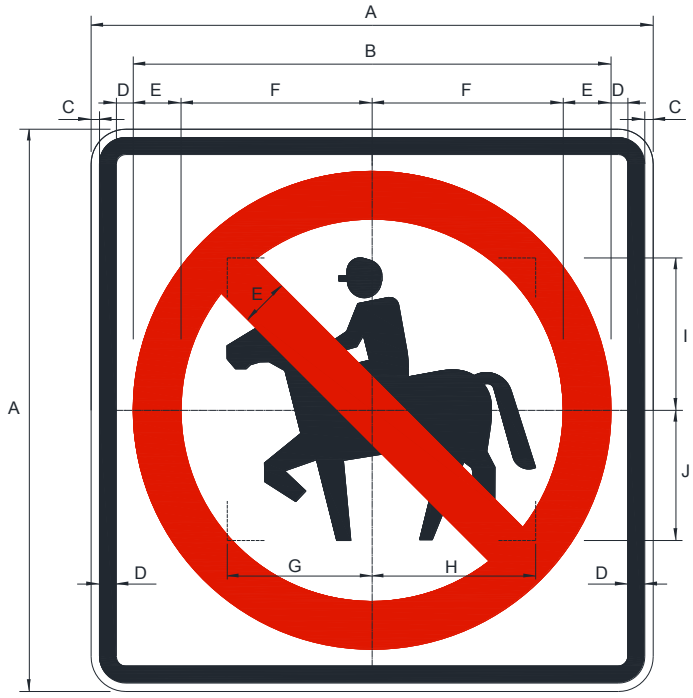
R-25	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.2	153.0	109.2	106.6	65.9	68.0
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	50.9	204.0	145.6	142.1	87.9	90.7
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	67.9	272.0	194.1	189.5	117.2	120.9
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	84.9	340.0	242.7	236.9	146.4	151.1
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	101.9	408.0	291.2	284.3	175.7	181.3

Prohibido circulación de carretillas manuales

R-25A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	135.3	125.4	73.0	66.2
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	180.4	167.2	97.3	88.3
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	240.5	222.9	129.8	117.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	300.7	278.7	162.2	147.1
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	360.8	334.4	194.7	176.5

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | R-25B

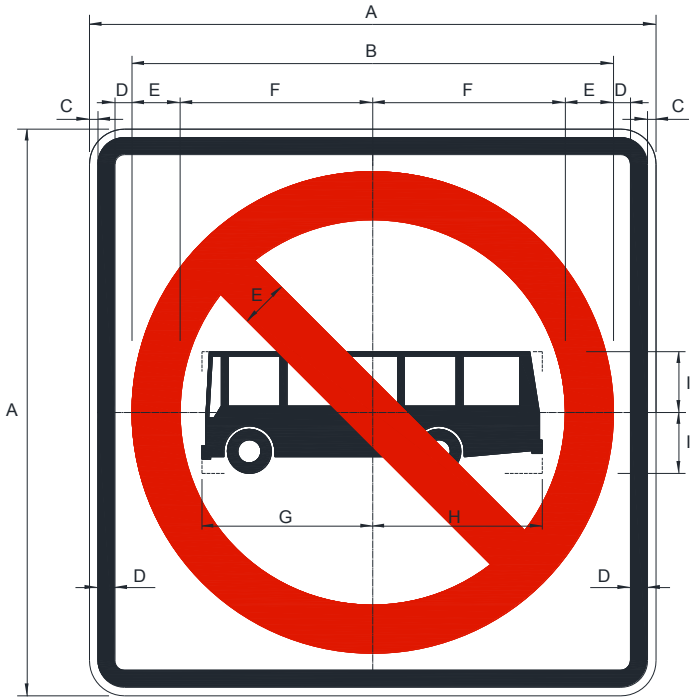
Prohibido circulación ecuestre



R-25B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	115.9	130.9	121.9	104.1
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	154.5	174.5	162.5	138.8
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	206.0	232.7	216.7	185.1
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	257.6	290.9	270.9	231.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	309.1	349.1	325.1	277.6

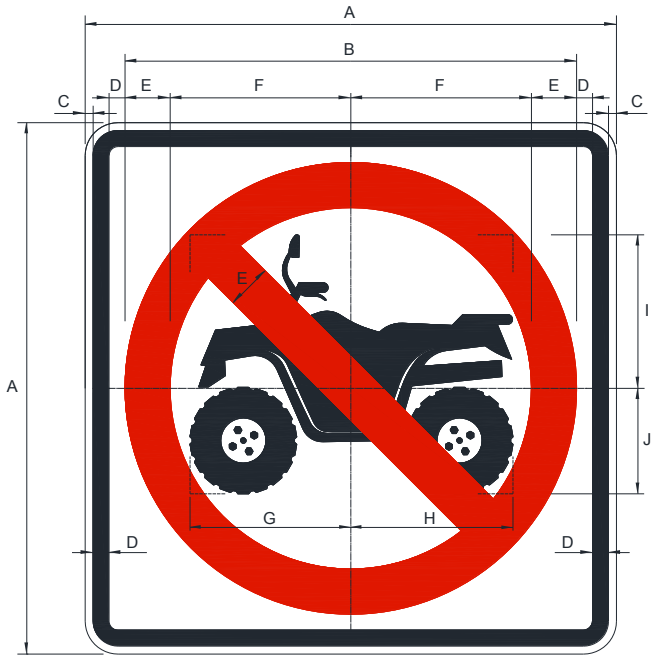
PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | R-25C

Prohibido circulación de buses



R-25C	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	135.6	97.1	48.4
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	180.8	129.5	64.5
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	241.1	172.6	86.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	301.3	215.8	107.6
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	361.6	258.9	129.1

Prohibido circulación de cuatrimotos



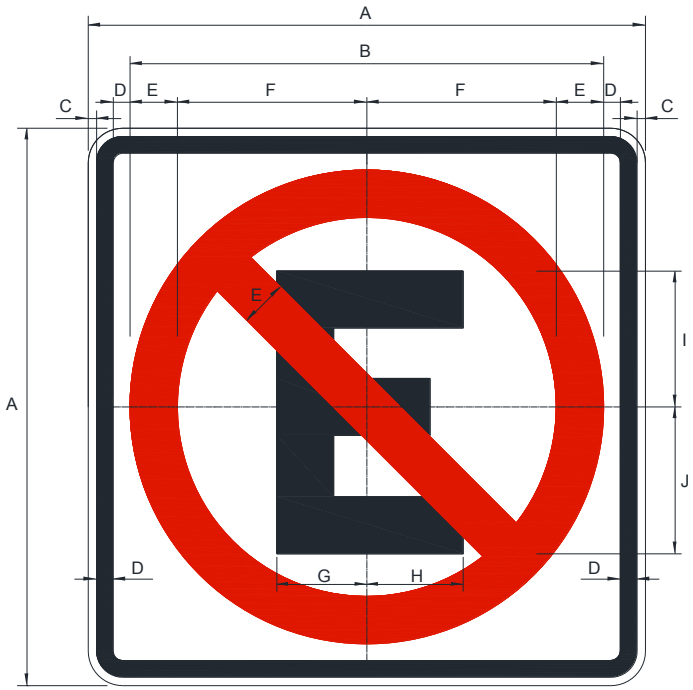
R-25D	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	136.1	137.3	130.0	89.2
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	181.5	183.1	173.3	118.9
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	242.0	244.1	231.1	158.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	302.4	305.1	288.9	198.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	362.9	366.1	346.7	237.9

Permitido estacionar

R-26	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	95.0	101.7	143.3	155.0
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	126.7	135.6	191.1	206.7
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	158.3	169.5	238.8	258.3
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

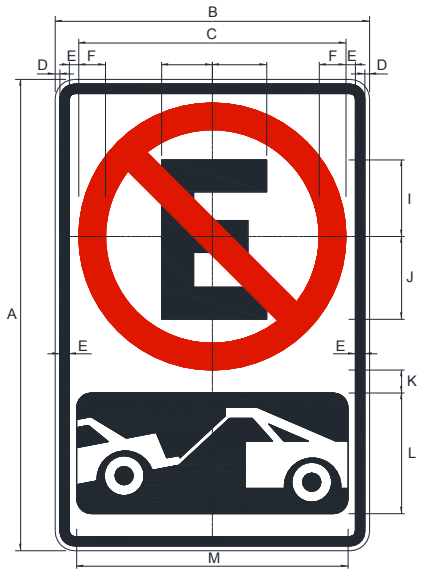
R-26	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		K	L	M	N
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
900 x 600	50 o menor	30.0	50.0	75.0	236.8
1200 x 800	60 - 70	40.0	66.7	100.0	315.7
1500 x 1000	80 - 90	50.0	83.3	125.0	394.7
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO			

Prohibido estacionar



R-27	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	50.9	204.0	96.8	103.6	146.1	158.0
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	67.9	272.0	129.1	138.1	194.8	210.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	84.9	340.0	161.3	172.7	243.5	263.3
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

Prohibido estacionar zona de remolque



R-27A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	500.0	14.0	18.0	51.0	95.0	101.7	143.3	155.0
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	666.7	18.7	24.0	68.0	126.7	135.6	191.1	206.7
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	833.3	23.3	30.0	85.0	158.3	169.5	238.8	258.3
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

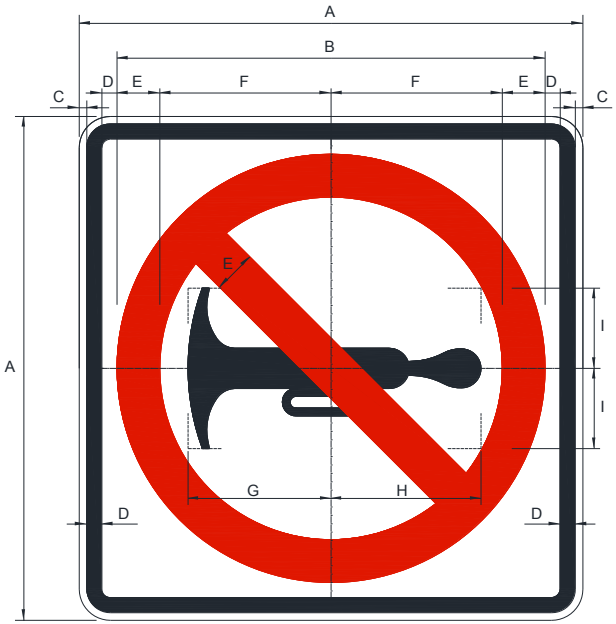
R-27A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		K	L	M
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO		
900 x 600	50 o menor	40.0	240.0	520.0
1200 x 800	60 - 70	53.3	320.0	693.3
1500 x 1000	80 - 90	66.7	400.0	866.7
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO		

Prohibido detenerse

R-28	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	500.0	14.0	18.0	51.0	95.0	101.7	143.3	155.0
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	666.7	18.7	24.0	68.0	126.7	135.6	191.1	206.7
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	833.3	23.3	30.0	85.0	158.3	169.5	238.8	258.3
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

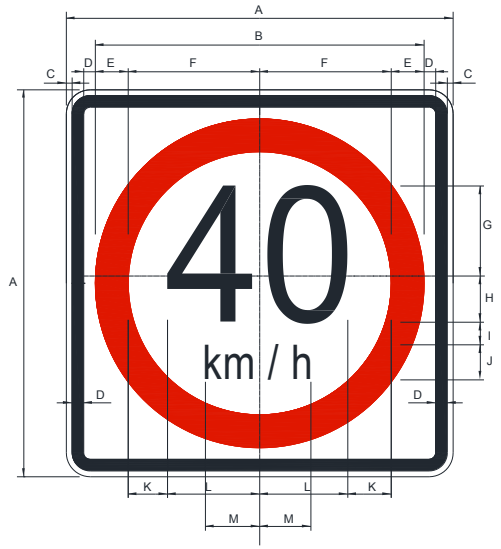
R-28	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		K	L	M	N	O	P
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO					
900 x 600	50 o menor	48.0	100.0	50.0	75.0	94.9	241.1
1200 x 800	60 - 70	64.0	133.3	66.7	100.0	126.5	321.5
1500 x 1000	80 - 90	80.0	166.7	83.3	125.0	158.2	401.8
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO					

Prohibido el uso de la bocina



R-29	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	127.8	133.9	71.6
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	170.4	178.5	95.5
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	227.2	238.0	127.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	284.0	297.6	159.1
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

Velocidad máxima permitida 40 km/h

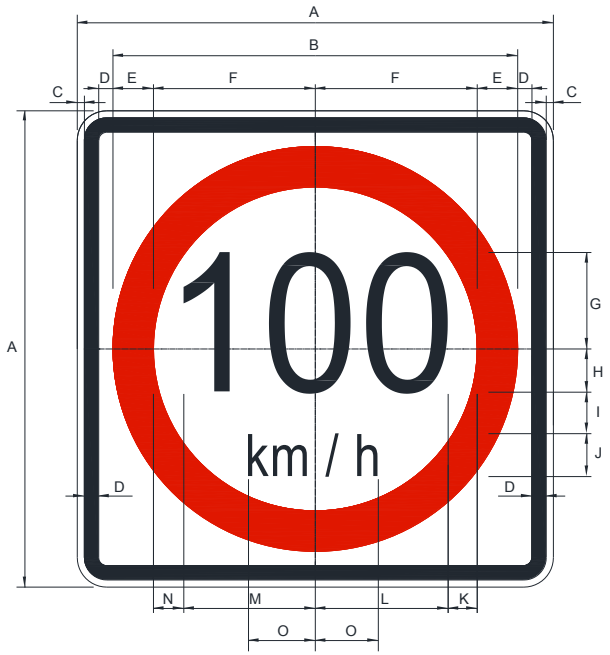


R-30(1)	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO								
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	120.0	60.0	40.0
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	160.0	80.0	53.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	200.0	100.0	66.7
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

R-30(1)	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		J	K	L	M
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
600 x 600	50 o menor	52.0	42.5	161.5	74.0
800 x 800	60 - 70	69.3	56.7	215.3	98.7
1000 x 1000	80 - 90	86.7	70.8	269.2	123.3
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO			

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | R-30

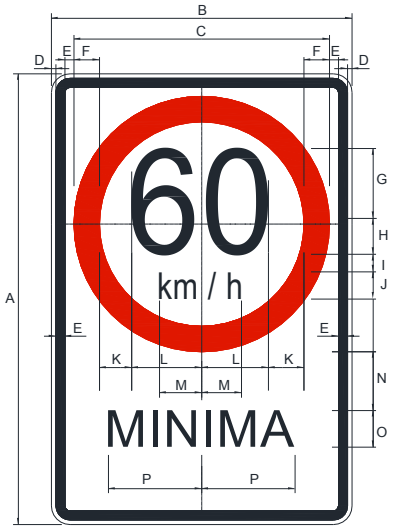
Velocidad máxima permitida 100 km/h



R-30(2)	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1200 X 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	240.0	120.0	80.0	104.0

R-30(2)	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		K	L	M	N	O
1200 X 1200	100 o mayor	45.0	363.0	328.0	80.0	148.0

Velocidad mínima permitida
60 km/h



R-30B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO										
600 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	120.0	60.0	40.0	52.0	42.5
800 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	160.0	80.0	53.3	69.3	56.7
1000 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	200.0	100.0	66.7	86.7	70.8
	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	240.0	120.0	80.0	104.0	85.0

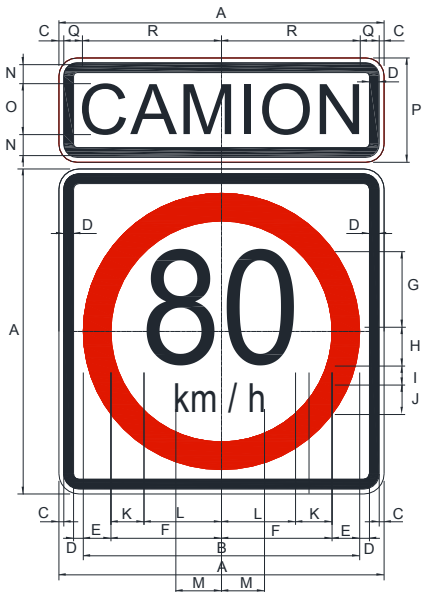
R-30B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		L	M	N	O	P
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO				
600 x 600	50 o menor	161.5	74.0	117.3	83.3	185.1
800 x 800	60 - 70	215.3	98.7	156.4	111.1	246.8
1000 x 1000	80 - 90	269.2	123.3	195.5	138.8	308.5
	100 o mayor	323.0	148.0	234.6	166.6	370.2

Velocidad máxima permitida de salida
50 km/h

R-30C	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO										
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	120.0	60.0	40.0	52.0	42.5
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	160.0	80.0	53.3	69.3	56.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	200.0	100.0	66.7	86.7	70.8
	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	240.0	120.0	80.0	104.0	85.0

R-30C	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		L	M	N	O	P	Q	R	S
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO							
600 x 600	50 o menor	161.5	74.0	27.7	112.3	192.6	12.7	28.9	258.4
800 x 800	60 - 70	215.3	98.7	36.9	149.7	256.8	16.9	38.5	344.5
1000 x 1000	80 - 90	269.2	123.3	46.2	187.2	321.0	21.2	48.2	430.7
	100 o mayor	323.0	148.0	55.4	224.6	385.2	25.4	57.8	516.8

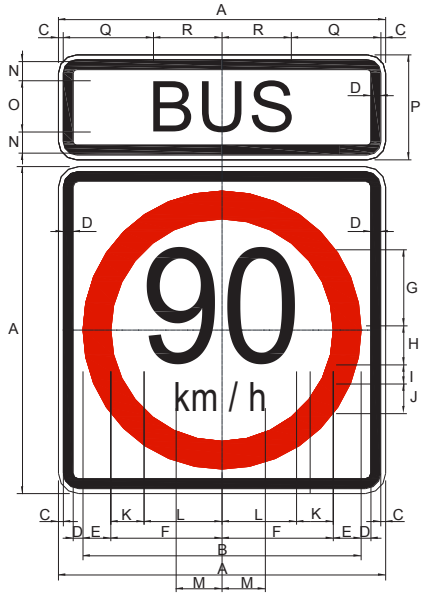
Velocidad máxima permitida para camión
80 km/h



R-30D	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO										
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	120.0	60.0	40.0	52.0	42.5
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	160.0	80.0	53.3	69.3	56.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	200.0	100.0	66.7	86.7	70.8
	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	240.0	120.0	80.0	104.0	85.0

R-30D	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)							
		L	M	N	O	P	Q	R	S
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO							
600 x 600	50 o menor	161.5	74.0	27.7	112.3	192.6	12.7	28.9	258.4
800 x 800	60 - 70	215.3	98.7	36.9	149.7	256.8	16.9	38.5	344.5
1000 x 1000	80 - 90	269.2	123.3	46.2	187.2	321.0	21.2	48.2	430.7
	100 o mayor	323.0	148.0	55.4	224.6	385.2	25.4	57.8	516.8

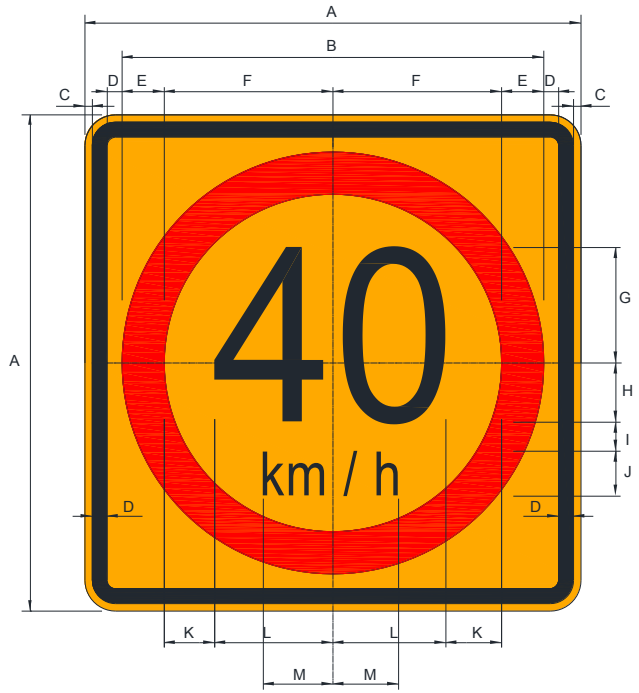
Velocidad máxima permitida para bus
90 km/h



R-30E	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO										
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	120.0	60.0	40.0	52.0	42.5
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	160.0	80.0	53.3	69.3	56.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	200.0	100.0	66.7	86.7	70.8
	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	240.0	120.0	80.0	104.0	85.0

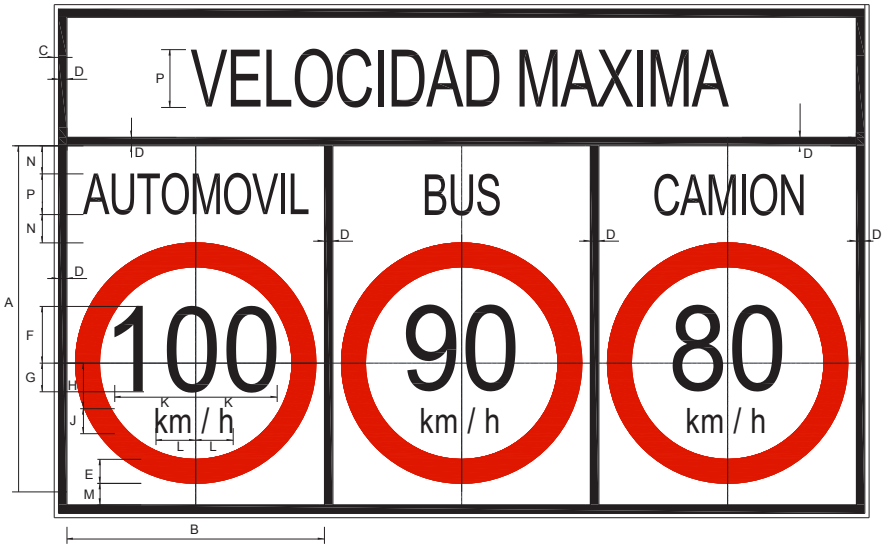
R-30E	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)							
		L	M	N	O	P	Q	R	S
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO							
600 x 600	50 o menor	161.5	74.0	27.7	112.3	192.6	12.7	98.4	160.0
800 x 800	60 - 70	215.3	98.7	36.9	149.7	256.8	16.9	131.2	213.3
1000 x 1000	80 - 90	269.2	123.3	46.2	187.2	321.0	21.2	164.0	266.7
	100 o mayor	323.0	148.0	55.4	224.6	385.2	25.4	196.8	320.0

Velocidad máxima permitida en curva 40 km/h



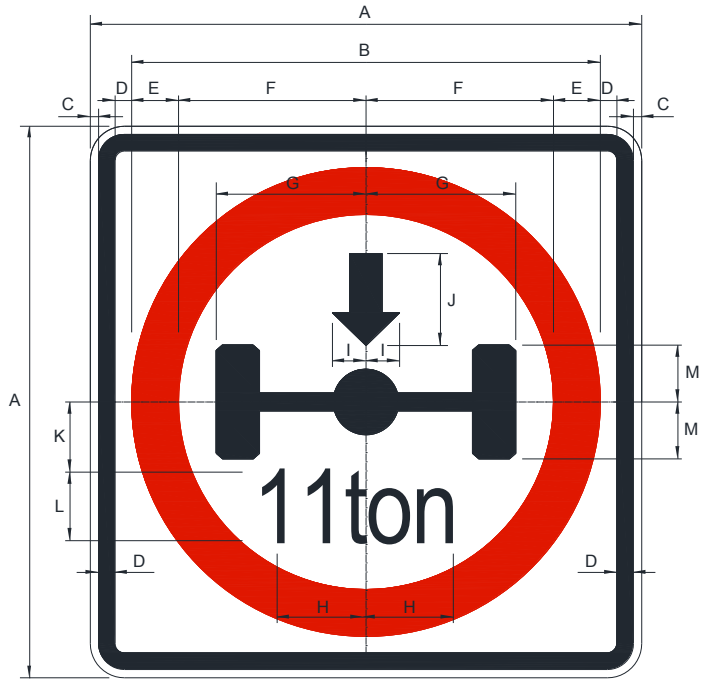
R-30F	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO												
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	120.0	60.0	40.0	52.0	42.5	161.5	74.0
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	160.0	80.0	53.3	69.3	56.7	215.3	98.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	200.0	100.0	66.7	86.7	70.8	269.2	123.3
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO												

Velocidad máxima según tipo de vehículo



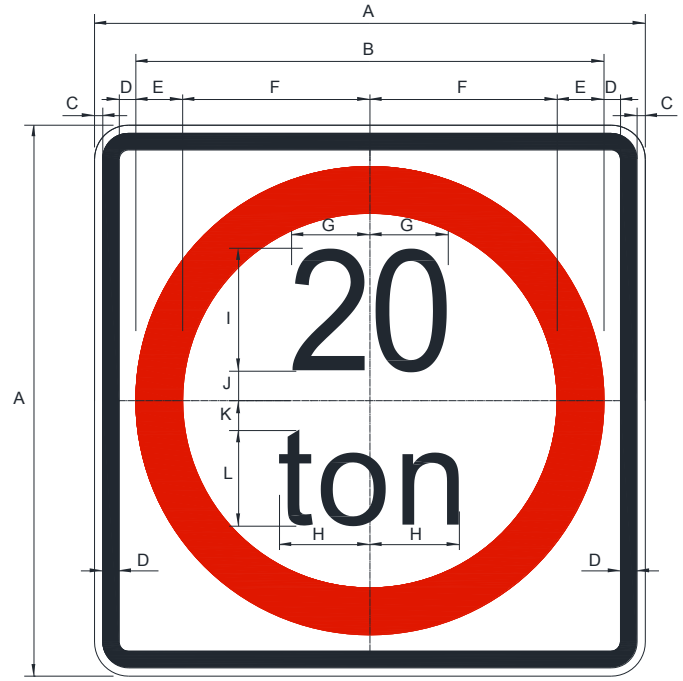
R-30G	DIMENSIONES (milímetros)													
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P
CARRETERA	798.0	540.0	10.0	20.0	50.0	115.0	60.0	96.0	50.0	158.3	71.7	48.0	50.0	150.0
AUTOPISTA	1068.0	720.0	13.3	26.7	66.7	153.3	96.7	142.0	66.7	211.1	93.2	68.0	66.7	200.0

Peso máximo permitido por eje



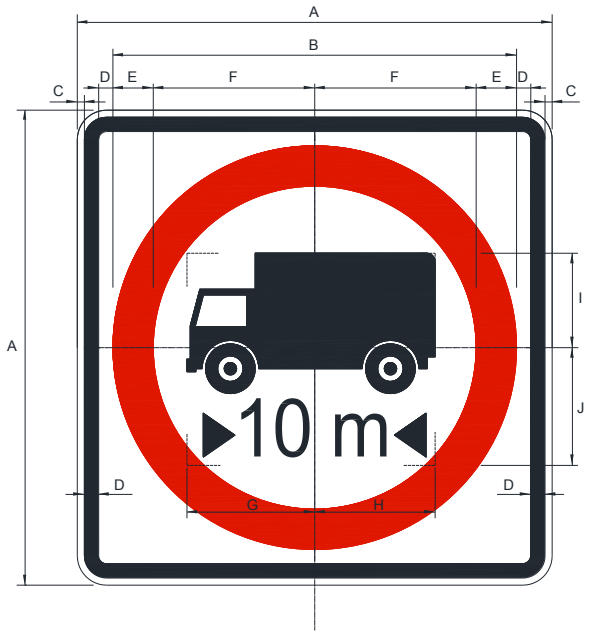
R-31	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO												
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	163.0	129.8	36.5	100.0	76.3	76.6	61.9
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	217.3	173.1	48.7	133.3	101.7	102.1	82.5
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	271.7	216.3	60.8	166.7	127.2	127.7	103.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	326.0	259.6	73.0	200.0	152.6	153.2	123.8

Peso máximo bruto permitido por vehículo



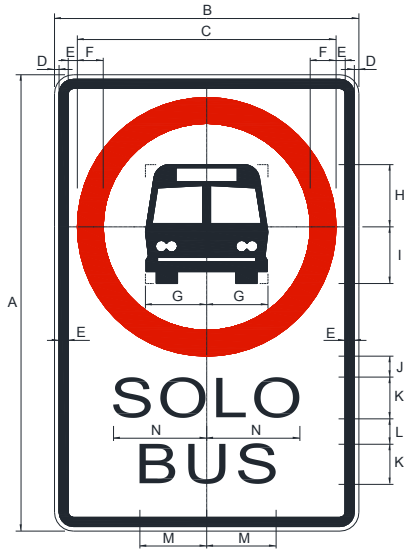
R-32	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO											
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	85.3	106.3	126.7	26.5	17.2	100.3
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	113.7	141.7	168.9	35.3	22.9	133.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	142.2	177.2	211.2	44.2	28.7	167.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	170.6	212.6	253.4	53.0	34.4	200.6

Largo máximo permitido



R-33	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	161.4	152.2	119.2	148.7
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	215.2	202.9	158.9	198.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	269.0	253.7	198.7	247.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	322.8	304.4	238.4	297.4

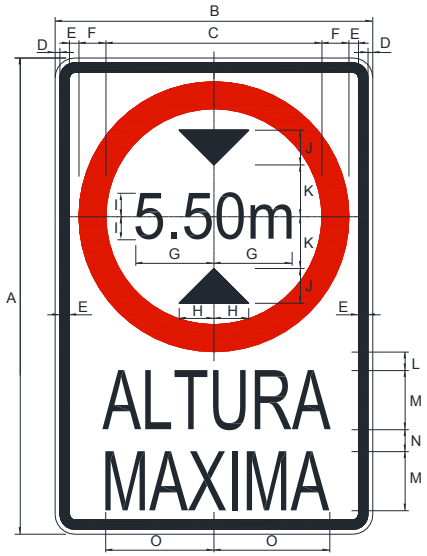
Circulación solo de buses



R-34	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	120.7	122.7	111.7	41.3
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	160.9	163.6	148.9	55.1
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	201.2	204.5	186.2	68.8
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	241.4	245.4	223.4	82.6

R-34	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		K	L	M	N
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
900 x 600	50 o menor	93.7	50.0	138.1	183.7
1200 x 800	60 - 70	124.9	66.7	184.1	244.9
1500 x 1000	80 - 90	156.2	83.3	230.2	306.2
1800 x 1200	100 o mayor	187.4	100.0	276.2	367.4

Altura máxima permitida



R-35	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	147.3	65.6	66.2	65.6
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	196.4	87.5	88.3	87.5
1500 x 1000	50 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	245.5	109.3	110.3	109.3
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	294.6	131.2	132.4	131.2

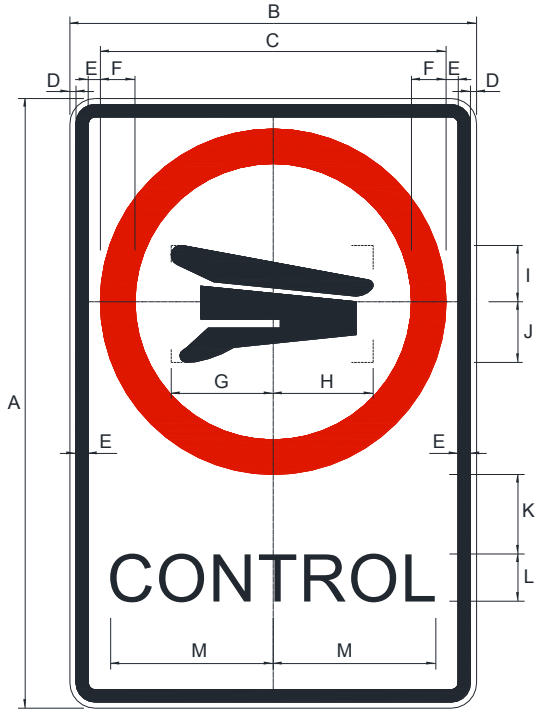
R-35	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		K	L	M	N	O
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO				
900 x 600	50 o menor	97.9	41.3	93.7	50.0	198.5
1200 x 800	60 - 70	130.5	55.1	124.9	66.7	264.7
1500 x 1000	50 - 90	163.2	68.8	156.2	83.3	330.8
1800 x 1200	100 o mayor	195.8	82.6	187.4	100.0	397.0

Ancho máximo permitido

R-36	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO										
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	60.6	95.0	60.6	47.3	91.0
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	80.8	126.7	80.8	63.1	121.3
1500 x 1000	50 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	101.0	158.3	101.0	78.8	151.7
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	121.2	190.0	121.2	94.6	182.0

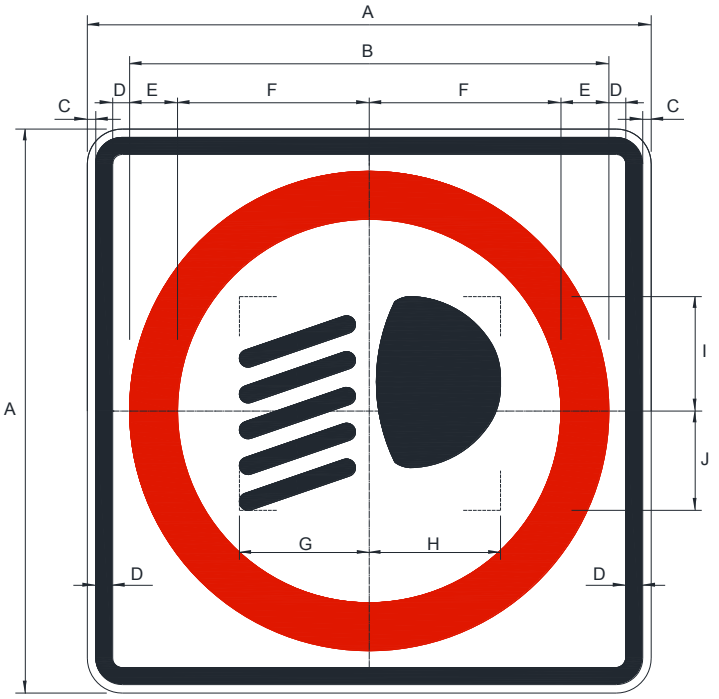
R-36	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		L	M	N	O	P	Q	R
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO						
900 x 600	50 o menor	60.6	65.0	198.5	178.0	41.3	93.7	50.0
1200 x 800	60 - 70	80.8	86.7	264.7	237.3	55.1	124.9	66.7
1500 x 1000	50 - 90	101.0	108.3	330.8	296.7	68.8	156.2	83.3
1800 x 1200	100 o mayor	121.2	130.0	397.0	356.0	82.6	187.4	100.0

Control



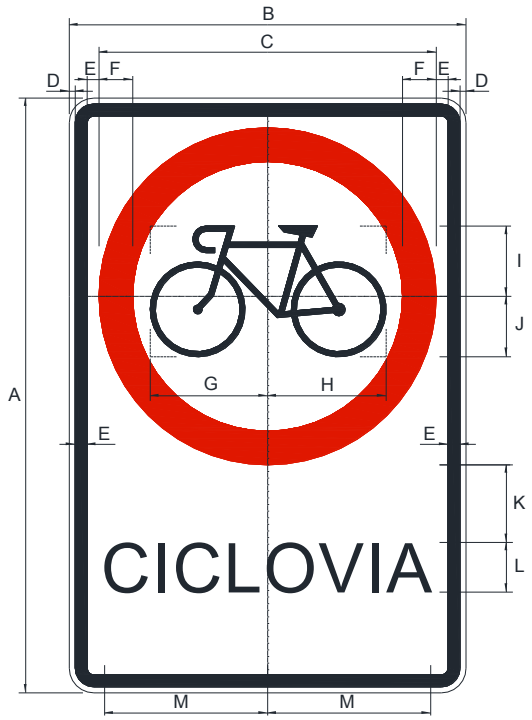
R-37	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO												
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	150.5	147.5	83.1	89.5	117.3	83.3	239.9
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	200.7	196.7	110.8	119.3	156.4	111.1	319.9
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	250.8	245.8	138.5	149.2	195.5	138.8	399.8
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	301.0	295.0	166.2	179.0	234.6	166.6	479.8

Circulación con luces bajas



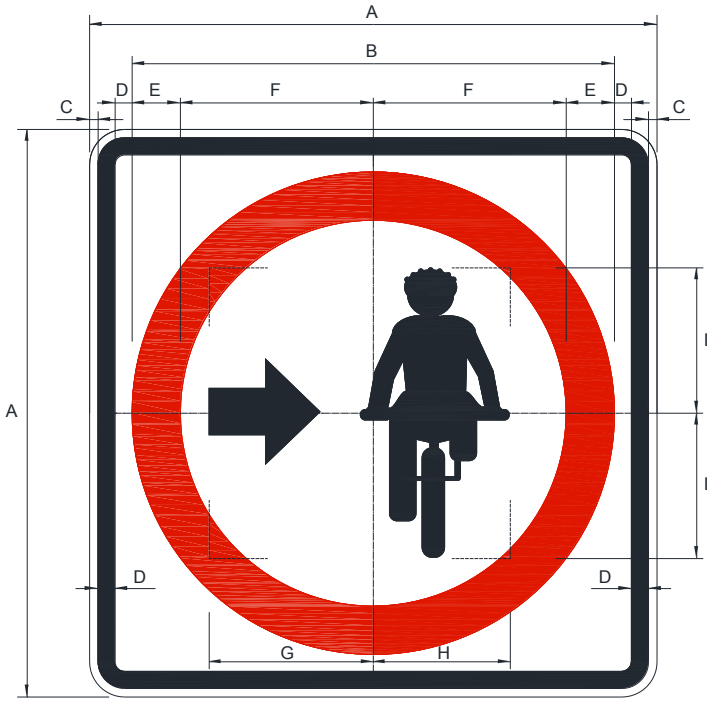
R-40	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	138.1	139.6	121.7	105.6
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	184.1	186.1	162.3	140.8
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	230.2	232.7	202.8	176.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	276.2	279.2	243.4	211.2

Ciclovía



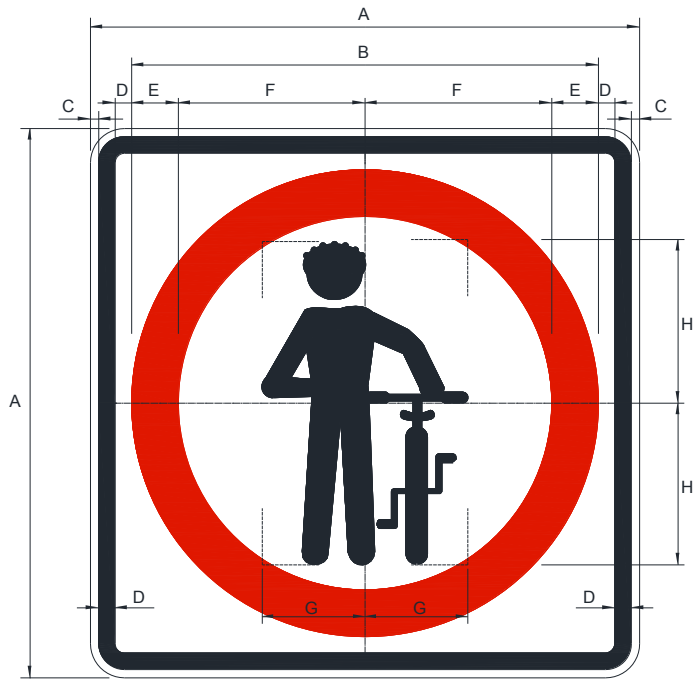
R-42	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
675 x 450	Ciclovía	675.0	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	133.2	134.4	79.7	68.6	88.0	62.5	184.9
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	177.6	179.2	106.3	91.5	117.3	83.3	246.5
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	236.8	238.9	141.7	122.0	156.4	111.1	328.7
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	296.0	298.7	177.1	152.4	195.6	138.9	410.9
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO												

Ciclovía “conserve la derecha”



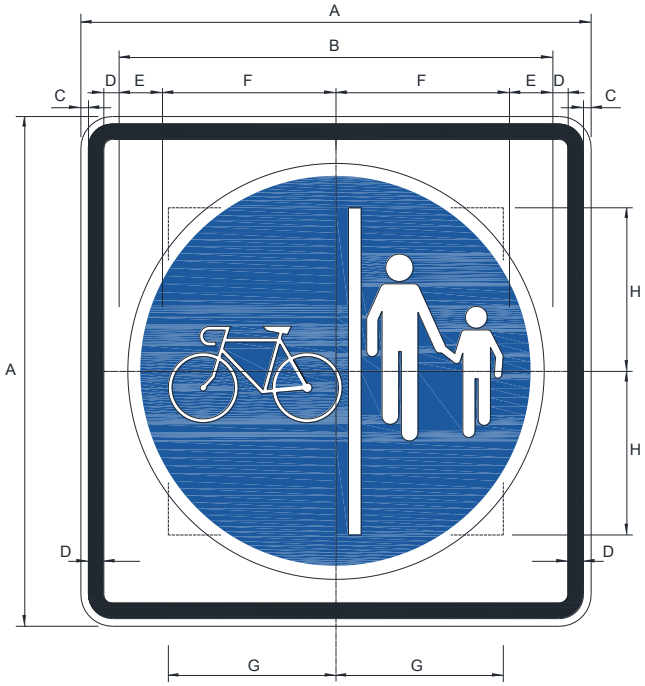
R-42A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	123.3	116.4	112.7
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	164.4	155.2	150.2
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	219.2	206.9	200.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	274.0	258.7	250.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	328.8	310.4	300.4

Ciclovía “obligatorio descender de la bicicleta”



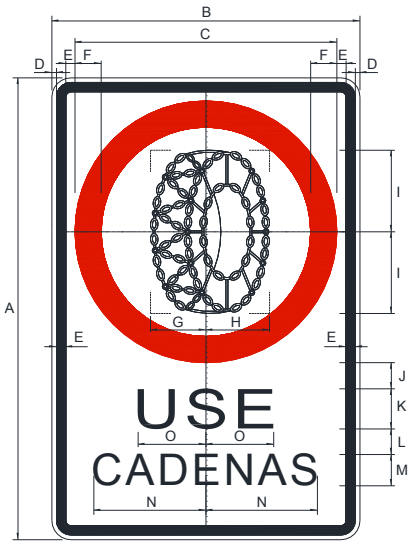
R-42B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	97.5	116.4
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	130.0	155.2
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	173.3	206.9
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	216.7	258.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	260.0	310.4

Ciclovía “circulación no compartida bicicleta – peatón”



R-42C	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
450 x 450	Ciclovía	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	153.0	136.7	118.7
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	182.2	158.2
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	242.9	210.9
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	303.7	263.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	364.4	316.4

Uso obligatorio de cadenas



R-43	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	107.9	123.9	158.9	51.0
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	143.9	165.2	211.9	68.0
1500 x 1000	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO									
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

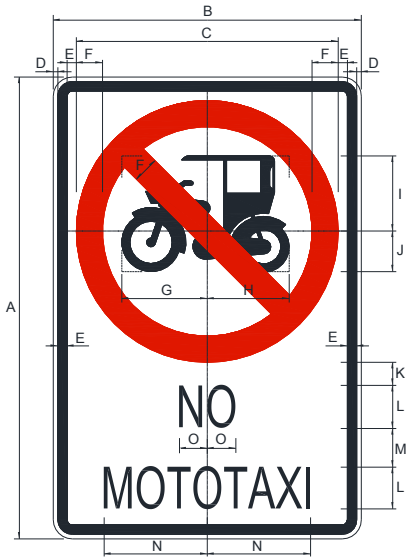
R-43	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		K	L	M	N	O
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO				
900 x 600	50 o menor	93.7	50.0	75.0	231.7	135.3
1200 x 800	60 - 70	124.9	66.7	100.0	308.9	180.4
1500 x 1000	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO				
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO				

Paradero prohibido

R-44	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	107.9	123.9	158.9	51.0
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	143.9	165.2	211.9	68.0
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	179.8	206.5	264.8	85.0
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	215.8	247.8	317.8	102.0

R-44	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		K	L	M	N
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
900 x 600	50 o menor	93.7	50.0	75.0	231.7
1200 x 800	60 - 70	124.9	66.7	100.0	308.9
1500 x 1000	80 - 90	156.2	83.3	125.0	386.2
1800 x 1200	100 o mayor	187.4	100.0	150.0	463.4

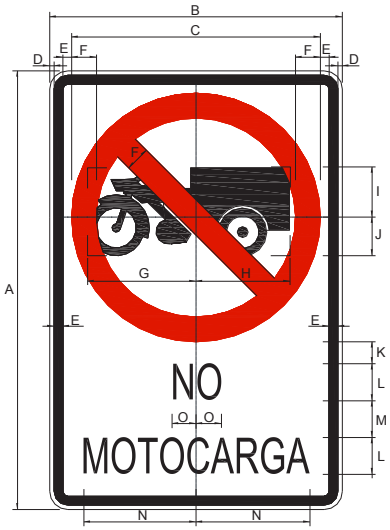
Prohibido circulación de mototaxis



R-45	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
675 x 450	Ciclovía	675.0	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	124.9	119.6	109.7	59.4
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	166.5	159.5	146.3	79.2
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	222.0	212.6	195.0	105.6
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	277.6	265.8	243.8	132.0
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	333.1	318.9	292.5	158.4

R-45	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		K	L	M	N	O
675 x 450	Ciclovía	33.7	70.3	36.5	148.9	55.9
900 x 600	50 o menor	44.9	93.7	48.7	198.5	74.5
1200 x 800	60 - 70	59.9	125.0	64.9	264.7	99.4
1500 x 1000	80 - 90	74.9	156.2	81.1	330.9	124.2
1800 x 1200	100 o mayor	89.9	187.5	97.3	397.1	149.1

Prohibido circulación de motocarga



R-45A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
675 x 450	Ciclovía	675.0	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	166.7	144.5	77.2	59.4
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	222.3	192.6	102.9	79.2
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	296.4	256.8	137.2	105.6
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	370.5	321.1	171.4	132.0
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	444.6	385.3	205.7	158.4

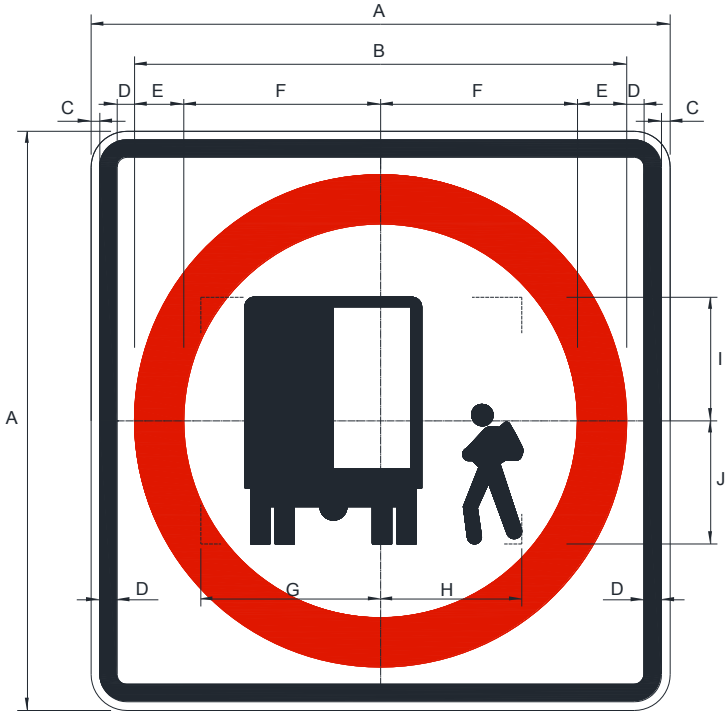
R-45A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		K	L	M	N	O
675 x 450	Ciclovía	33.7	63.5	36.5	173.0	52.4
900 x 600	50 o menor	44.9	84.7	48.7	230.6	69.8
1200 x 800	60 - 70	59.9	113.0	64.9	307.5	93.1
1500 x 1000	80 - 90	74.9	141.2	81.1	384.4	116.3
1800 x 1200	100 o mayor	89.9	169.5	97.3	461.3	139.6

Paradero

R-47	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	184.4	167.9	118.6	173.8
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	245.9	223.9	158.1	231.7
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	307.3	279.8	197.7	289.7
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	368.8	335.8	237.2	347.6

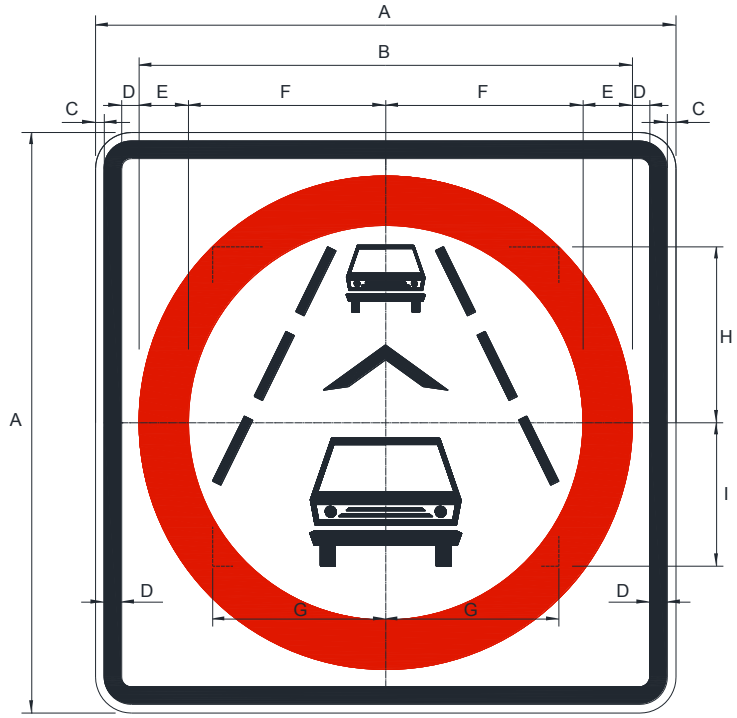
R-47	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		K	L	M
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO		
900 x 600	50 o menor	148.9	70.3	40.0
1200 x 800	60 - 70	198.5	93.7	53.3
1500 x 1000	80 - 90	248.2	117.2	66.7
1800 x 1200	100 o mayor	297.8	140.6	80.0

Zona de carga y descarga



R-48	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	186.4	146.2	128.0	127.6
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	248.5	194.9	170.7	170.1
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	310.7	243.7	213.3	212.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	372.8	292.4	256.0	255.2

Mantener distancia de seguridad



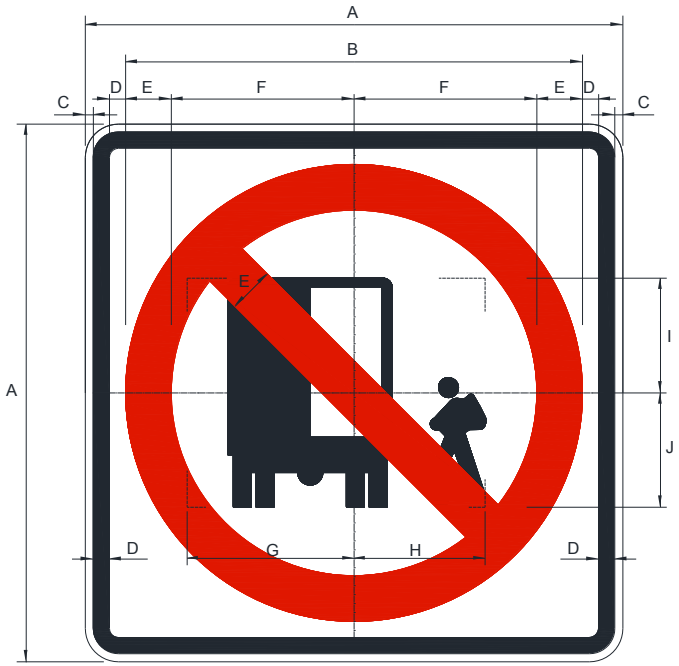
R-49	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO								
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	178.9	181.8	148.2
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	238.5	242.4	197.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	298.2	303.0	247.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	357.8	363.6	296.4

Preferencia al sentido contrario

R-50	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
675 x 450	Ciclovía	675.0	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	52.5	66.5	39.4	111.0
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	70.0	88.7	52.5	148.0
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	93.3	118.2	70.0	197.3
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	116.7	147.8	87.6	246.7
1800 x 1200	100 o mayor	1800.0	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	140.0	177.3	105.1	296.0

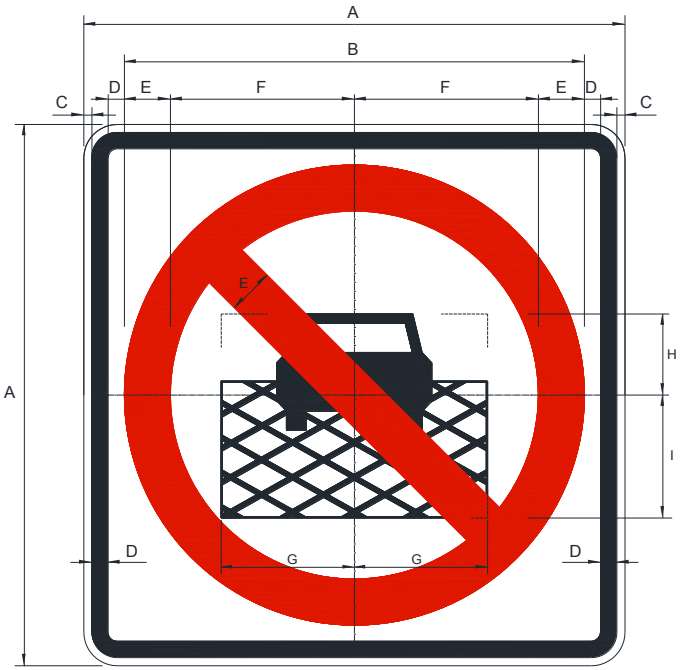
R-50	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		K	L	M	N	O	P	Q	R
675 x 450	Ciclovía	72.1	52.3	30.1	96.4	120.2	24.9	44.5	168.6
900 x 600	50 o menor	96.1	69.7	40.1	128.5	160.3	33.2	59.3	224.8
1200 x 800	60 - 70	128.2	93.0	53.5	171.4	213.7	44.3	79.1	299.7
1500 x 1000	80 - 90	160.2	116.2	66.9	214.2	267.1	55.3	98.9	374.7
1800 x 1200	100 o mayor	192.3	139.5	80.3	257.1	320.5	66.4	118.7	449.6

Prohibido la carga y descarga



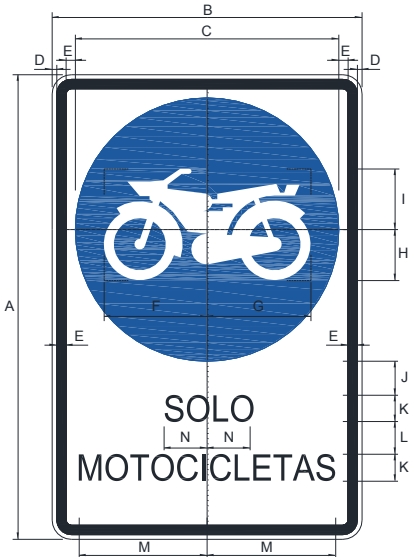
R-52	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	186.4	146.2	128.0	127.6
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	248.5	194.9	170.7	170.1
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	340.0	310.7	243.7	213.3	212.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	1020.0	18.0	36.0	102.0	408.0	372.8	292.4	256.0	255.2

No bloquear cruce



R-53	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO								
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	204.0	147.7	89.8	136.3
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	272.0	196.9	119.7	181.7
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO								
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

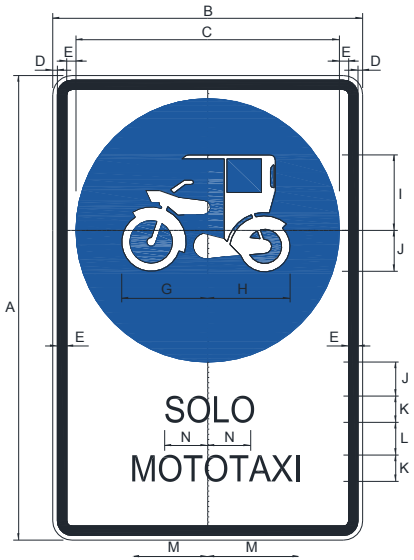
Solo motocicletas



R-54	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	199.3	201.1	98.7	117.3	65.9
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	265.7	268.1	131.6	156.4	87.9
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	332.2	335.2	164.5	195.5	109.8
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

R-54	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		K	L	M	N
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
900 x 600	50 o menor	59.4	67.3	247.6	83.3
1200 x 800	60 - 70	79.2	89.7	330.1	111.1
1500 x 1000	80 - 90	99.0	112.2	412.7	138.8
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO			

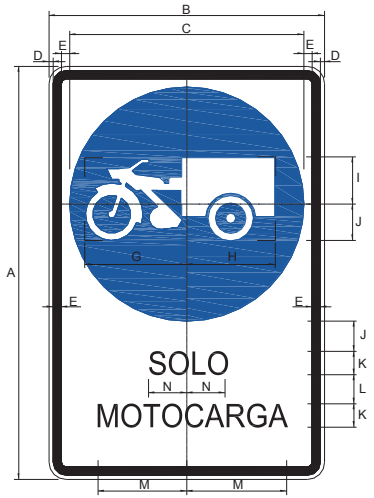
Solo mototaxis



R-54A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	199.3	166.5	159.5	146.3	79.2
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	265.7	222.0	212.7	195.1	105.6
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	332.2	277.5	265.8	243.8	132.0
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

R-54A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		K	L	M	N
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
900 x 600	50 o menor	59.4	67.3	198.5	83.3
1200 x 800	60 - 70	79.2	89.7	264.7	111.1
1500 x 1000	80 - 90	99.0	112.2	330.8	138.8
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO			

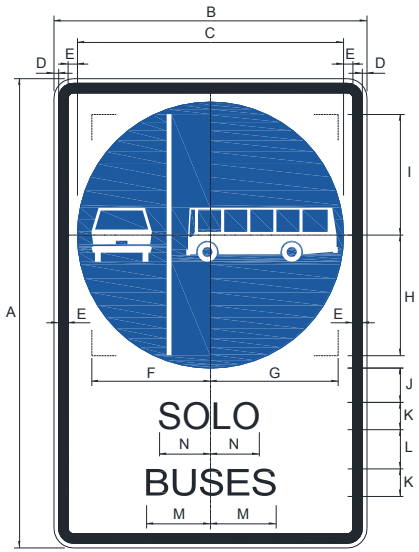
Solo motocarga



R-54B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	199.3	222.3	192.7	102.9	79.2
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	265.7	296.4	256.9	137.2	105.6
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	332.2	370.5	321.1	171.5	132.0
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

R-54B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		K	L	M	N
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
900 x 600	50 o menor	59.4	67.3	242.1	83.3
1200 x 800	60 - 70	79.2	89.7	322.8	111.1
1500 x 1000	80 - 90	99.0	112.2	403.6	138.8
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO			

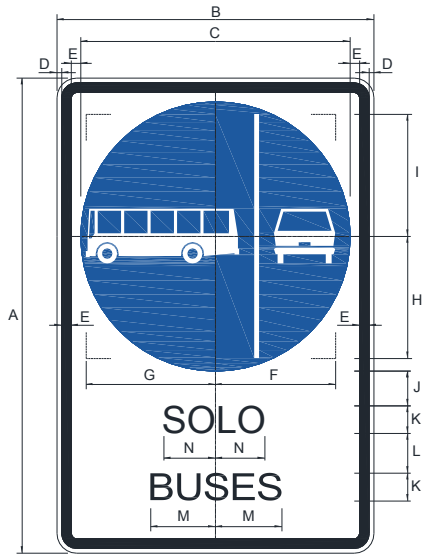
Vía segregada para buses



R-55A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	227.5	244.7	231.3	231.3	43.0
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	303.3	326.3	308.4	308.4	57.3
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO									
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

R-55A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		K	L	M	N
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
900 x 600	50 o menor	78.4	75.1	159.1	123.3
1200 x 800	60 - 70	104.5	100.1	212.1	164.4
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO			
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO			

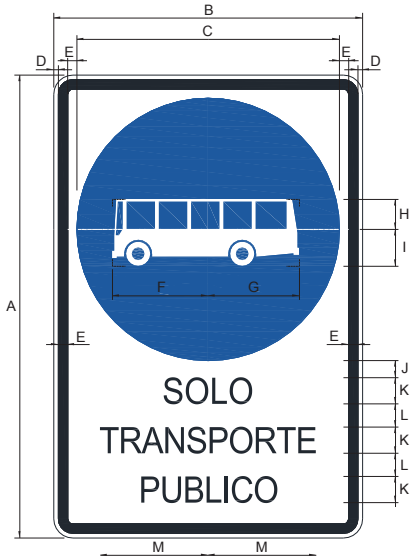
Vía segregada para buses



R-55B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO									
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	227.5	244.7	231.3	231.3	43.0
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	303.3	326.3	308.4	308.4	57.3
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO									
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

R-55B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		K	L	M	N
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
900 x 600	50 o menor	78.4	75.1	159.1	123.3
1200 x 800	60 - 70	104.5	100.1	212.1	164.4
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO			
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO			

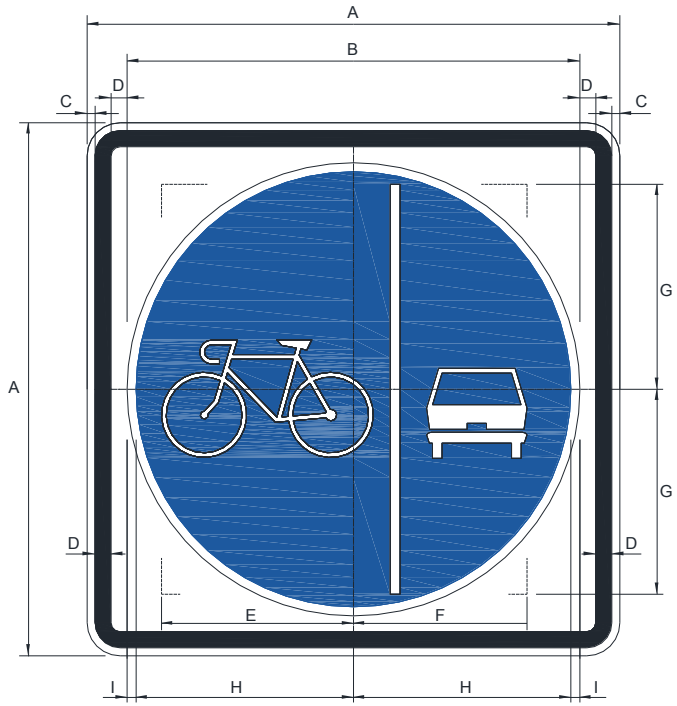
Solo transporte público



R-56	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO								
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	185.9	177.4	58.3	71.7
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	247.9	236.5	77.7	95.6
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	309.8	295.7	97.2	119.5
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

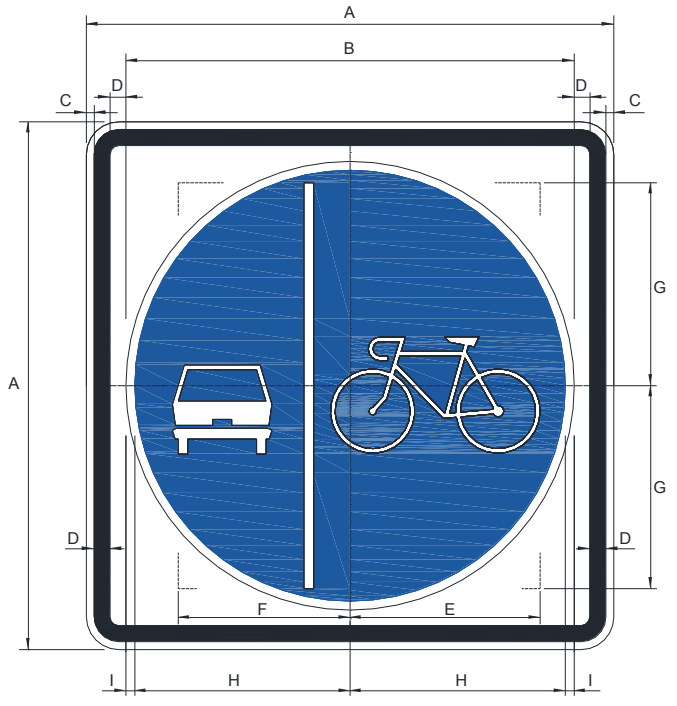
R-56	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)			
		J	K	L	M
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO			
900 x 600	50 o menor	33.3	60.0	36.6	204.9
1200 x 800	60 - 70	44.4	80.0	48.8	273.2
1500 x 1000	80 - 90	55.5	100.0	61.0	341.5
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO			

Vía segregada motorizados-bicicletas



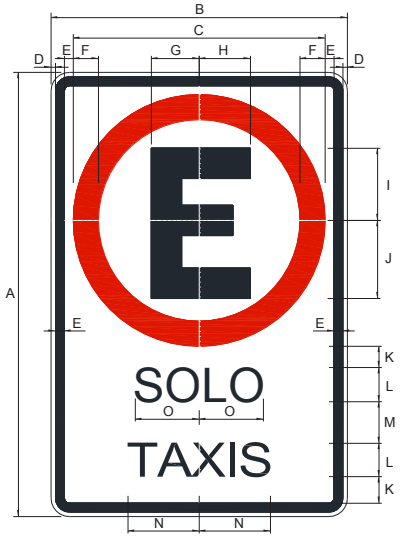
R-58A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO								
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	216.2	195.2	230.6	244.8	10.2
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	288.3	260.3	307.5	326.4	13.6
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO								
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

Vía segregada motorizados-bicicletas



R-58B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO								
600 x 600	50 o menor	600.0	510.0	9.0	18.0	216.2	195.2	230.6	244.8	10.2
800 x 800	60 - 70	800.0	680.0	12.0	24.0	288.3	260.3	307.5	326.4	13.6
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO								
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

Estacionamiento solo taxis



R-62	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO								
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	96.9	103.7	146.1
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	129.2	138.3	194.8
1500 x 1000	80 - 90	1500.0	1000.0	850.0	15.0	30.0	85.0	161.5	172.8	243.5
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

R-62	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		J	K	L	M	N	O
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO					
900 x 600	50 o menor	158.1	43.0	78.4	75.1	144.2	123.3
1200 x 800	60 - 70	210.8	57.3	104.5	100.1	192.3	164.4
1500 x 1000	80 - 90	263.5	71.7	130.7	125.2	240.3	205.5
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO					

Permitido girar con luz roja

R-64A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
675 x 450	Ciclovía	675.0	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	97.4	29.3	34.4	53.2
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	129.9	39.1	45.9	70.9
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	173.2	52.1	61.2	94.6
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO									
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

R-64A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		K	L	M	N	O	P	Q
675 x 450	Ciclovía	106.3	88.3	29.8	188.9	44.5	27.4	24.9
900 x 600	50 o menor	141.7	117.7	39.7	251.9	59.3	36.5	33.2
1200 x 800	60 - 70	189.0	157.0	53.0	335.8	79.1	48.7	44.3
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO						
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

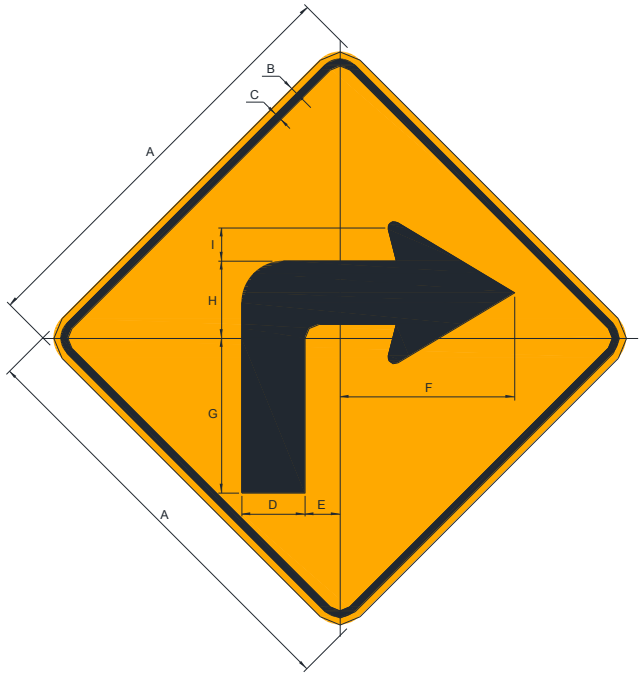
Permitido girar con luz roja

R-64B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
675 x 450	Ciclovía	675.0	450.0	382.5	6.8	13.5	38.3	97.4	29.3	34.4	53.2
900 x 600	50 o menor	900.0	600.0	510.0	9.0	18.0	51.0	129.9	39.1	45.9	70.9
1200 x 800	60 - 70	1200.0	800.0	680.0	12.0	24.0	68.0	173.2	52.1	61.2	94.6
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO									
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

R-64B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		K	L	M	N	O	P	Q
675 x 450	Ciclovía	106.3	88.3	29.8	188.9	44.5	27.4	24.9
900 x 600	50 o menor	141.7	117.7	39.7	251.9	59.3	36.5	33.2
1200 x 800	60 - 70	189.0	157.0	53.0	335.8	79.1	48.7	44.3
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO						
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-1A

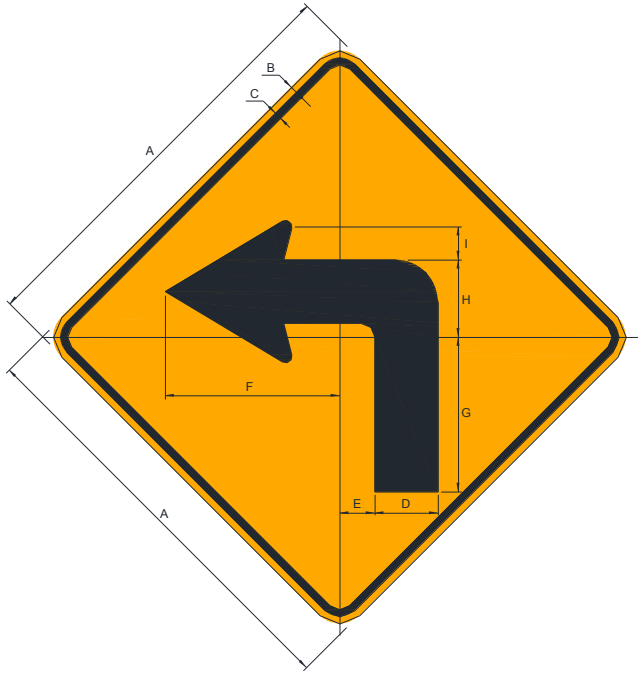
Curva pronunciada a la derecha



P-1A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	37.5	186.4	165.0	82.5	35.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	50.0	248.5	220.0	110.0	47.2
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	66.7	331.4	293.3	146.7	62.9
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	83.3	414.2	366.7	183.3	78.7
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

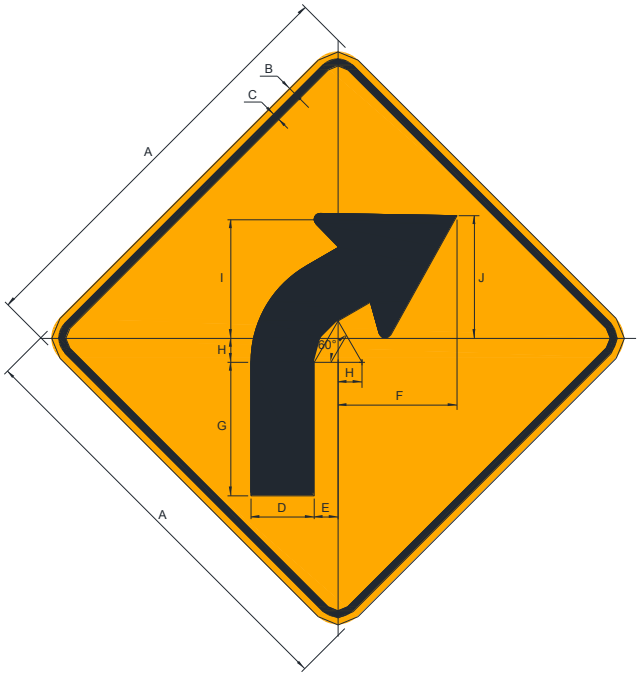
PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-1B

Curva pronunciada a la izquierda



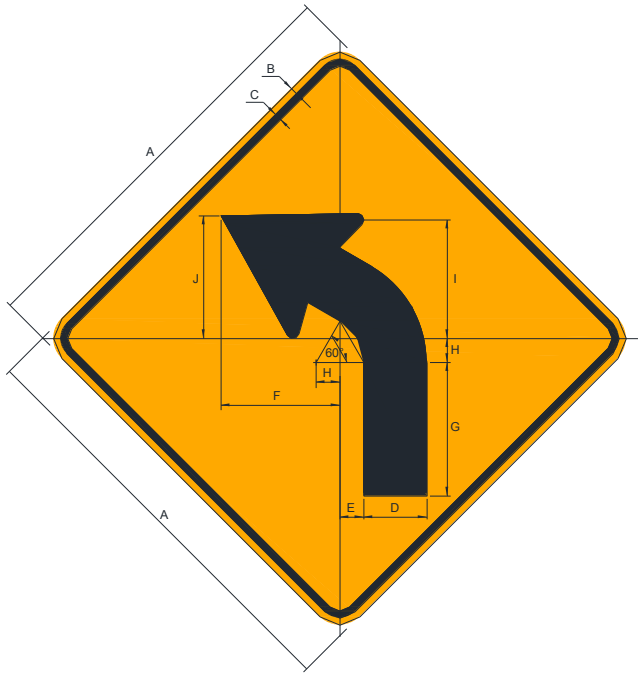
P-1B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	37.5	186.4	165.0	82.5	35.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	50.0	248.5	220.0	110.0	47.2
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	66.7	331.4	293.3	146.7	62.9
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	83.3	414.2	366.7	183.3	78.7
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

Curva a la derecha



P-2A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	25.5	129.0	142.5	25.5	129.0	132.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	34.0	172.0	190.0	34.0	172.0	176.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	45.3	229.3	253.3	45.3	229.3	234.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	56.7	286.7	316.7	56.7	286.7	293.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	68.0	344.0	380.0	68.0	344.0	352.0

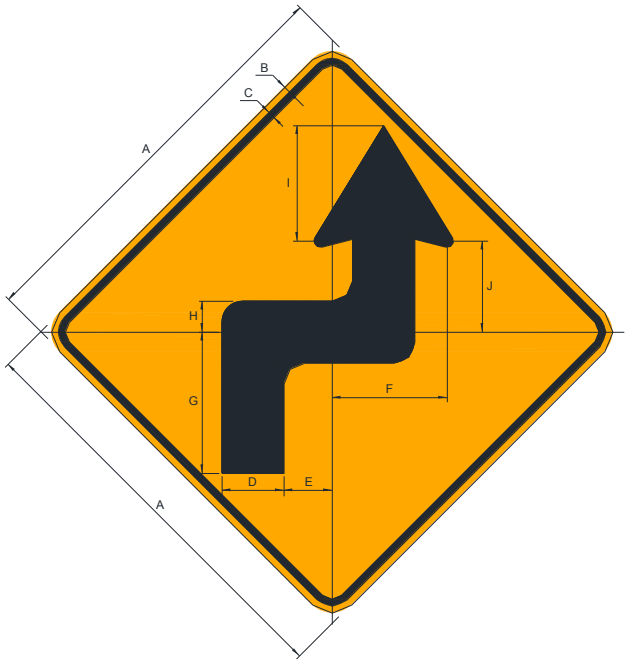
Curva a la izquierda



P-2B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	25.5	129.0	142.5	25.5	129.0	132.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	34.0	172.0	190.0	34.0	172.0	176.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	45.3	229.3	253.3	45.3	229.3	234.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	56.7	286.7	316.7	56.7	286.7	293.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	68.0	344.0	380.0	68.0	344.0	352.0

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-3A

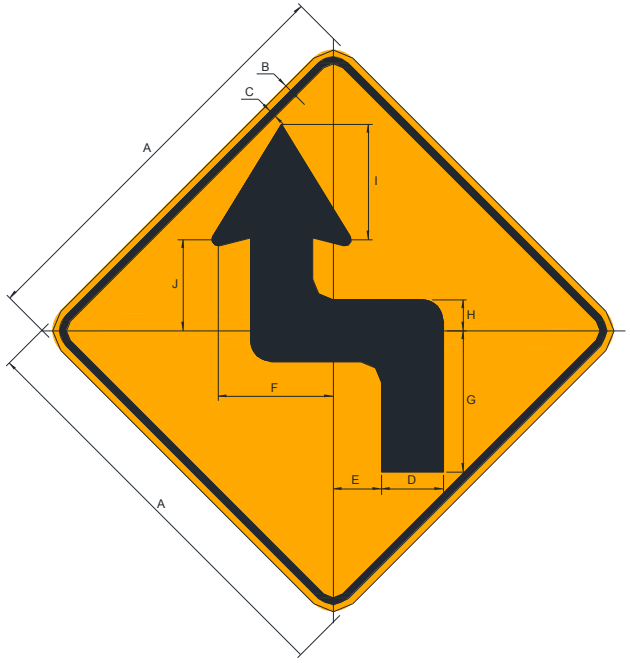
Curva y contra-curva pronunciada a la derecha



P-3A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	52.5	120.0	153.7	33.7	126.4	103.1
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	70.0	160.0	205.0	45.0	168.5	137.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	93.3	213.3	273.3	60.0	224.7	183.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	116.7	266.6	341.6	75.0	280.9	229.1
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-3B

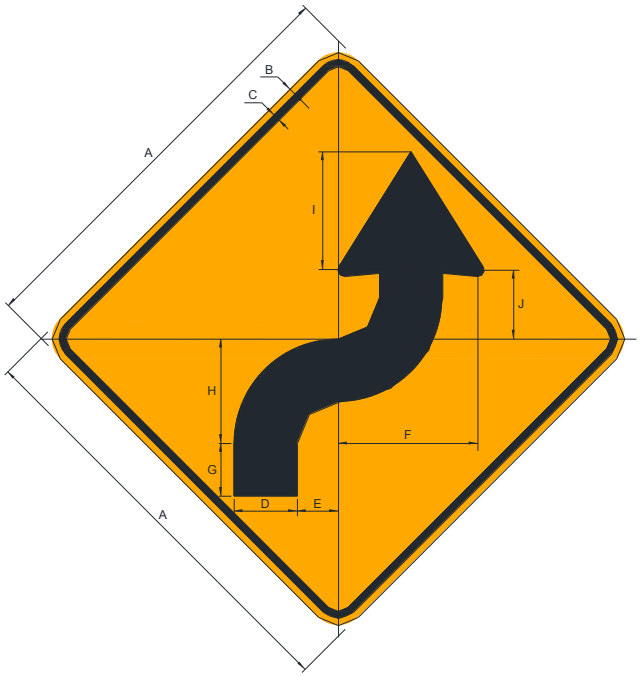
Curva y contra-curva pronunciada a la izquierda



P-3B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	52.5	120.0	153.7	33.7	126.4	103.1
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	70.0	160.0	204.9	44.9	168.5	137.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	93.3	213.3	273.2	59.9	224.7	183.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	116.7	266.7	341.6	74.9	280.9	229.1
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-4A

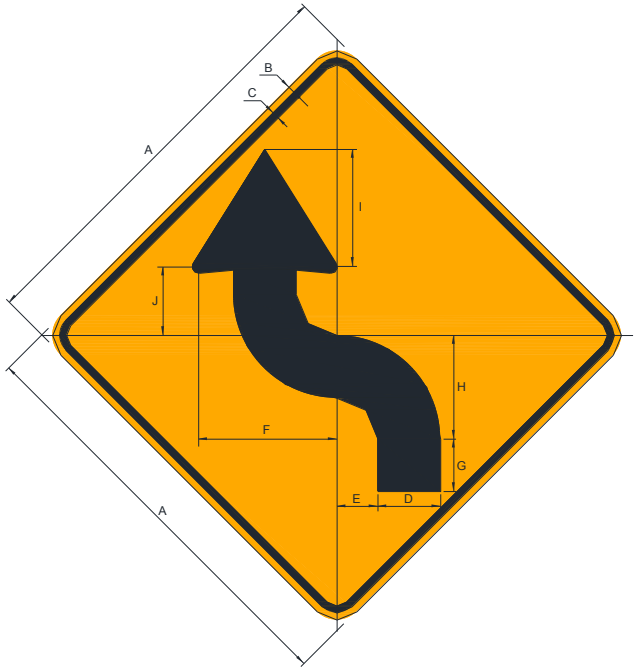
Curva y contra-curva a la derecha



P-4A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	43.9	148.5	56.2	111.4	126.4	72.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	58.5	198.0	74.9	148.5	168.5	96.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	78.0	264.0	99.9	198.0	224.7	128.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	97.6	330.0	124.9	247.6	280.9	160.9
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	117.1	396.0	149.9	297.1	337.1	193.1

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-4B

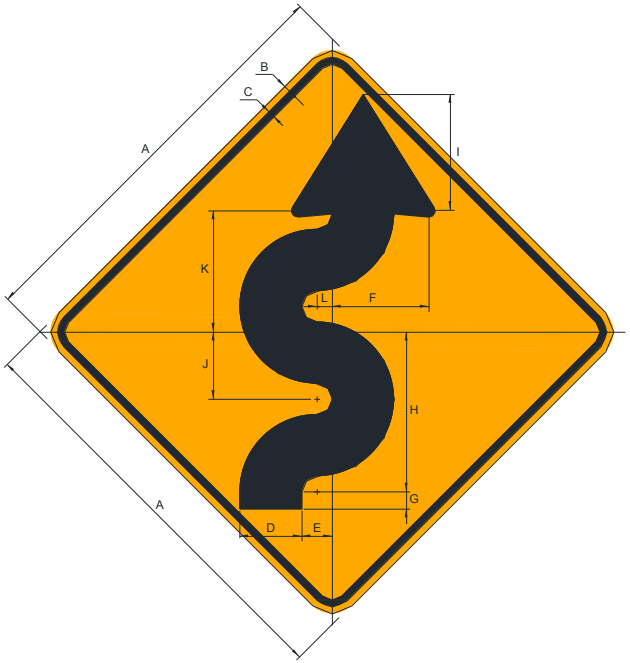
Curva y contra-curva a la izquierda



P-4B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	43.9	148.5	56.2	111.4	126.4	72.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	58.5	198.0	74.9	148.5	168.5	96.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	78.0	264.0	99.9	198.0	224.7	128.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	97.6	330.0	124.9	247.6	280.9	160.9

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-5-1

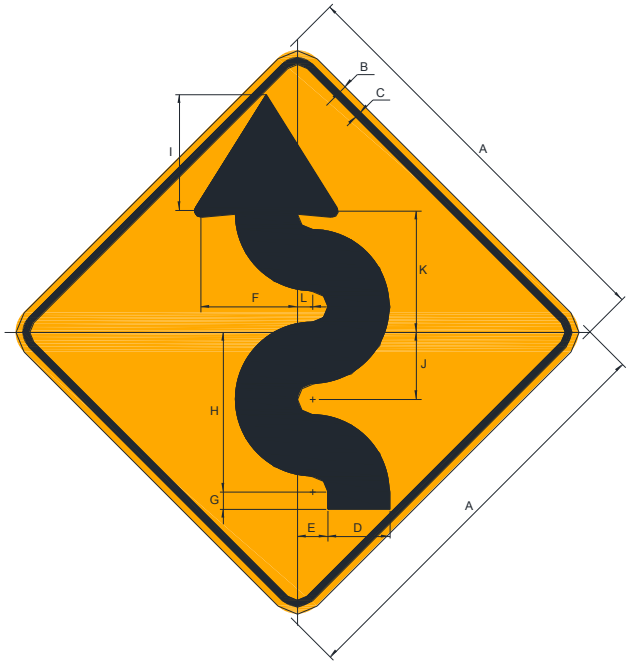
Camino sinuoso a la derecha



P-5-1	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	33.0	108.0	18.7	72.7	126.4	72.7	130.5	16.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	44.0	144.0	24.9	96.9	168.5	96.9	174.0	22.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	58.7	192.0	33.2	129.2	224.7	129.2	232.0	29.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	73.3	240.0	41.6	161.6	280.9	161.6	290.0	36.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	88.0	288.0	49.9	193.9	337.1	193.9	348.0	44.0

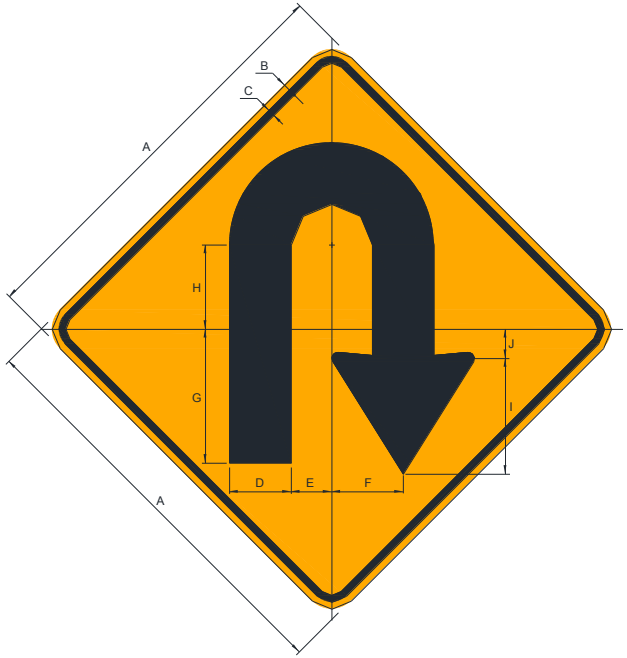
PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-5-1A

Camino sinuoso a la izquierda



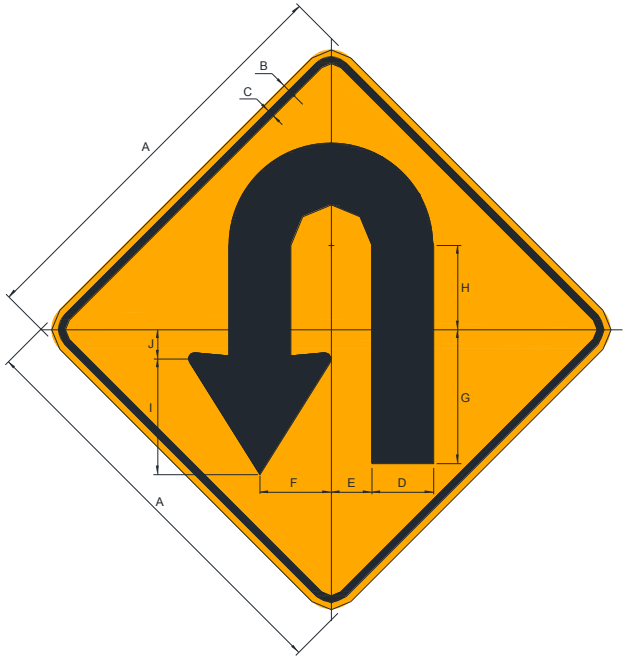
P-5-1A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	33.0	108.0	18.7	72.7	126.4	72.7	130.5	16.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	44.0	144.0	24.9	96.9	168.5	96.9	174.0	22.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	58.7	192.0	33.2	129.2	224.7	129.2	232.0	29.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	73.3	240.0	41.6	161.6	280.9	161.6	290.0	36.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	88.0	288.0	49.9	193.9	337.1	193.9	348.0	44.0

Curva en “u” a la derecha



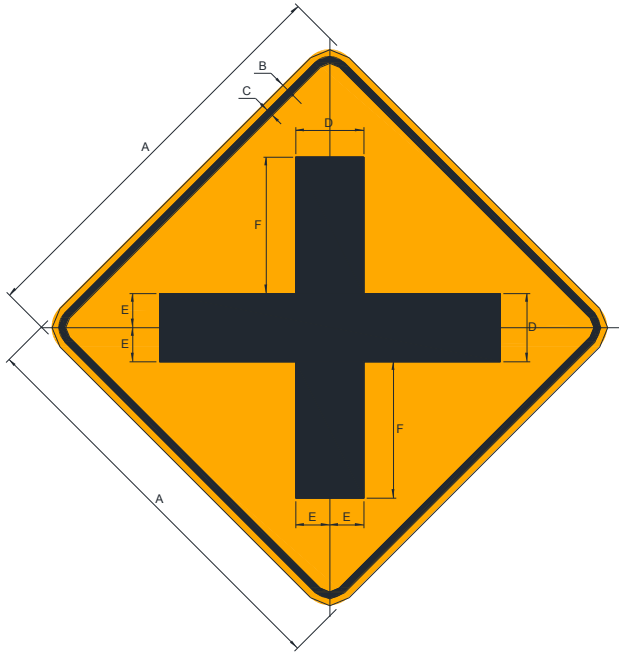
P-5-2A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	44.3	78.1	146.2	92.1	126.4	31.9
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	59.1	104.1	194.9	122.8	168.5	42.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	78.8	138.8	259.9	163.7	224.7	56.7
1000 x 1000	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO									
1200 x 1200	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

Curva en “u” a la izquierda



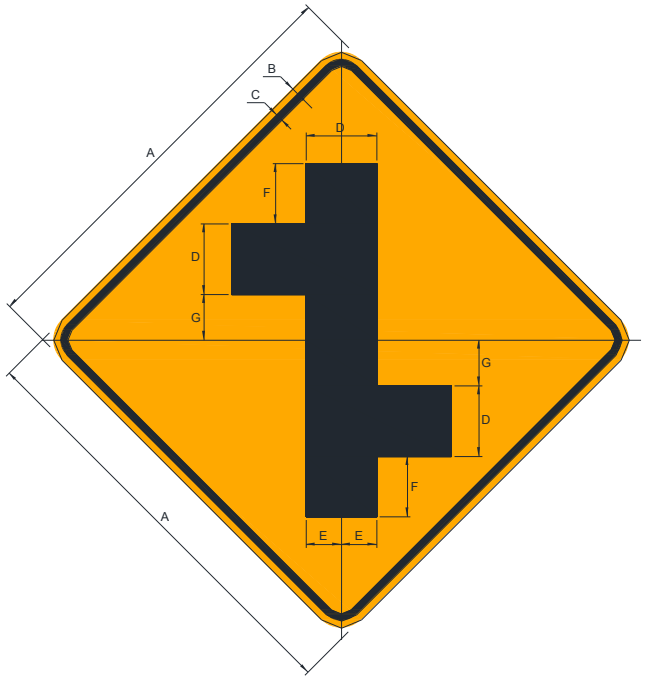
P-5-2B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	44.3	78.1	146.2	92.1	126.4	31.9
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	59.1	104.1	194.9	122.8	168.5	42.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	78.8	138.8	259.9	163.7	224.7	56.7
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO									
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

Cruce de vías a nivel



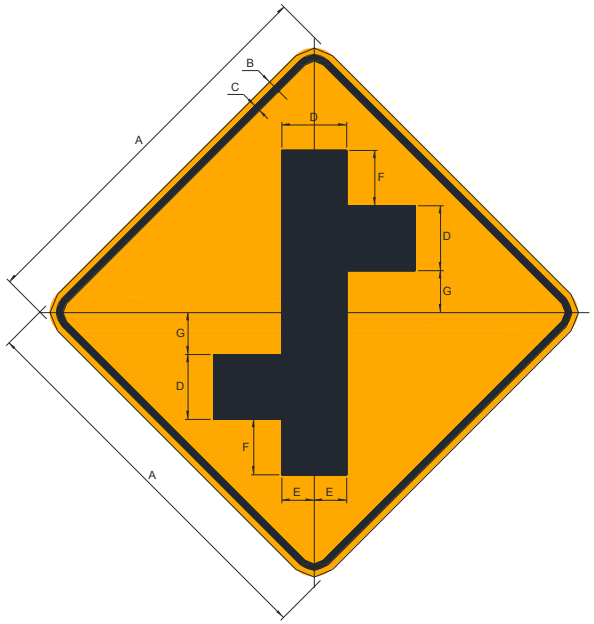
P-6	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		A	B	C	D	E	F
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	75.0	37.5	150.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	100.0	50.0	200.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	133.3	66.7	266.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	166.7	83.3	333.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	200.0	100.0	400.0

Intersección escalonada primera derecha



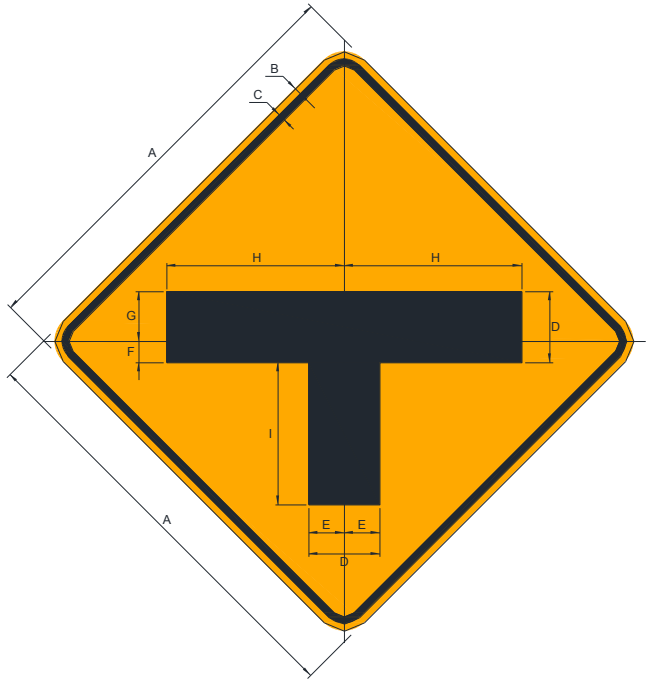
P-6A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	75.0	37.5	64.0	48.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	100.0	50.0	85.3	64.7
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	133.3	66.7	113.8	86.2
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	166.7	83.3	142.2	107.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	200.0	100.0	170.7	129.3

Intersección escalonada primera izquierda



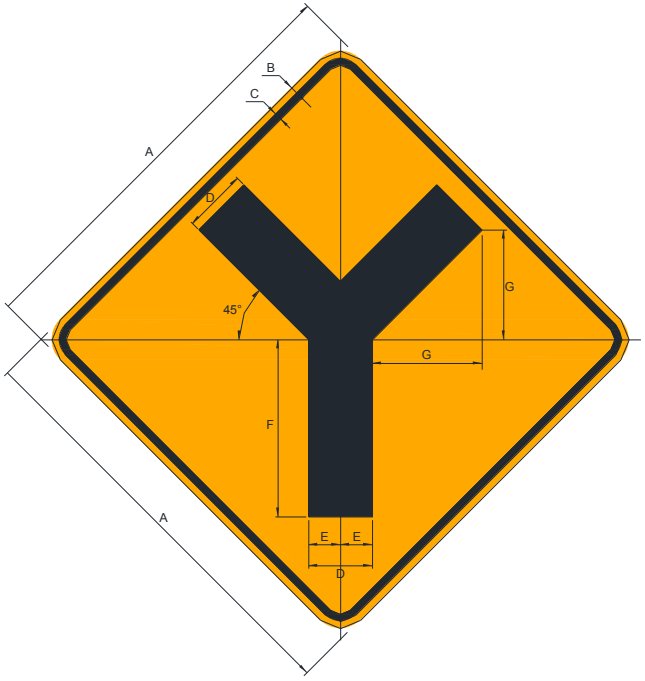
P-6B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	75.0	37.5	64.0	48.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	100.0	50.0	85.3	64.7
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	133.3	66.7	113.8	86.2
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	166.7	83.3	142.2	107.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	200.0	100.0	170.7	129.3

Intersección en “t”



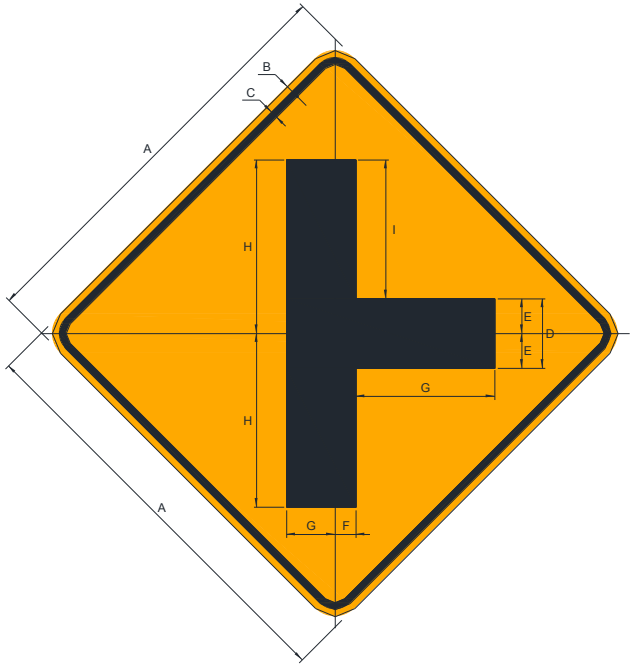
P-7	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	75.0	37.5	22.5	52.5	187.5	150.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	100.0	50.0	30.0	70.0	250.0	200.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	133.3	66.7	40.0	93.3	333.3	266.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	166.7	83.3	50.0	116.7	416.7	333.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	200.0	100.0	60.0	140.0	500.0	400.0

Bifurcación en “y”



P-8	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	33.7	187.5	116.2
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	44.9	250.0	154.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	59.9	333.3	206.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	74.9	416.7	258.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	89.9	500.0	309.9

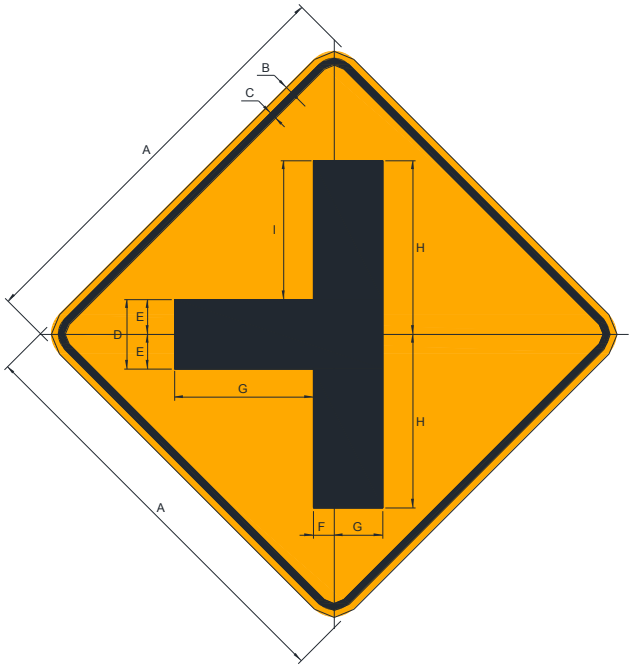
Empalme en ángulo recto con vía lateral a la derecha



P-9A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	75.0	37.5	22.5	52.5	187.5	150.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	100.0	50.0	30.0	70.0	250.0	200.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	133.3	66.7	40.0	93.3	333.3	266.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	166.7	83.3	50.0	116.7	416.7	333.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	200.0	100.0	60.0	140.0	500.0	400.0

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-9B

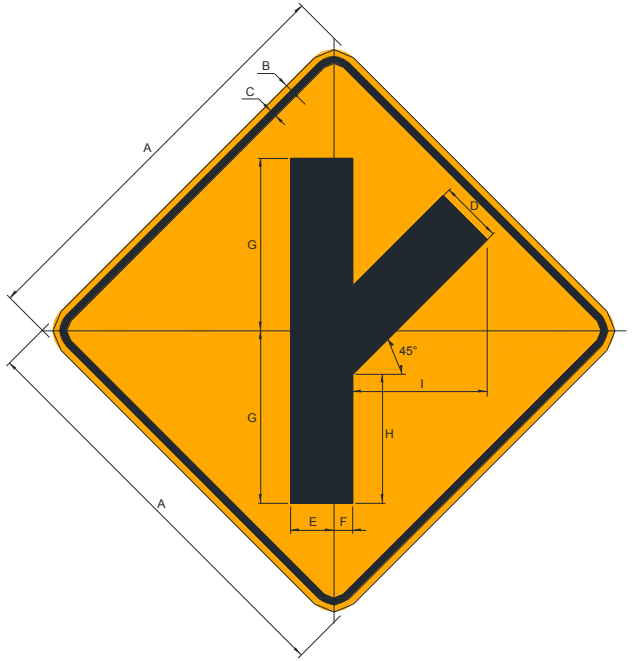
Empalme en ángulo recto con vía Lateral a la izquierda



P-9B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	75.0	37.5	22.5	52.5	187.5	150.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	100.0	50.0	30.0	70.0	250.0	200.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	133.3	66.7	40.0	93.3	333.3	266.7
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	166.7	83.3	50.0	116.7	416.7	333.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	200.0	100.0	60.0	140.0	500.0	400.0

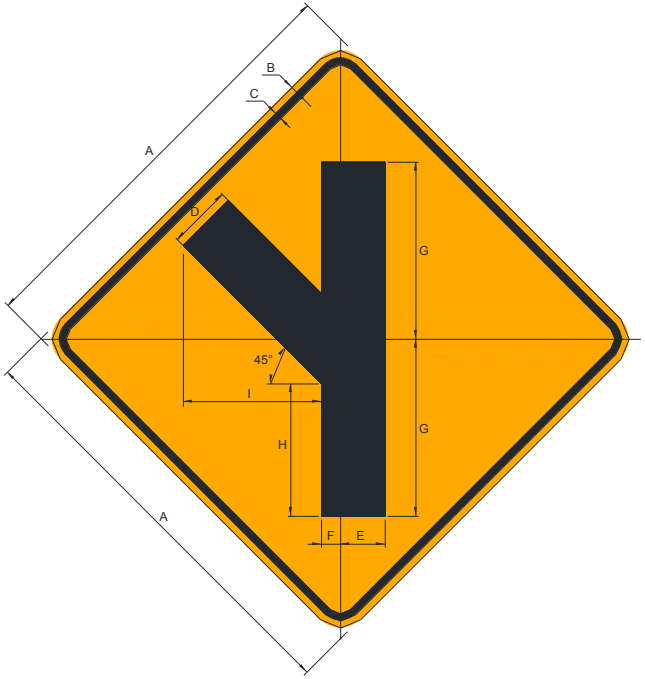
PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-10A

Empalme en ángulo agudo a la derecha



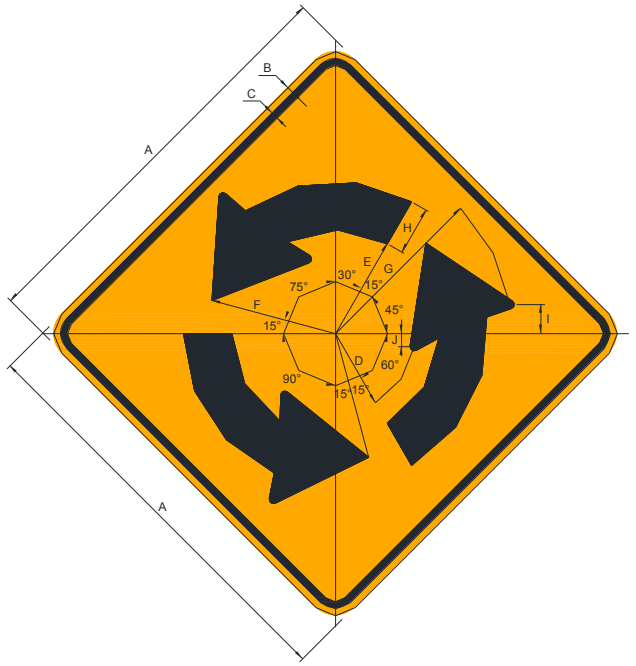
P-10A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	47.2	20.2	187.5	140.2	146.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	62.9	26.9	250.0	186.9	195.2
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	83.9	35.9	333.3	249.2	260.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	104.9	44.9	416.7	311.6	325.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	125.9	53.9	500.0	373.9	390.4

Empalme en ángulo agudo a la izquierda



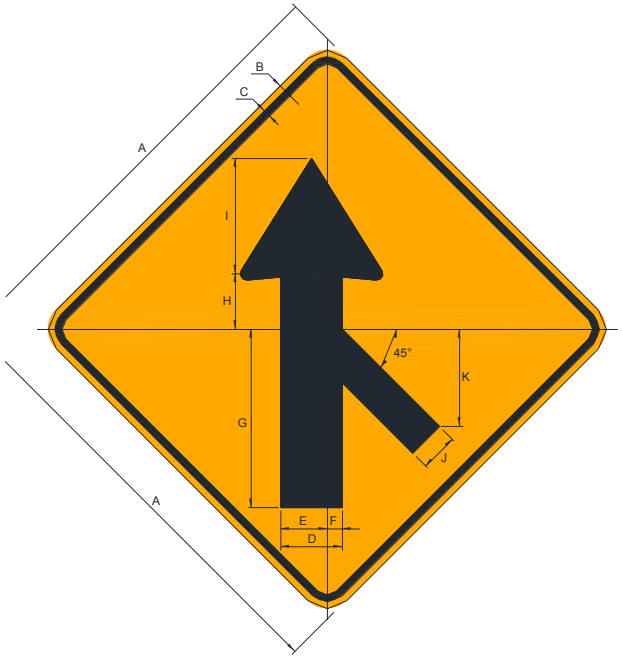
P-10B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	47.2	20.2	187.5	140.2	146.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	62.9	26.9	250.0	186.9	195.2
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	83.9	35.9	333.3	249.2	260.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	104.9	44.9	416.7	311.6	325.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	125.9	53.9	500.0	373.9	390.4

Intersección rotatoria



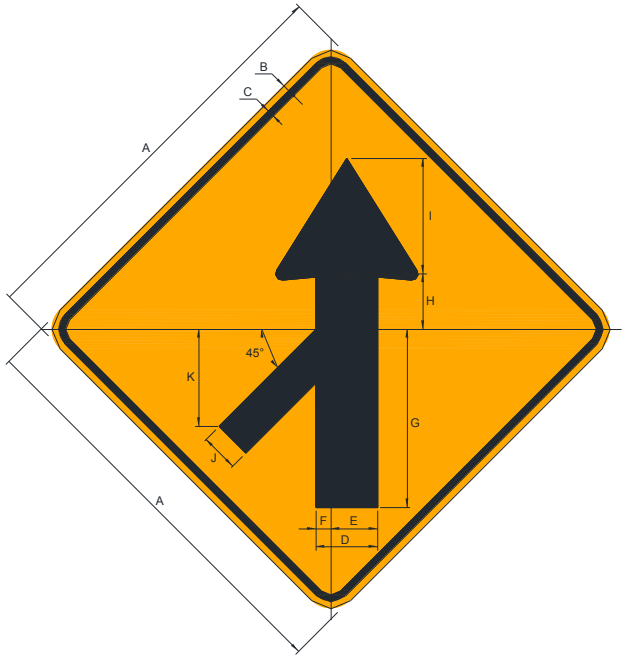
P-15	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	86.5	112.5	138.7	192.0	52.5	31.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	115.3	150.0	184.9	256.0	70.0	42.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	153.8	200.0	246.6	341.3	93.3	56.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	192.2	250.0	308.2	426.7	116.7	70.0
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

Incorporación de tránsito a la derecha



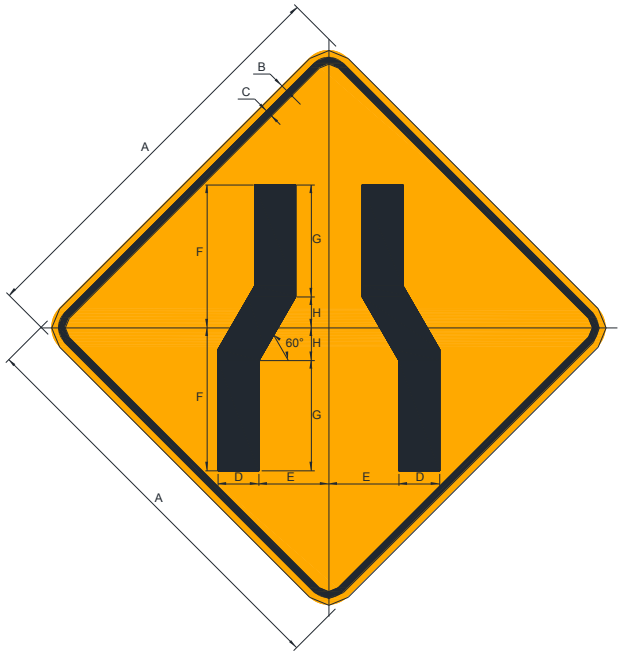
P-16A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	51.0	16.5	195.0	60.7	126.4	41.2	106.1
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	68.0	22.0	260.0	80.9	168.5	54.9	141.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	90.7	29.3	346.7	107.9	224.7	73.2	188.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	113.3	36.7	433.3	134.9	280.9	91.6	235.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	136.0	44.0	520.0	161.9	337.1	109.9	282.9

Incorporación de tránsito a la izquierda



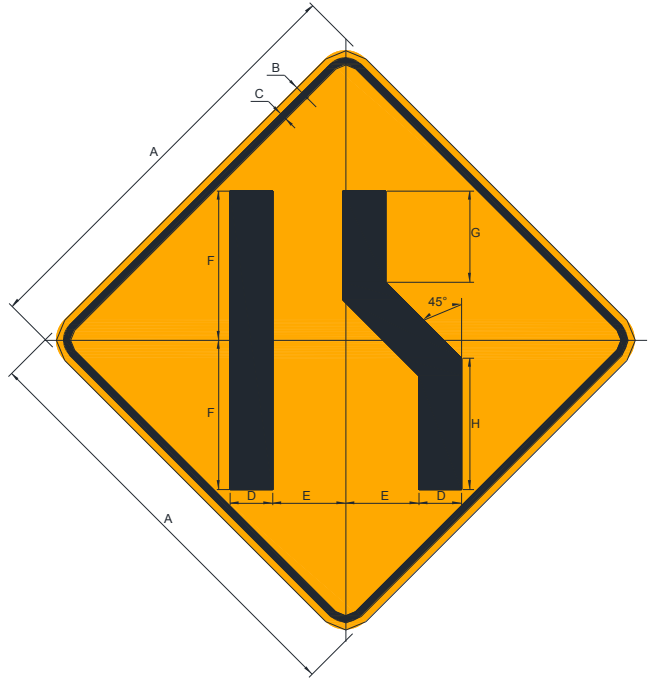
P-16B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	51.0	16.5	195.0	60.7	126.4	41.2	106.1
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	68.0	22.0	260.0	80.9	168.5	54.9	141.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	90.7	29.3	346.7	107.9	224.7	73.2	188.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	113.3	36.7	433.3	134.9	280.9	91.6	235.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	136.0	44.0	520.0	161.9	337.1	109.9	282.9

Reducción de calzada a ambos lados



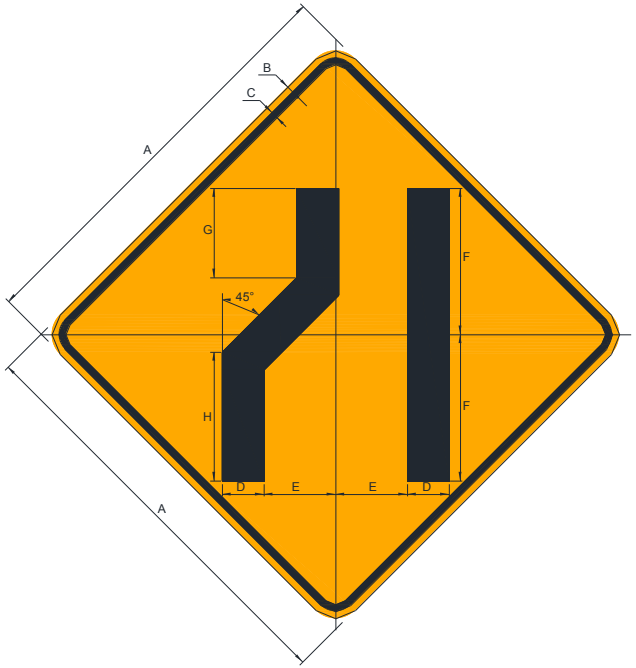
P-17A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	77.2	157.5	121.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	102.9	210.0	162.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	80.0	137.2	280.0	216.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	100.0	171.6	350.0	270.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	205.9	420.0	324.0

Reducción de calzada lado derecho



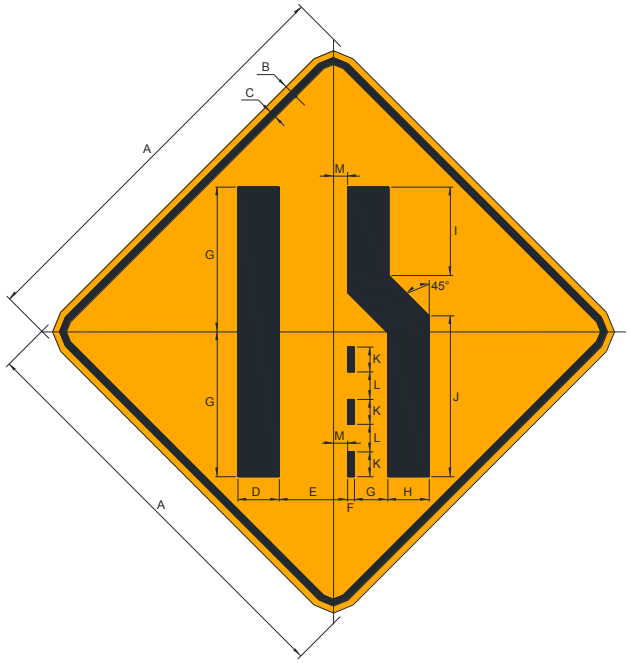
P-17B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	77.2	157.5	96.0	138.7
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	102.9	210.0	128.0	184.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	80.0	137.2	280.0	170.7	246.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	100.0	171.6	350.0	213.3	308.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	205.9	420.0	256.0	369.9

Reducción de calzada a lado izquierdo



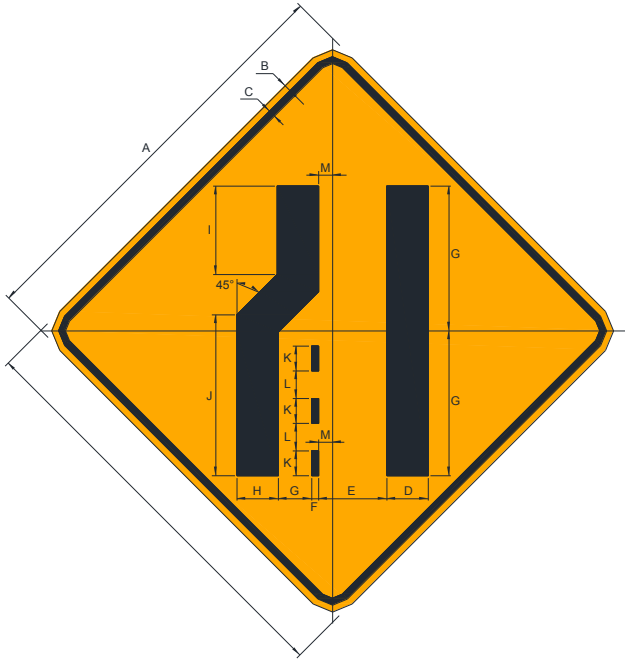
P-17C	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	77.2	157.5	96.0	138.7
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	102.9	210.0	128.0	184.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	80.0	137.2	280.0	170.7	246.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	100.0	171.6	350.0	213.3	308.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	205.9	420.0	256.0	369.9

Reducción del carril externo al lado derecho



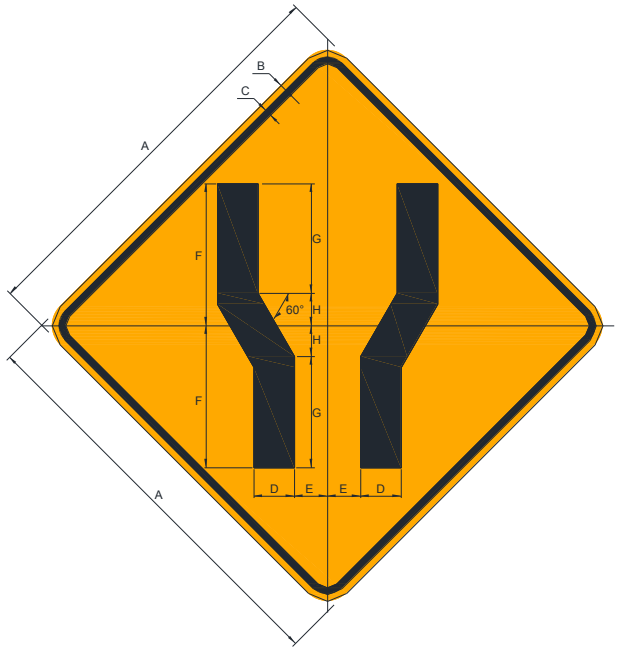
P-18A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	74.3	7.5	36.4	45.0	96.2	175.0	27.0	30.0	15.2
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	99.1	10.0	48.5	60.0	128.3	233.3	36.0	40.0	20.3
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	80.0	132.1	13.3	64.7	80.0	171.0	311.1	48.0	53.3	27.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	100.0	165.1	16.7	80.9	100.0	213.8	388.9	60.0	66.7	33.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	198.1	20.0	97.1	120.0	256.5	466.7	72.0	80.0	40.5

Reducción del carril externo al lado izquierdo



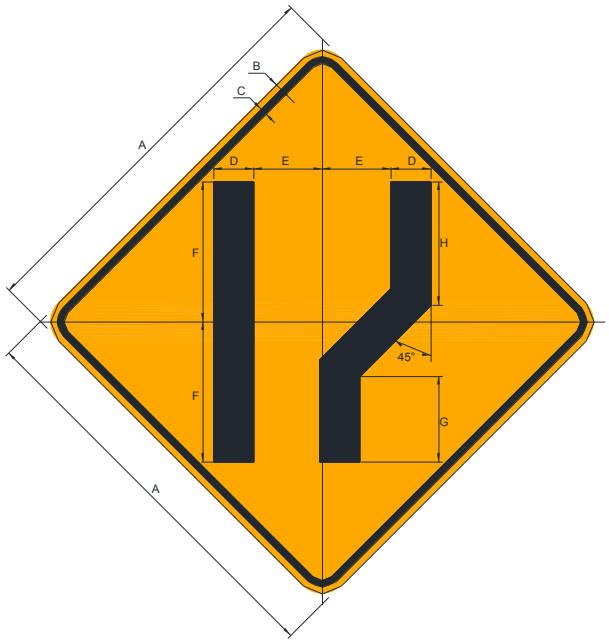
P-18B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	74.3	7.5	36.4	45.0	96.2	175.0	27.0	30.0	15.2
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	99.1	10.0	48.5	60.0	128.3	233.3	36.0	40.0	20.3
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	80.0	132.1	13.3	64.7	80.0	171.0	311.1	48.0	53.3	27.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	100.0	165.1	16.7	80.9	100.0	213.8	388.9	60.0	66.7	33.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	198.1	20.0	97.1	120.0	256.5	466.7	72.0	80.0	40.5

Ensanchamiento de la calzada en ambos lados



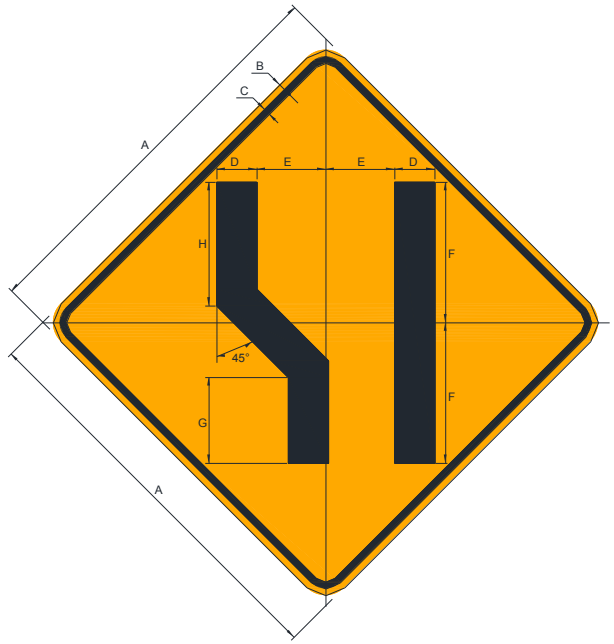
P-21	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	36.7	157.5	121.5	34.1
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	48.9	210.0	162.0	45.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	80.0	65.2	280.0	216.0	60.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	100.0	81.6	350.0	270.0	75.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	97.9	420.0	324.0	90.9

Ensanchamiento de la calzada a la derecha



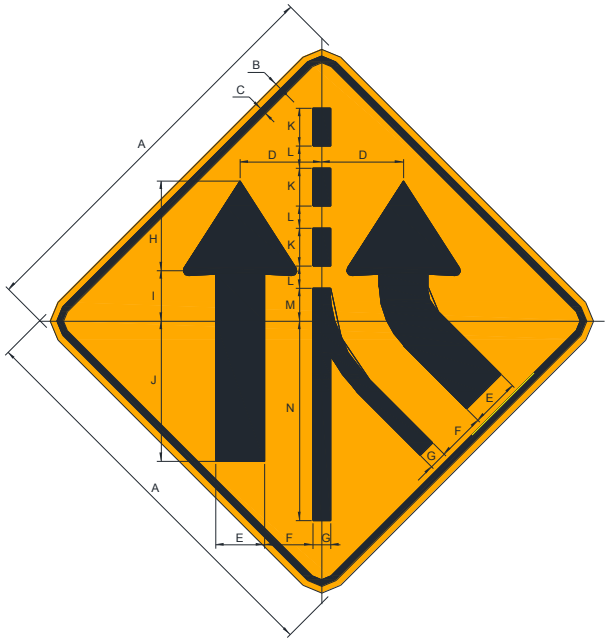
P-21A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	77.2	157.5	96.0	138.7
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	102.9	210.0	128.0	184.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	80.0	137.2	280.0	170.7	246.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	100.0	171.6	350.0	213.3	308.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	205.9	420.0	256.0	369.9

Ensanchamiento de la calzada a la izquierda



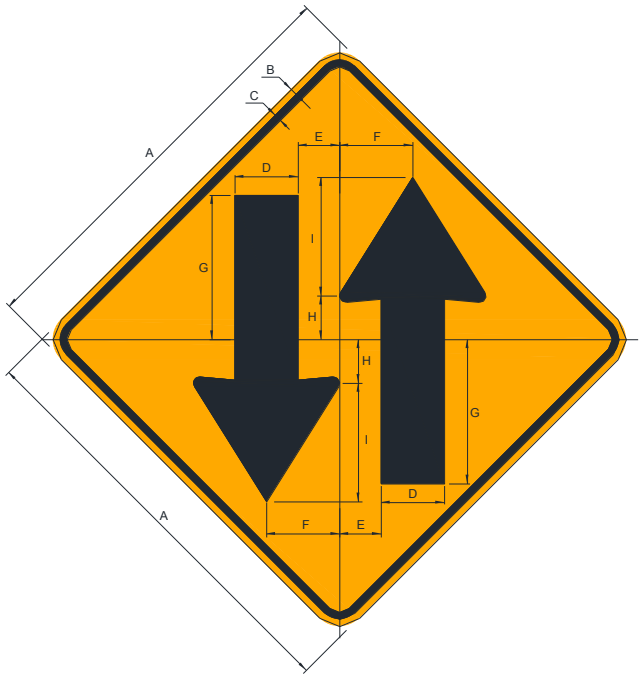
P-21B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	77.2	157.5	96.0	138.7
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	102.9	210.0	128.0	184.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	80.0	137.2	280.0	170.7	246.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	100.0	171.6	350.0	213.3	308.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	205.9	420.0	256.0	369.9

Carril adicional



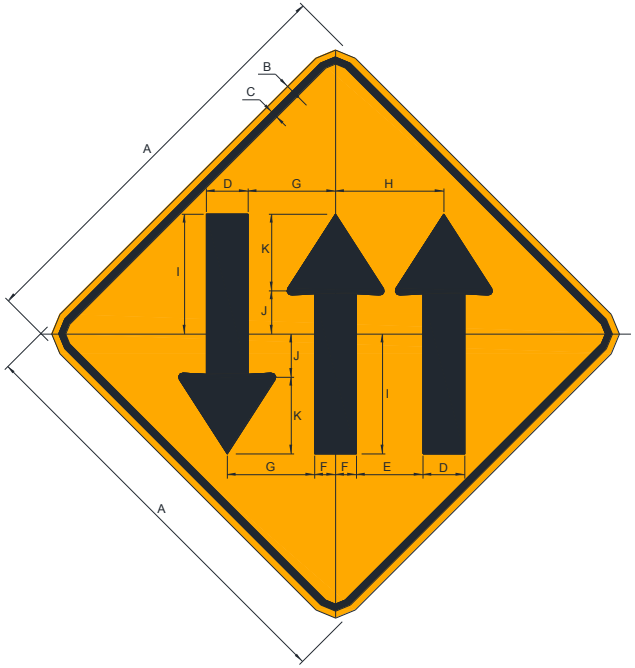
P-22C	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)													
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	92.0	55.0	54.4	20.0	100.8	56.8	157.6	42.5	25.0	37.0	224.3
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	122.7	73.3	72.5	26.7	134.4	75.7	210.1	56.7	33.3	49.3	299.1
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	163.6	97.8	96.7	35.6	179.2	101.0	280.2	75.6	44.4	65.8	398.8
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	204.4	122.2	120.9	44.4	224.0	126.2	350.2	94.4	55.6	82.2	498.4
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	245.3	146.7	145.1	53.3	268.8	151.5	420.3	113.3	66.7	98.7	598.1

Dos sentidos de tránsito



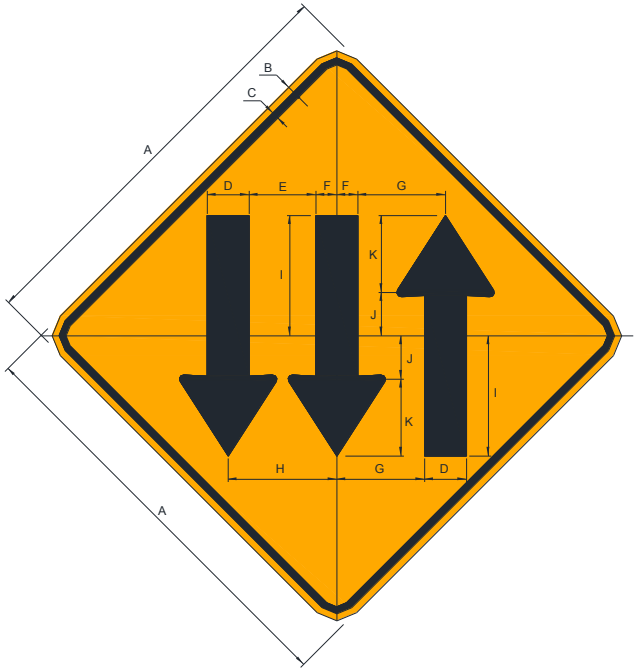
P-25	(Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	44.2	78.0	153.7	46.5	126.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	58.9	104.0	204.9	62.0	168.5
800 x 800	60-70	800.0	13.3	13.3	120.0	78.6	138.7	273.2	82.7	224.7
1000 x 1000	80-90	1000.0	16.7	16.7	150.0	98.2	173.3	341.6	103.3	280.9
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	117.9	208.0	409.9	124.0	337.1

Tres carriles (uno en contraflujo)



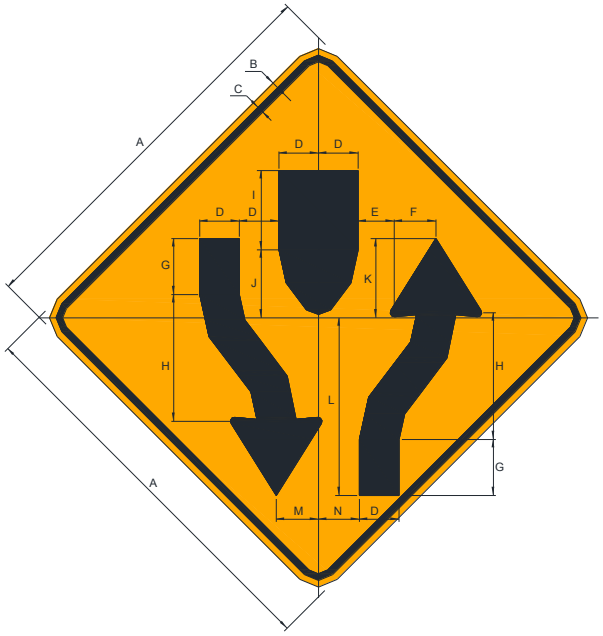
P-25A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	71.8	22.5	94.1	116.7	129.0	46.5	82.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	95.7	30.0	125.5	155.6	172.0	62.0	110.0
800 x 800	60-70	800.0	13.3	13.3	80.0	127.6	40.0	167.3	207.5	229.3	82.7	146.7
1000 x 1000	80-90	1000.0	16.7	16.7	100.0	159.6	50.0	209.1	259.3	286.7	103.3	183.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	191.5	60.0	250.9	311.2	344.0	124.0	220.0

Tres carriles (dos en contraflujo)



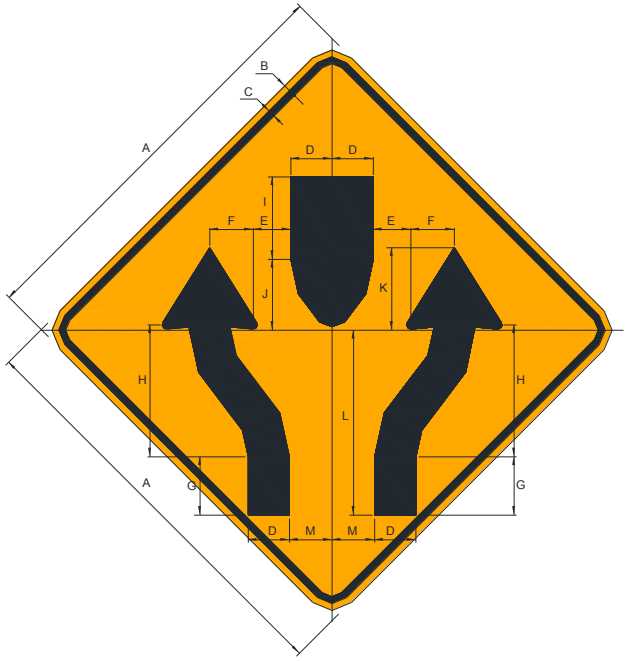
P-25B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	71.8	22.5	94.1	116.7	129.0	46.5	82.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	95.7	30.0	125.5	155.6	172.0	62.0	110.0
800 x 800	60-70	800.0	13.3	13.3	80.0	127.6	40.0	167.3	207.5	229.3	82.7	146.7
1000 x 1000	80-90	1000.0	16.7	16.7	100.0	159.6	50.0	209.1	259.3	286.7	103.3	183.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	191.5	60.0	250.9	311.2	344.0	124.0	220.0

Iniciación de vía con separador (dos sentidos)



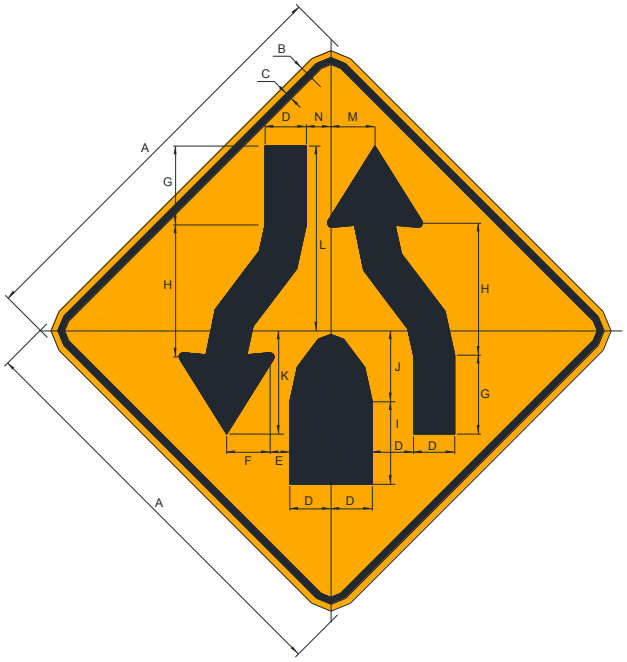
P-28	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)													
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	40.9	47.5	63.6	144.0	90.0	77.2	90.0	201.7	48.0	46.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	54.5	63.3	84.8	192.0	120.0	102.9	120.0	268.9	64.0	62.0
800 x 800	60-70	800.0	13.3	13.3	80.0	72.7	84.4	113.1	256.0	160.0	137.2	160.0	358.6	85.3	82.7
1000 x 1000	80-90	1000.0	16.7	16.7	100.0	90.9	105.6	141.3	320.0	200.0	171.6	200.0	448.2	106.7	103.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	109.1	126.7	169.6	384.0	240.0	205.9	240.0	537.9	128.0	124.0

Iniciación de vía con separador (un sentidos)



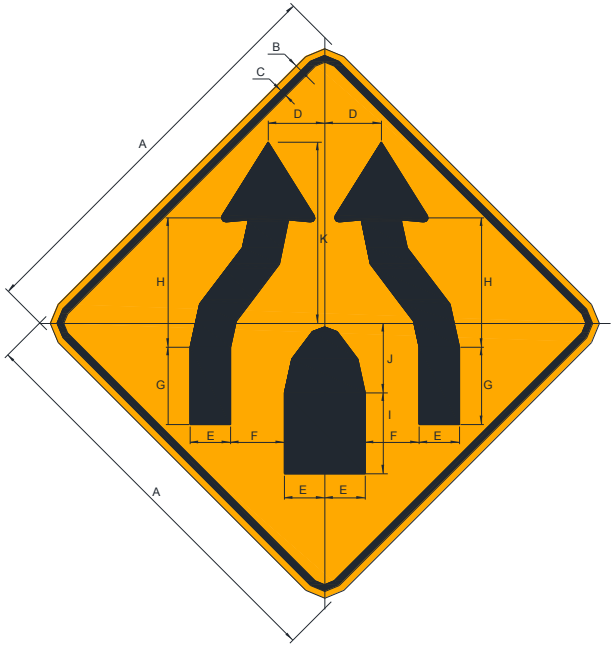
P-28A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)												
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	40.9	47.5	63.6	144.0	90.0	77.2	90.0	201.7	46.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	54.5	63.3	84.8	192.0	120.0	102.9	120.0	268.9	62.0
800 x 800	60-70	800.0	13.3	13.3	80.0	72.7	84.4	113.1	256.0	160.0	137.2	160.0	358.6	82.7
1000 x 1000	80-90	1000.0	16.7	16.7	100.0	90.9	105.6	141.3	320.0	200.0	171.6	200.0	448.2	103.3
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	109.1	126.7	169.6	384.0	240.0	205.9	240.0	537.9	124.0

Terminación de vía con separador (dos sentidos)



P-29	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)													
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	45.0	40.9	47.5	86.1	144.0	90.0	77.2	93.7	201.7	48.0	27.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	60.0	54.5	63.3	114.8	192.0	120.0	102.9	124.9	268.9	64.0	36.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	80.0	72.7	84.4	153.1	256.0	160.0	137.2	166.6	358.6	85.3	48.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	100.0	90.9	105.6	191.3	320.0	200.0	171.6	208.2	448.2	106.7	60.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	120.0	109.1	126.7	229.6	384.0	240.0	205.9	249.9	537.9	128.0	72.0

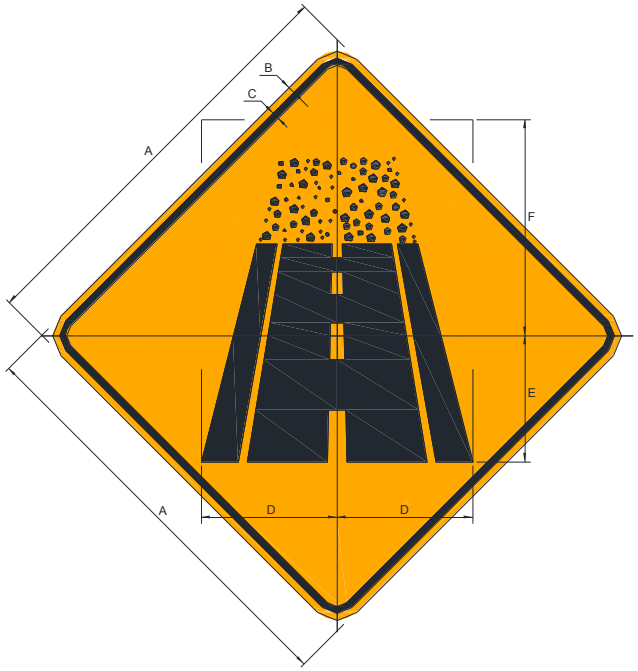
Terminación de vía con separador (un sentido



P-29A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milimetros)										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	63.0	45.0	60.0	86.1	144.0	90.0	77.2	201.7
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	84.0	60.0	80.0	114.8	192.0	120.0	102.9	268.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	112.0	80.0	106.7	153.1	256.0	160.0	137.2	358.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	140.0	100.0	133.3	191.3	320.0	200.0	171.6	448.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	168.0	120.0	160.0	229.6	384.0	240.0	205.9	537.9

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-31

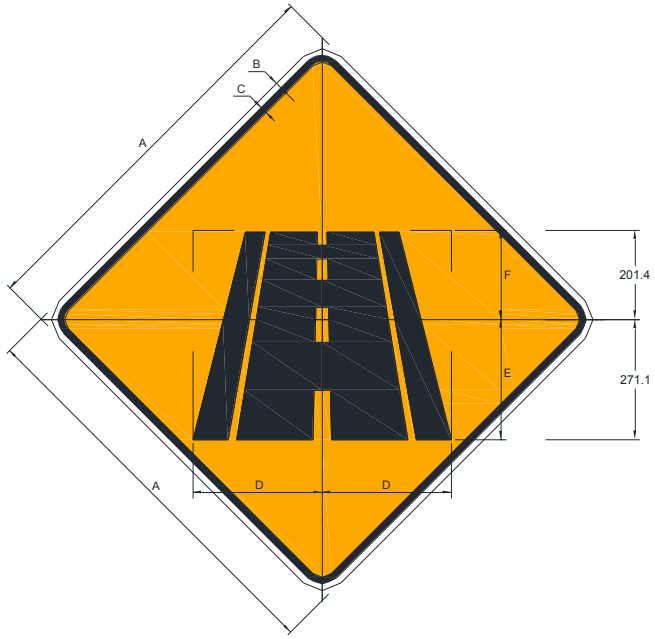
Final de vía pavimentada



P-31	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		A	B	C	D	E	F
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	145.9	135.4	104.3
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	194.5	180.5	139.1
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	259.4	240.7	185.4
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	324.2	300.9	231.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	389.1	361.1	278.1

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-31A

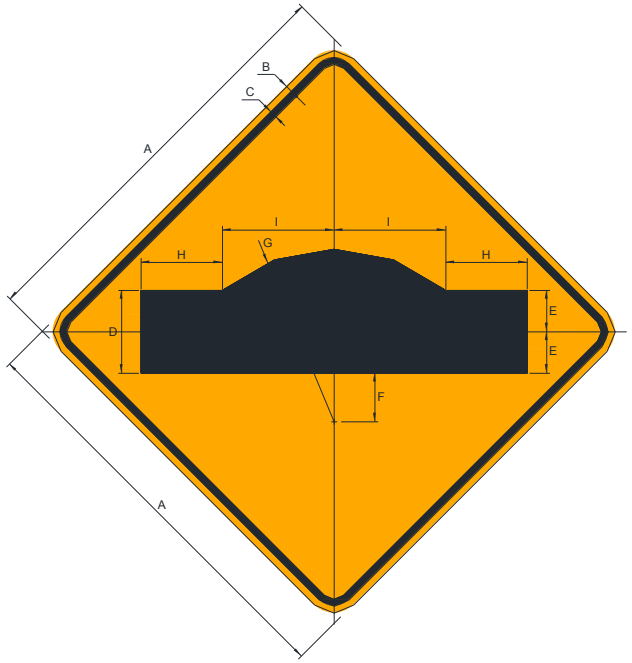
Final de vía



P-31A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		A	B	C	D	E	F
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	145.9	135.4	232.1
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	194.5	180.5	309.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	259.4	240.7	412.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	324.2	300.9	515.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	389.1	361.1	618.9

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-33A

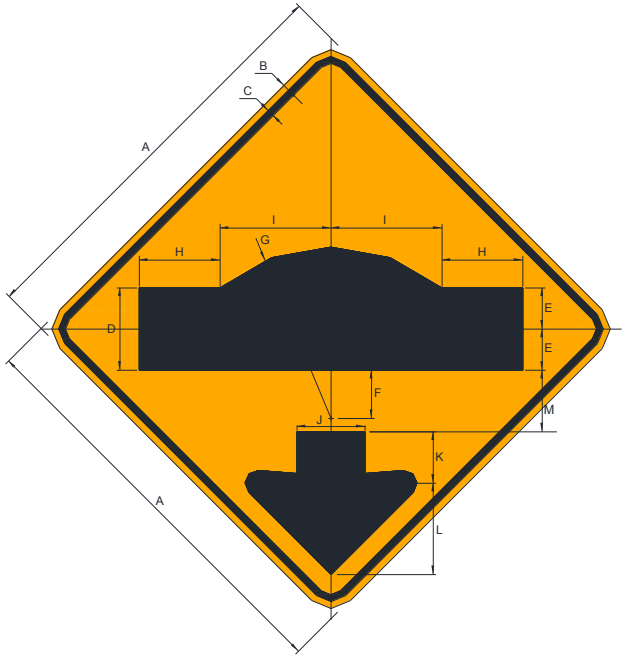
Proximidad reductor de velocidad tipo resalto



P-33A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	90.0	45.0	52.5	187.5	88.5	121.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	120.0	60.0	70.0	250.0	118.0	162.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	160.0	80.0	93.3	333.3	157.3	216.0
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO								
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

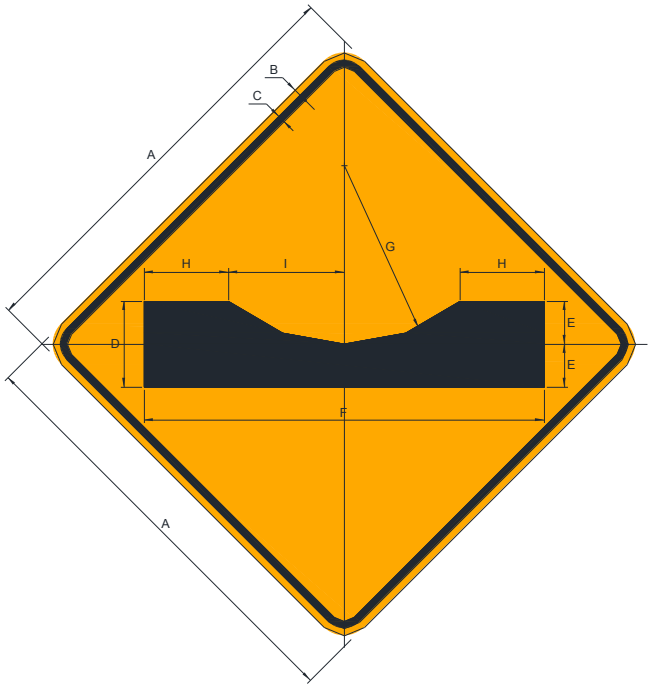
PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-33B

Ubicación de reductor de velocidad tipo resalto



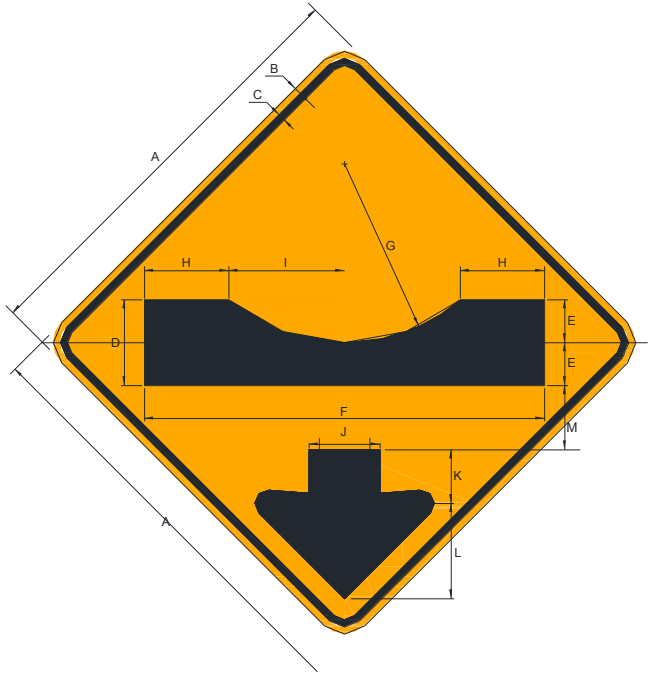
P-33B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	90.0	45.0	52.5	187.5	88.5	121.5	74.5	56.2	100.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	120.0	60.0	70.0	250.0	118.0	162.0	99.3	74.9	133.3
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	160.0	80.0	93.3	333.3	157.3	216.0	132.4	99.9	177.8
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO											
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO											

Proximidad de badén



P-34	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	90.0	45.0	420.0	187.5	88.5	121.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	120.0	60.0	560.0	250.0	118.0	162.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	160.0	80.0	746.7	333.3	157.3	216.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	200.0	100.0	933.3	416.7	196.7	270.0

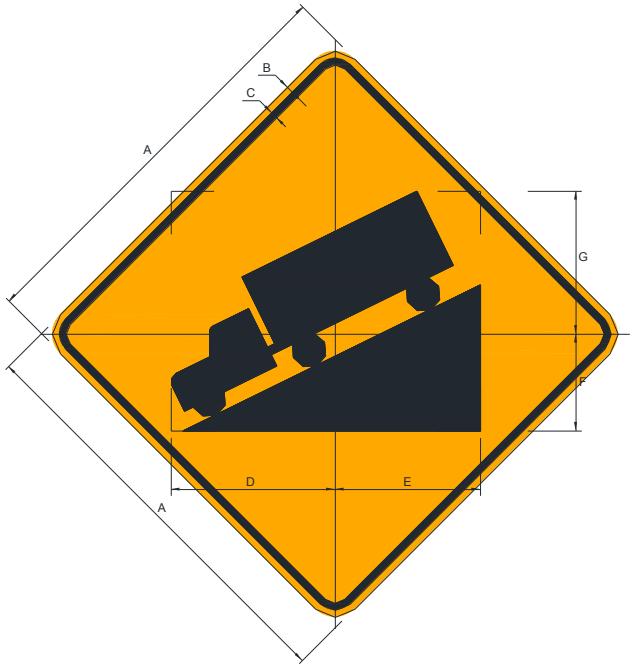
Ubicación de badén



P-34A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	90.0	45.0	420.0	187.5	88.5	121.5	74.5	56.2	100.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	120.0	60.0	560.0	250.0	118.0	162.0	99.3	74.9	133.3
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	160.0	80.0	746.7	333.3	157.3	216.0	132.4	99.9	177.8
1000 x 1000	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO											

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-35

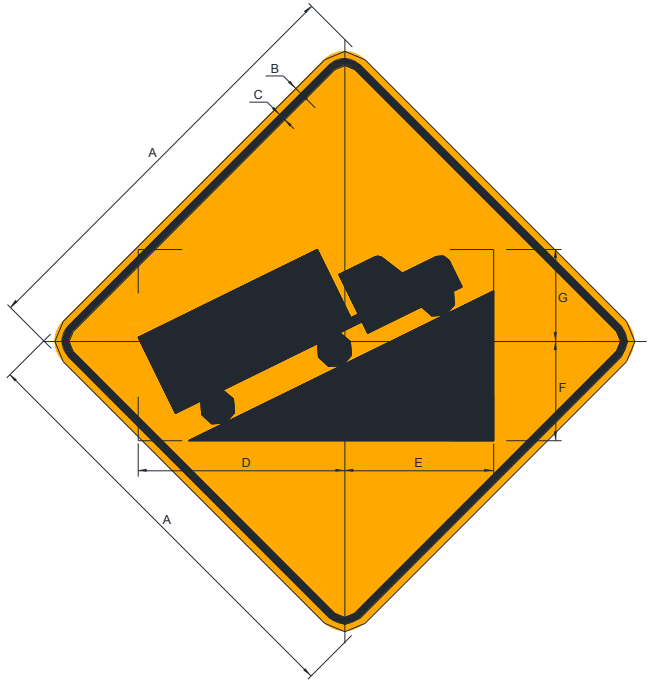
Fuerte pendiente en descenso



P-35	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	177.4	157.0	104.5	154.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	236.5	209.3	139.3	205.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	315.4	279.1	185.8	274.5
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	394.2	348.9	232.2	343.1
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	473.1	418.7	278.7	411.7

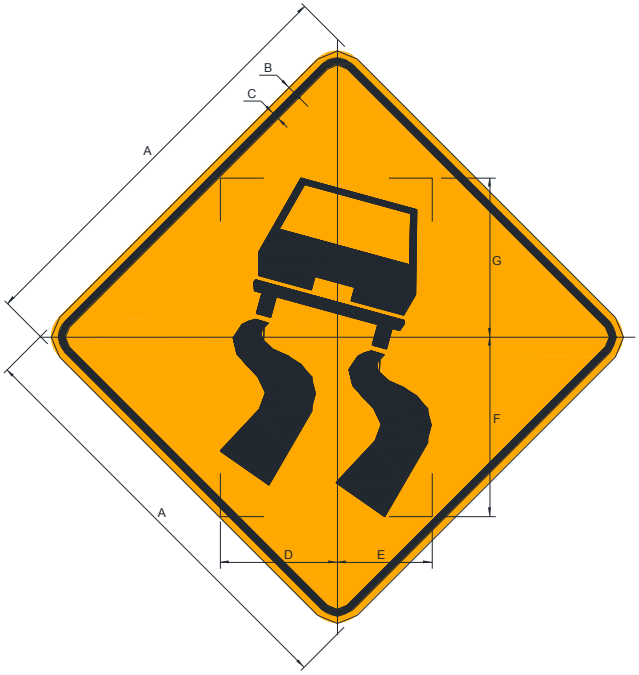
PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-35C

Fuerte pendiente en ascenso



P-35C	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	217.9	157.0	104.5	97.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	290.5	209.3	139.3	129.3
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	387.4	279.1	185.8	172.4
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	484.2	348.9	232.2	215.6
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	581.1	418.7	278.7	258.7

Superficie deslizante

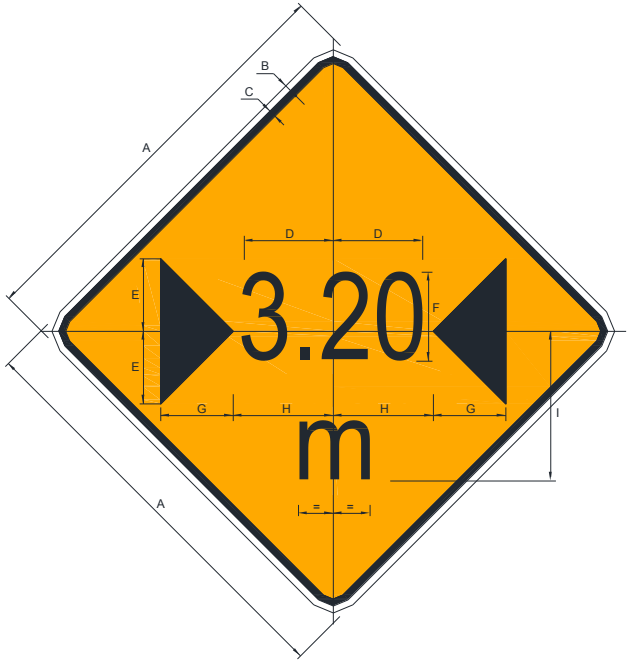


P-36	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	125.1	101.2	191.6	169.9
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	166.8	134.9	255.5	226.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	222.4	179.9	340.6	302.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	278.0	224.9	425.8	377.6
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	333.6	269.9	510.9	453.1

Altura máxima permitida

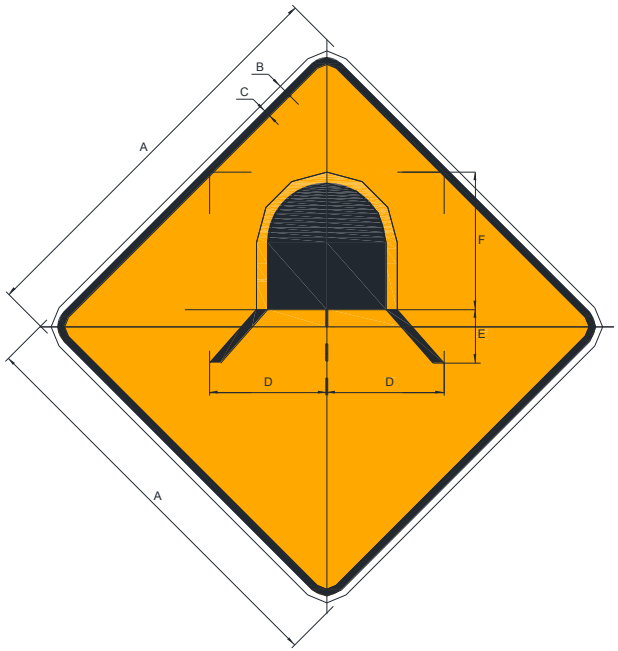
P-38	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	78.7	112.5	56.2	93.7	160.8	174.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	104.9	150.0	74.9	124.9	214.4	232.7
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	139.9	200.0	99.9	166.6	285.9	310.2
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	174.9	250.0	124.9	208.2	357.3	387.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	209.9	300.0	149.9	249.9	428.8	465.3

Ancho máximo permitido



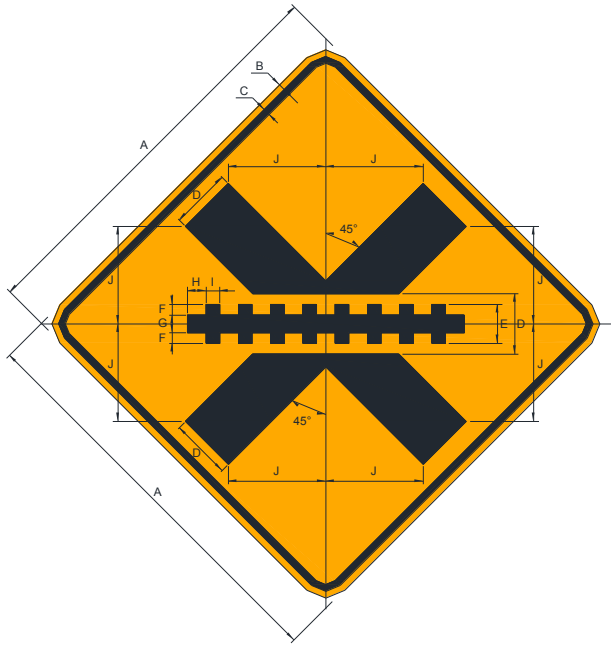
P-39	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	94.6	79.5	112.5	78.7	108.7	177.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	126.1	106.0	150.0	104.9	144.9	236.7
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	168.2	141.3	200.0	139.9	193.2	315.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	210.2	176.7	250.0	174.9	241.6	394.4
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	252.3	212.0	300.0	209.9	289.9	473.3

Túnel



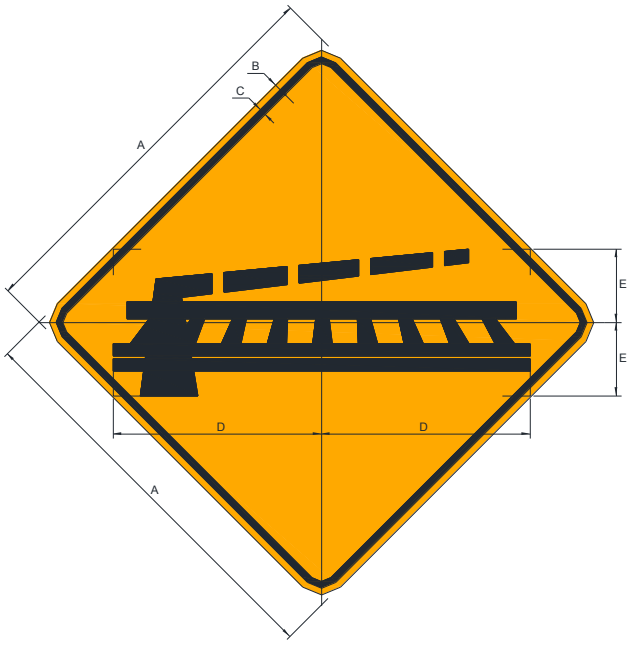
P-41	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		A	B	C	D	E	F
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	153.1	101.9	145.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	204.1	135.9	193.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	272.2	181.2	258.5
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	340.2	226.4	323.1
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	408.3	271.7	387.7

Cruce ferroviario a nivel sin barreras



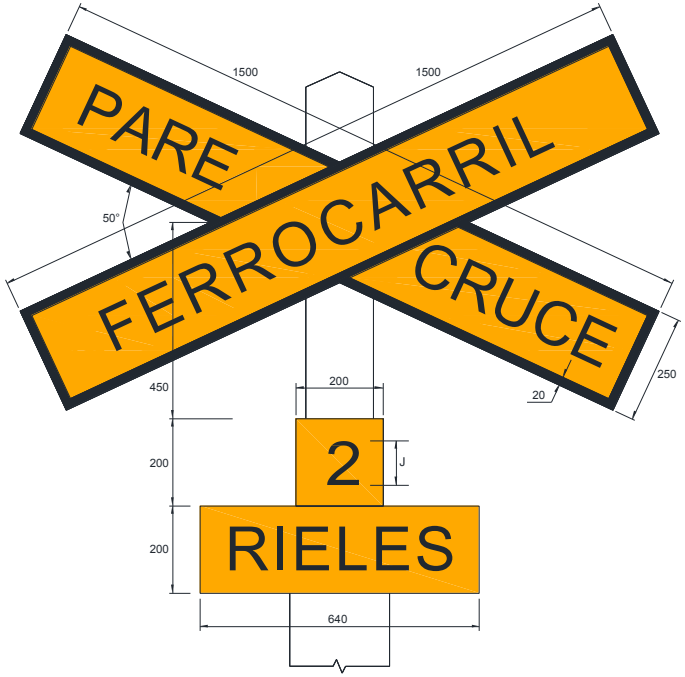
P-42	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	67.5	43.5	12.0	19.5	21.0	15.0	108.7
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	90.0	58.0	16.0	26.0	28.0	20.0	144.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	120.0	77.3	21.3	34.7	37.3	26.7	193.2
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	150.0	96.7	26.7	43.3	46.7	33.3	241.6
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	180.0	116.0	32.0	52.0	56.0	40.0	289.9

Cruce ferroviario a nivel con barreras

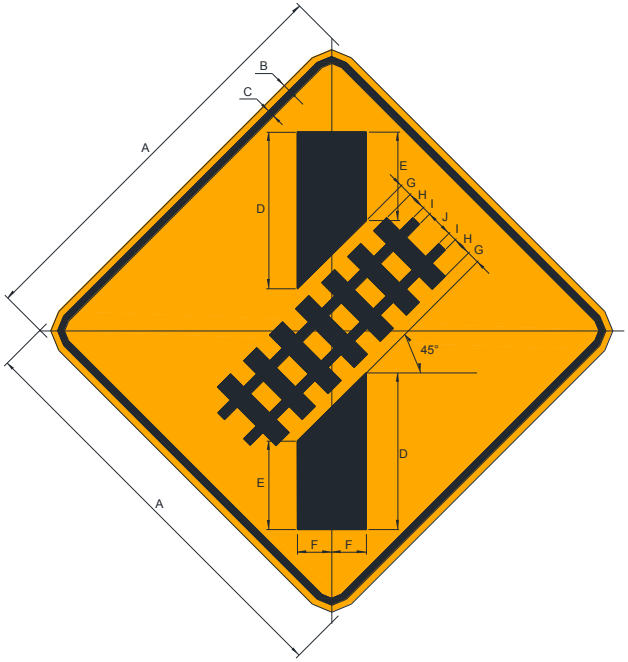


P-43	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		A	B	C	D	E
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	234.1	82.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	312.1	109.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	416.2	146.5
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	520.2	183.1
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	624.3	219.7

Cruce ferroviario a nivel
"Cruz de San Andrés"

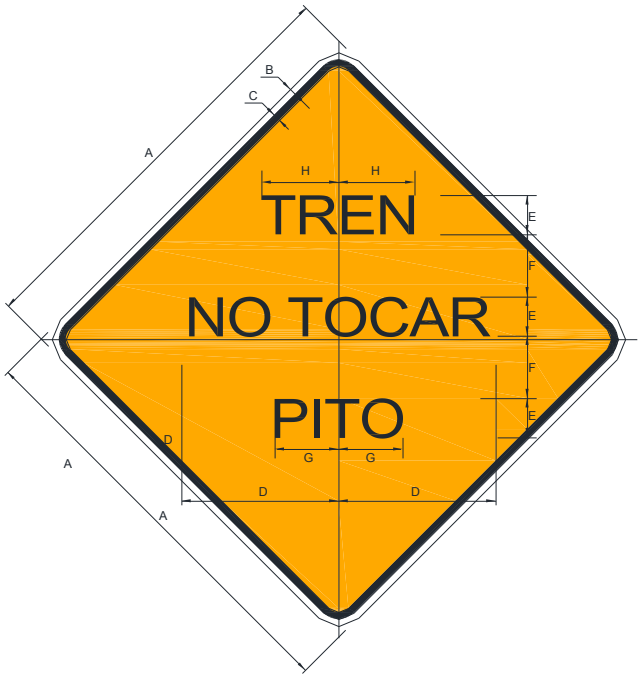


Cruce ferroviario a nivel
"cruce oblicuo"



P-44A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
450 x 450	Ciclovía	450.0	10.0	10.0	170.5	95.9	37.4	13.5	19.9	10.0	29.5
600 x 600	50 o menor	600.0	13.3	13.3	227.3	127.9	49.9	18.0	26.5	13.3	39.3
800 x 800	60 - 70	800.0	17.8	17.8	303.1	170.5	66.5	24.0	35.4	17.8	52.4
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	22.2	22.2	378.9	213.1	83.1	30.0	44.2	22.2	65.6
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO									

Cruce ferroviario a nivel “no tocar pito”

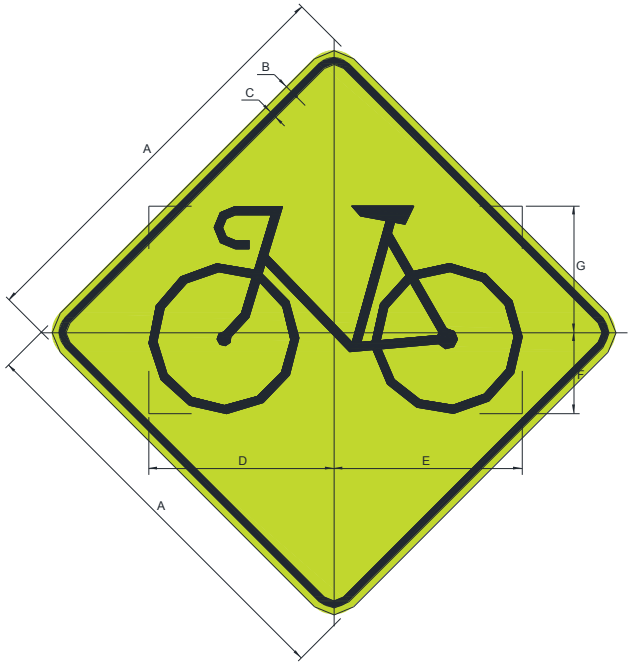


P-44B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		A	B	C	D	E	F
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	191.4	59.9	48.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	255.2	79.9	64.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	340.3	106.5	85.3
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	425.3	133.1	106.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	510.4	159.7	128.0

Vuelo de aviones a baja altura

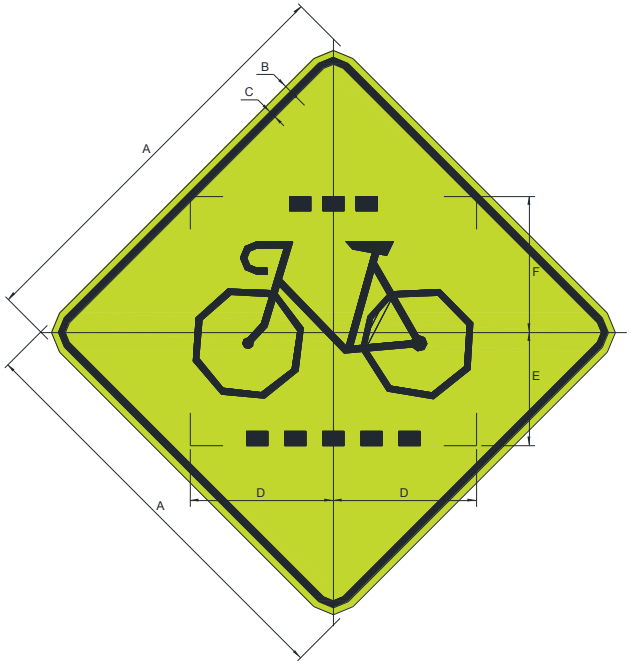
P-45	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		A	B	C	D	E	F
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	224.6	187.3	253.9
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	299.5	249.7	338.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	399.3	333.0	451.4
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	499.1	416.2	564.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	598.9	499.5	677.1

Ciclistas en la vía



P-46	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	200.9	204.0	87.7	137.2
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	267.9	272.0	116.9	182.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	357.2	362.7	155.9	243.9
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	446.4	453.3	194.9	304.9
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

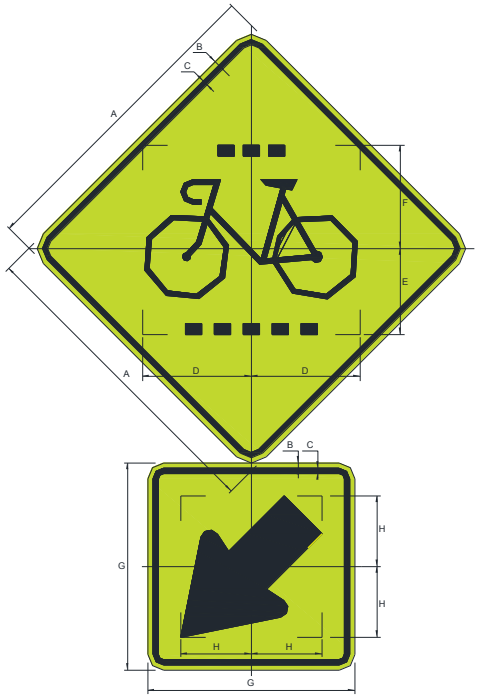
Cruce de ciclistas



P-46A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		A	B	C	D	E	F
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO					
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	207.0	163.4	196.5
800 x 800	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO					
1000 x 1000	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO					
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO					

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-46B

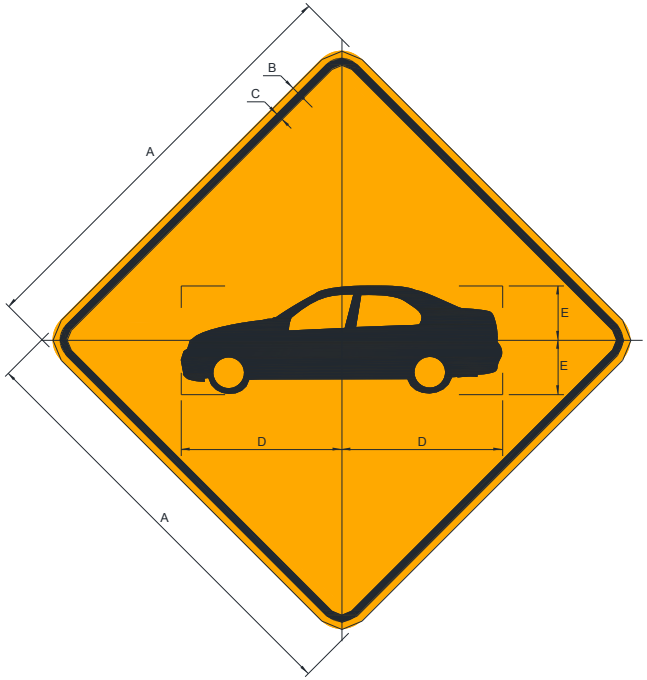
Ubicación de cruce de ciclistas



P-46B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO							
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	207.0	163.4	196.5	394.1	134.4
800 x 800	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO							
1000 x 1000	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO							
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO							

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-46C

Vehículos en la ciclovía



P-46C	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		A	B	C	D	E
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	170.0	57.5
	50 o menor	NO CORRESPONDE SU USO				
	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO				
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO				
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO				

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-46D

Ciclovía “tramo en descenso”

P-46D	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	164.5	157.0	104.5	148.5
	50 o menor	NO CORRESPONDE SU USO						
	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO						
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO						
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-46E

Ciclovía “tramo en ascenso”

P-46E	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	164.5	157.0	104.5	157.0
	50 o menor	NO CORRESPONDE SU USO						
	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO						
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO						
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

Zona de presencia de peatones

P-48	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	119.4	120.8	195.7	187.9
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	159.2	161.1	260.9	250.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	212.3	214.8	347.9	334.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	265.3	268.4	434.9	417.6
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

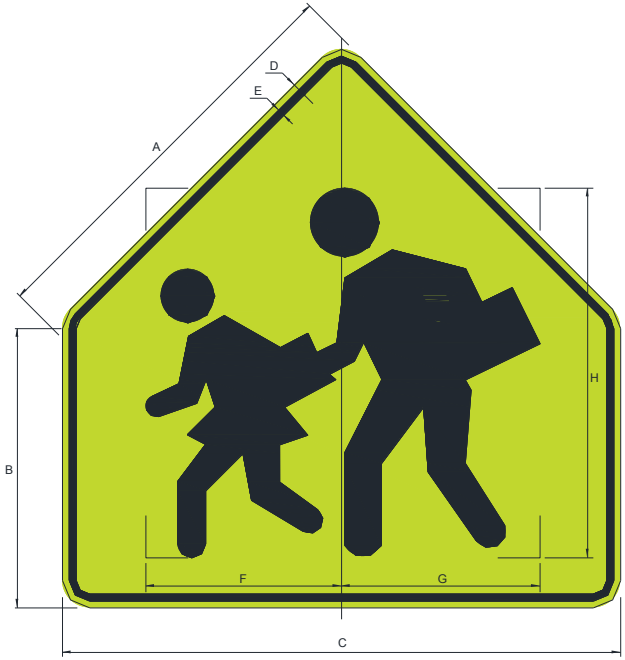
Proximidad de cruce peatonal

P-48A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		A	B	C	D	E	F
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	150.4	180.1	172.0
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	200.5	240.1	229.3
	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO					
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO					
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO					

Cruce peatonal

P-48B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	150.4	180.1	172.0	295.6	100.8
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	200.5	240.1	229.3	394.1	134.4
	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO							
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO							
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO							

Zona escolar



	(Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)							
		A	B	C	D	E	F	G	H
450 x 450	Ciclovía	450.0	305.7	611.5	7.5	7.5	214.4	220.0	404.7
600 x 600	50 o menor	600.0	407.6	815.3	10.0	10.0	285.9	293.3	539.6
	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO							
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO							
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO							

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-49A

Proximidad a cruce escolar

P-49A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	305.7	611.5	7.5	7.5	205.0	413.2
600 x 600	50 o menor	600.0	407.7	815.3	10.0	10.0	273.3	550.9
	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO						
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO						
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-49B

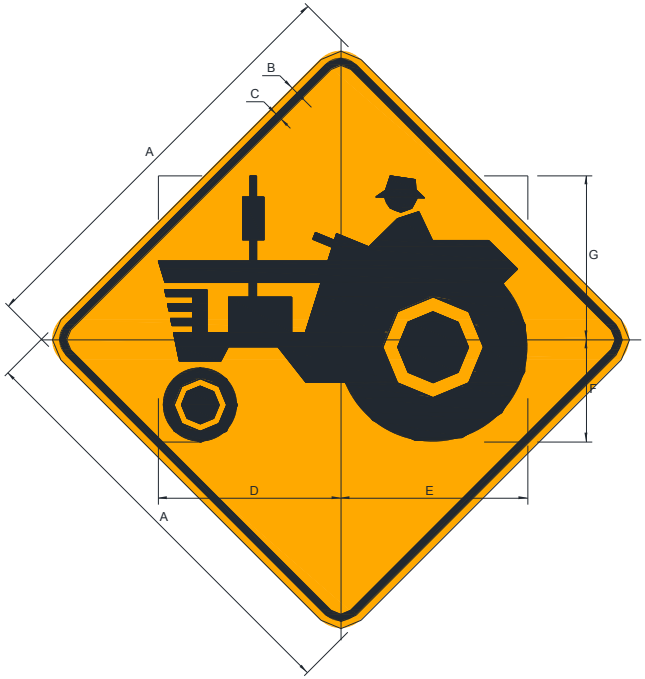
Ubicación de cruce escolar

P-49B	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	305.7	611.5	7.5	7.5	205.0	413.2	295.6	100.8
600 x 600	50 o menor	600.0	407.6	815.3	10.0	10.0	273.3	550.9	394.1	134.4
	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO								
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO								
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

Niños jugando

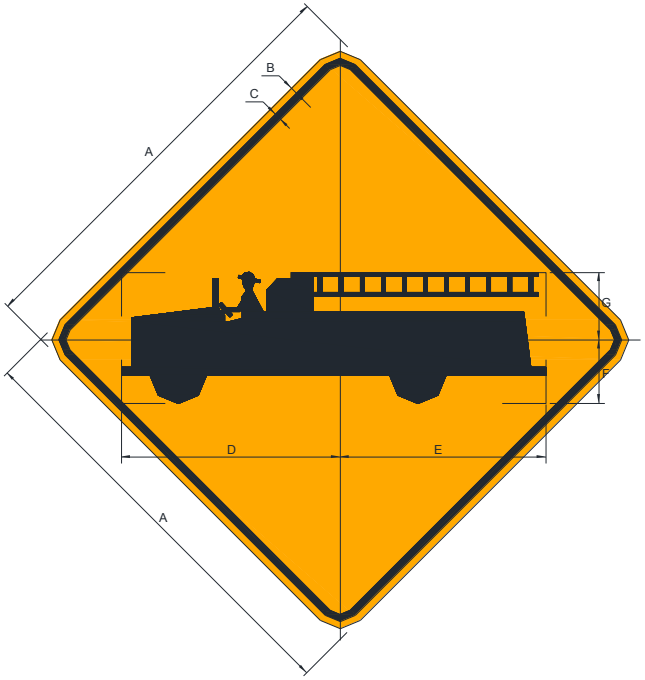
P-50	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	209.2	181.6	191.9	188.1
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	278.9	242.1	255.9	250.8
	60 - 70	NO CORRESPONDE SU USO						
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO						
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

Maquinaria agrícola en la vía



P-51	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	193.5	198.0	108.2	173.8
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	258.0	264.0	144.3	231.7
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	344.0	352.0	192.4	309.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	430.0	440.0	240.4	386.2
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

Salida de vehículos de bomberos

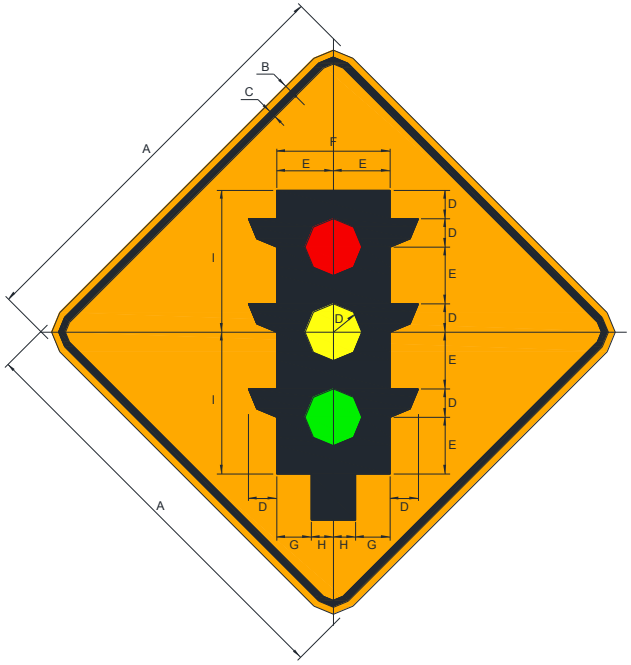


P-52	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	292.6	218.0	67.2	71.3
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	390.2	290.7	89.6	95.1
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	520.3	387.6	119.5	126.8
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	650.4	484.5	149.4	158.5
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	780.4	581.4	179.2	190.2

Animales en la vía

P-53	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	157.3	146.8	42.2	96.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	209.7	195.7	56.3	128.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	279.6	261.0	75.0	171.4
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	349.6	326.2	93.8	214.2
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO						

Proximidad de semáforo



P-55	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	30.7	61.5	123.0	37.5	24.0	153.7
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	40.9	82.0	164.0	50.0	32.0	204.9
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	54.6	109.3	218.7	66.7	42.7	273.2
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	68.2	136.7	273.3	83.3	53.3	341.6
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

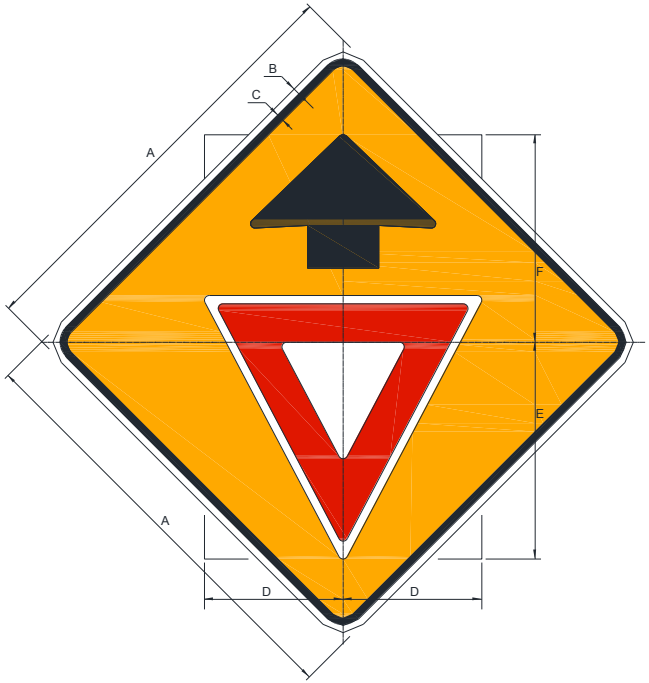
Zona urbana

P-56	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)								
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO								
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	175.0	192.0	100.0	270.0	271.0	75.0
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	233.3	256.0	133.3	360.0	361.3	100.0
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO								
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO								

Proximidad de pare

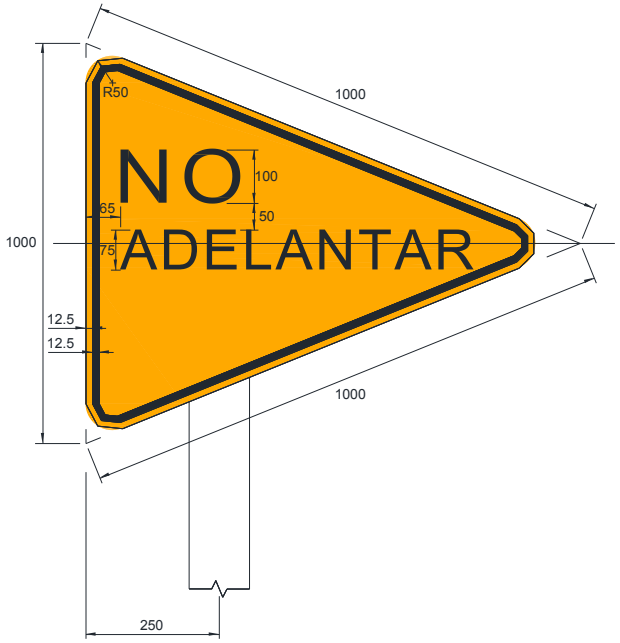
P-58	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		A	B	C	D	E	F
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	108.7	168.0	218.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	144.9	224.0	291.3
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	193.2	298.7	388.4
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	241.6	373.3	485.6
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO					

Proximidad de ceda el paso

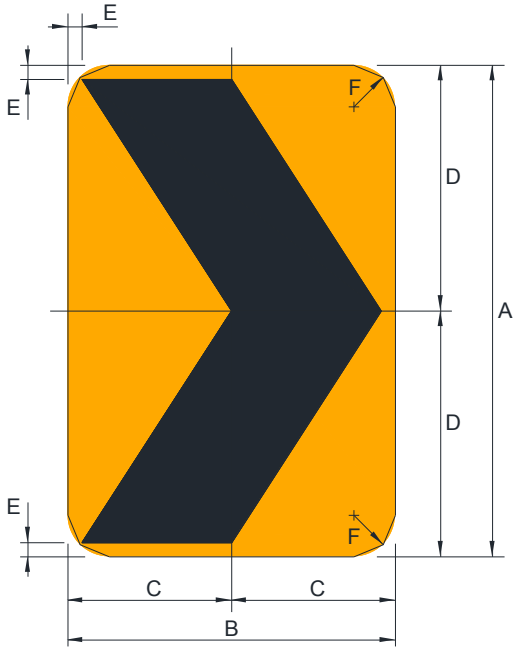


P-59	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)					
		A	B	C	D	E	F
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	146.2	228.2	218.5
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	194.9	304.3	291.3
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	259.9	405.7	388.4
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	324.9	507.1	485.6
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO					

Prohibido adelantar



Delineador de curva horizontal "chevron"

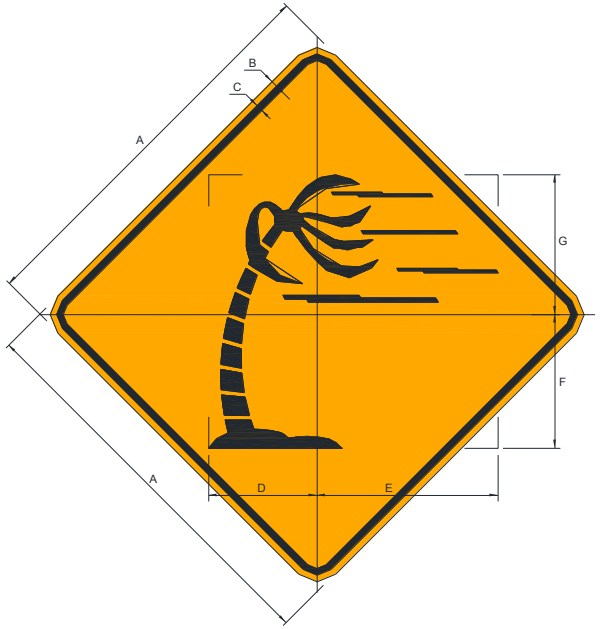


P-61	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES(milimetros)					
		A	B	C	D	E	F
300 x 450	Ciclovía	450.0	300.0	150.0	225.0	13.0	38.0
400 x 600	50 o menor	600.0	400.0	200.0	300.0	17.3	38.0
530 x 800	60 - 70	800.0	530.0	265.0	400.0	23.0	38.0
	80 - 90	NO CORRESPONDE SU USO					
	100 o mayor	NO CORRESPONDE SU USO					

Peso bruto máximo permitido

P-62	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES(milímetros)				
		A	B	C	D	E
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	119.0	132.1
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	158.7	176.1
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	211.6	234.8
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	264.4	293.6
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	317.3	352.3

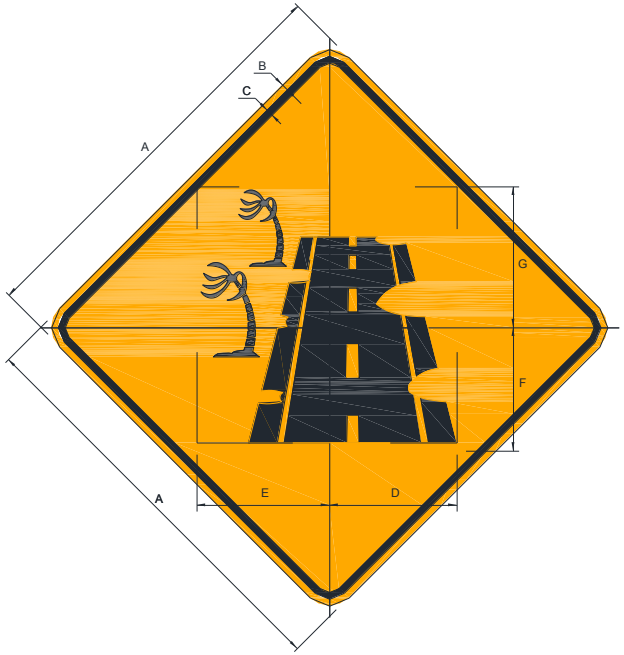
Ráfagas de viento lateral



P-66	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES(milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	124.2	207.2	103.0	160.1
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	165.6	276.3	137.3	213.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	220.8	368.4	183.1	284.6
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	276.0	460.4	228.9	355.8
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	331.2	552.5	274.7	426.9

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles | P-66A

Zona de arenamiento en la vía

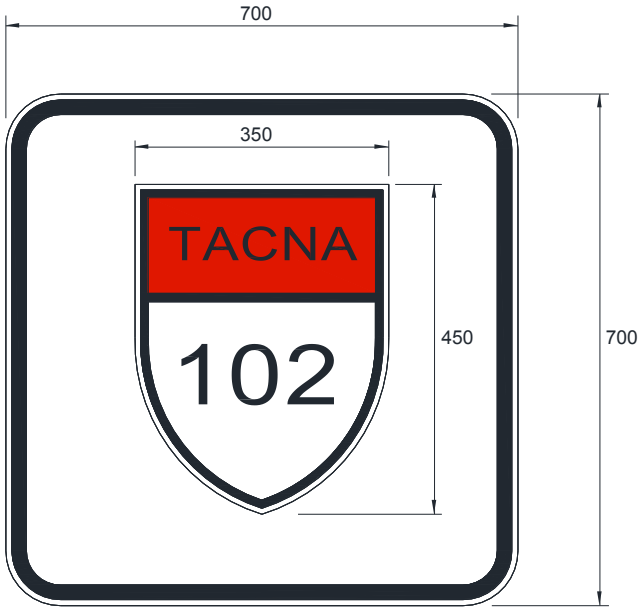


P-66A	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)						
		A	B	C	D	E	F	G
450 x 450	Ciclovía	450.0	7.5	7.5	140.6	145.9	135.4	156.4
600 x 600	50 o menor	600.0	10.0	10.0	187.5	194.5	180.5	208.5
800 x 800	60 - 70	800.0	13.3	13.3	250.0	259.4	240.7	278.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	16.7	16.7	312.4	324.2	300.9	347.6
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	20.0	20.0	374.9	389.1	361.1	417.1

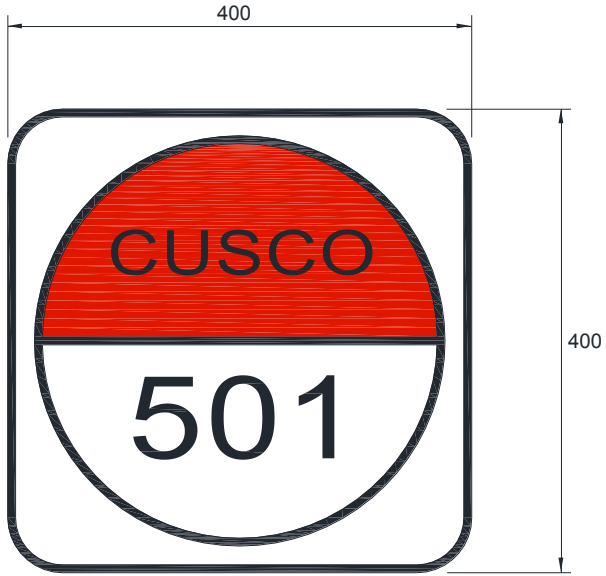
Escudo indicador de carretera del sistema vial interamericano

Símbolo que identifica la red vial nacional del “sinac”

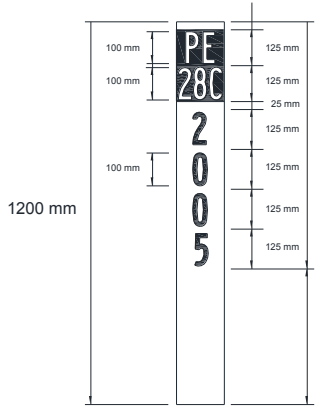
Símbolo que identifica la red vial departamental o regional del “sinac”



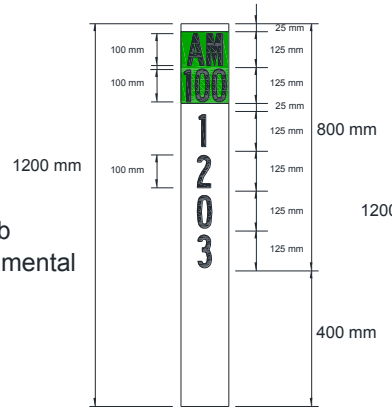
Símbolo que identifica la red vial vecinal o rural del “sinac”



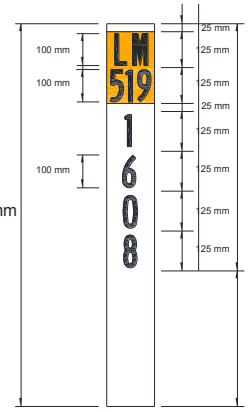
Postes de kilometraje (Red vial)



I. a Nacional

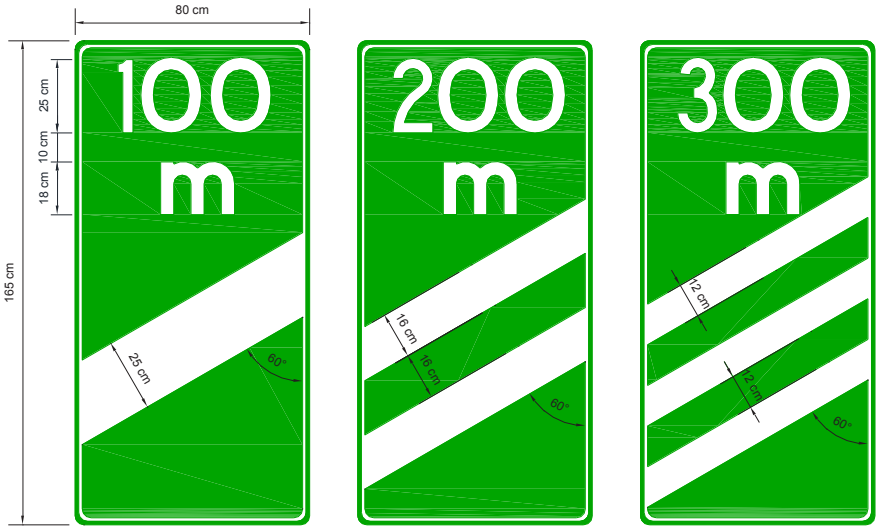


I. b Departamental



I. c Vecinal

Baliza de acercamiento



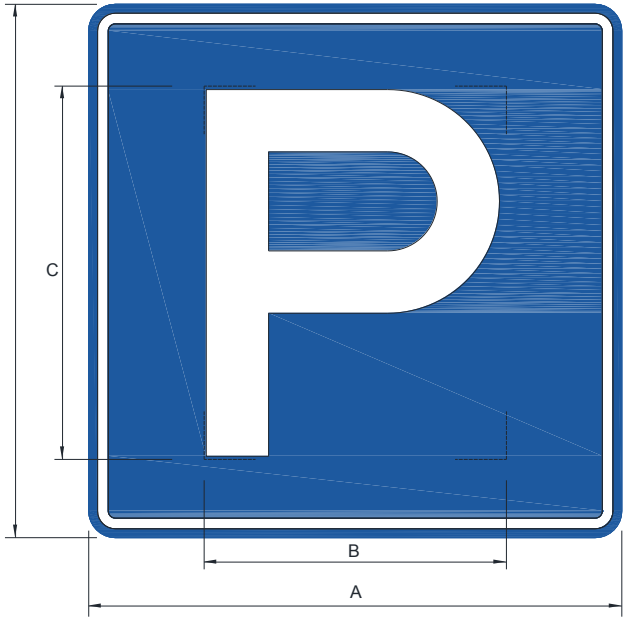
Control de velocidad en carretera unidireccional o carretera bidireccional o multicarril

Control de velocidad en tramo de carretera unidireccional o bidireccional o multicarril

Control de velocidad en autopista

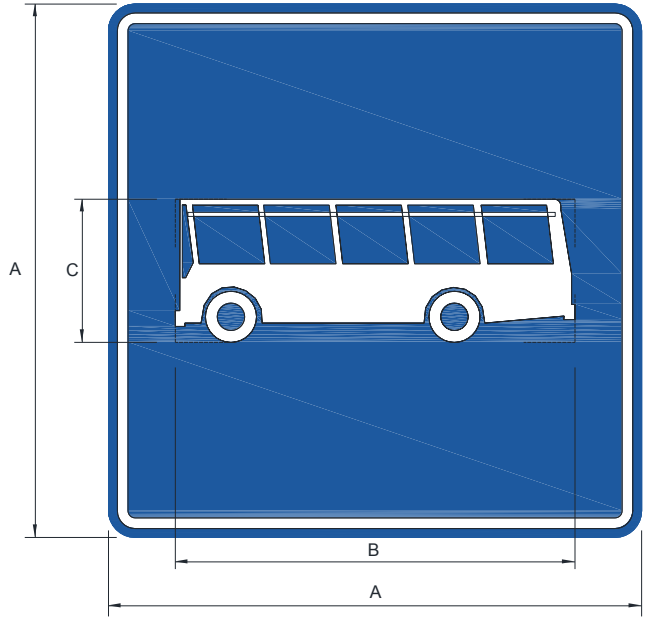
Control de velocidad en tramo de autopista

Sitio de parqueo



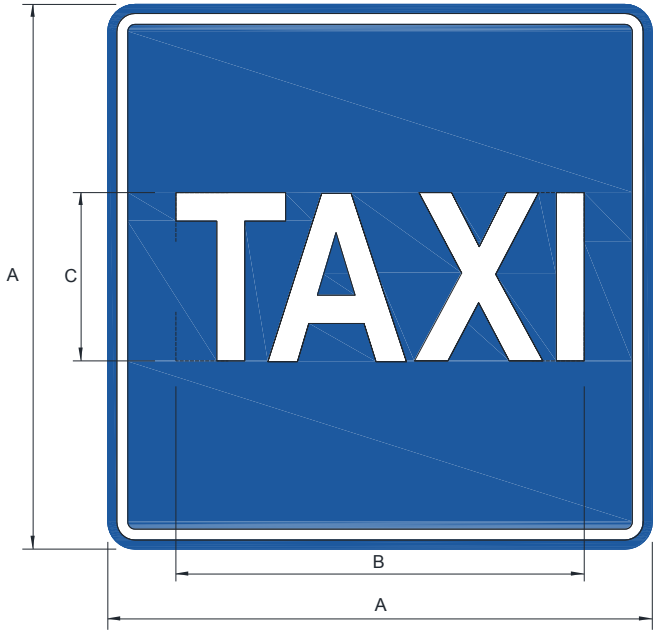
I-5	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	255.4	315.0
600 x 600	50 o menor	600.0	340.5	420.0
800 x 800	60 - 70	800.0	454.0	560.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	567.6	700.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	681.1	840.0

Paradero de buses



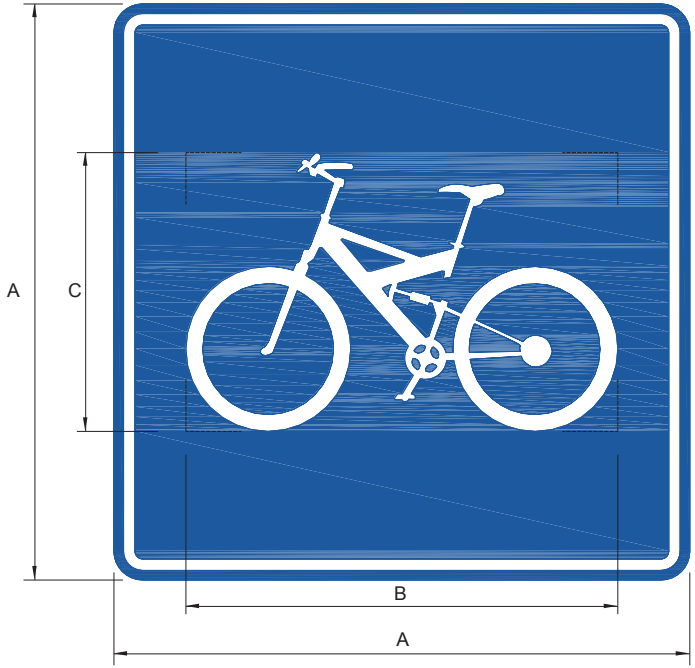
I-6	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	120.9
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	161.2
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	214.9
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	268.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	322.4

Estacionamiento de taxis



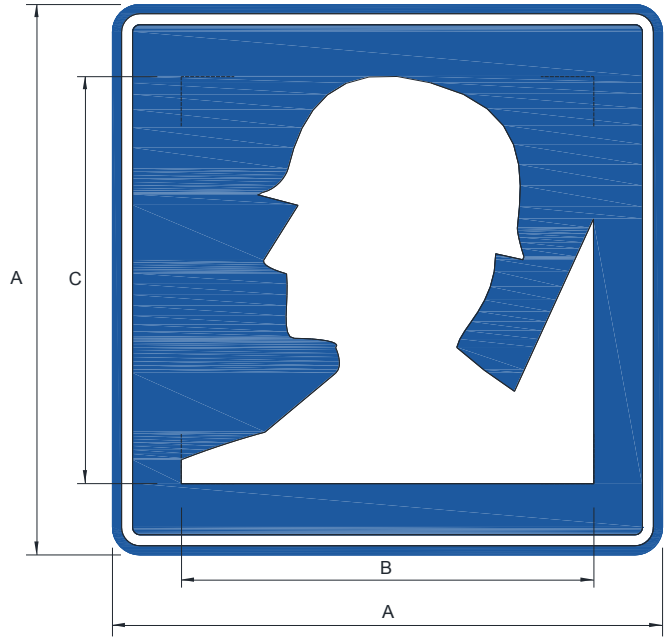
I-7	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	138.9
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	185.2
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	246.9
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	308.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	370.4

Vía para ciclistas



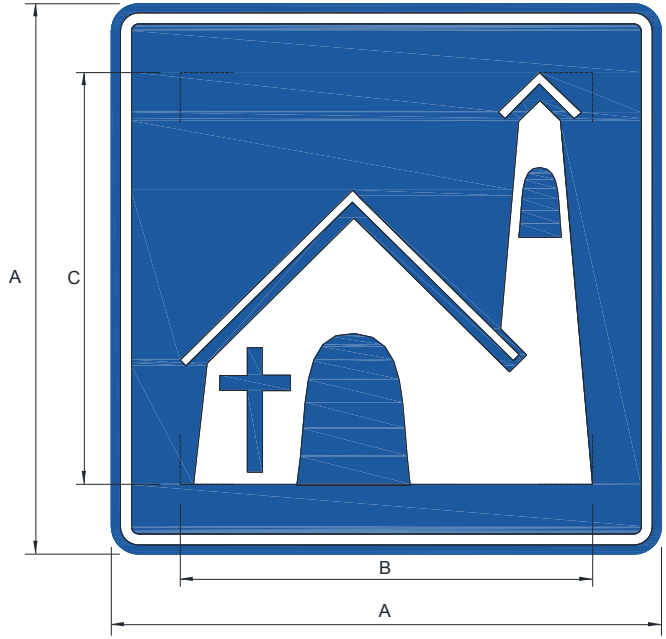
I-8	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	217.6
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	290.2
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	387.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	483.7
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	580.4

Zona militar



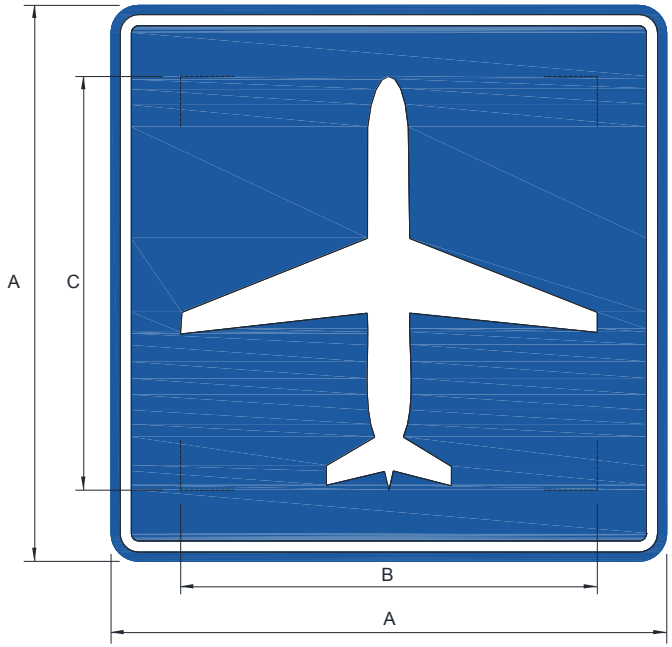
I-9	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	332.7
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	443.6
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	591.5
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	739.4
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	887.3

Iglesia



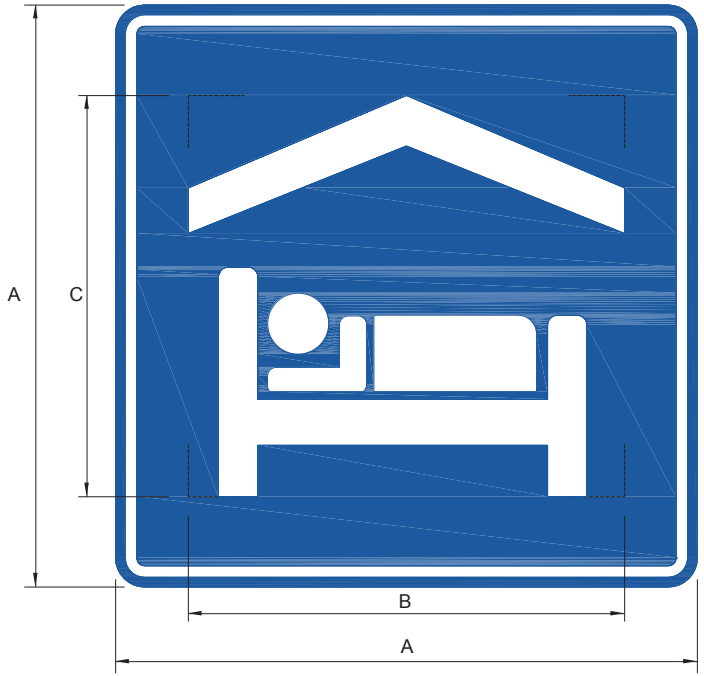
I-10	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	337.5
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	450.0
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	600.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	750.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	900.0

Aeropuerto



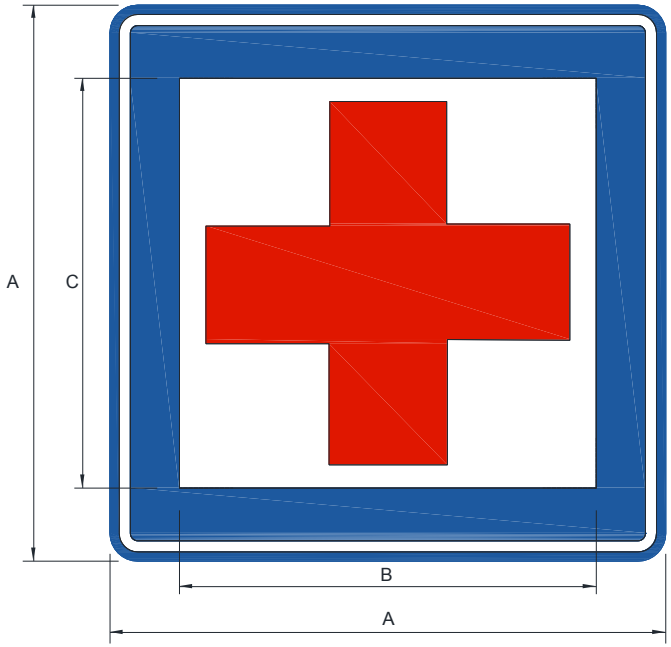
I-11	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	337.5
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	450.0
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	600.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	750.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	900.0

Hospedaje



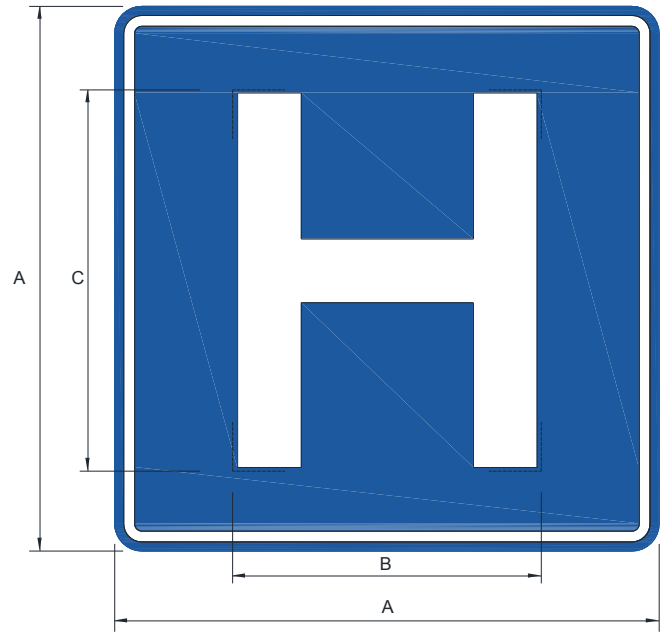
I-12	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	309.4
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	412.5
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	550.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	687.5
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	825.0

Primeros auxilios



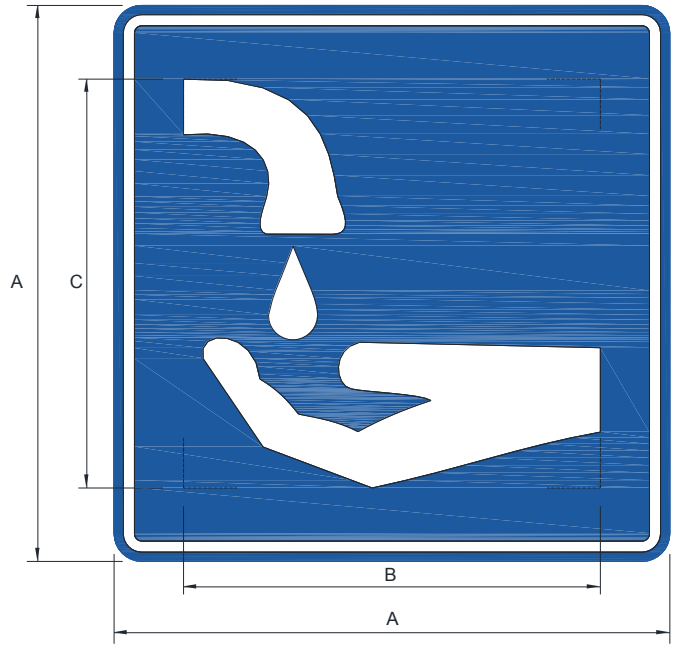
I-13	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	337.5
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	450.0
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	600.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	750.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	900.0

Hospital



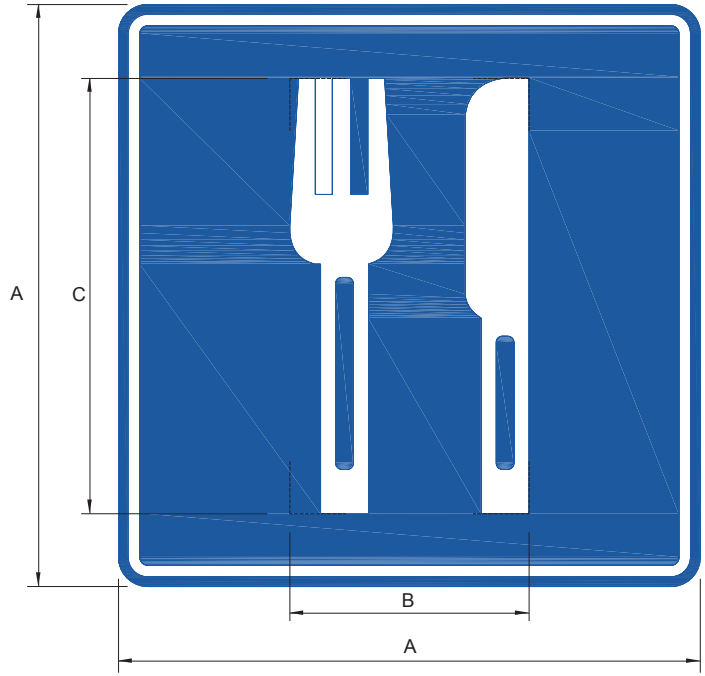
I-14	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	337.5
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	450.0
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	600.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	750.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	900.0

Servicios sanitarios



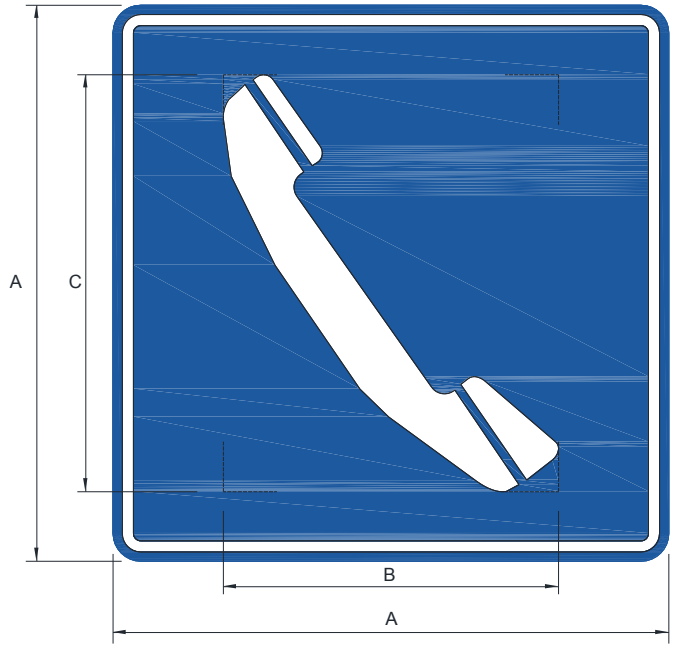
I-15	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	331.9
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	442.5
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	590.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	737.5
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	885.0

Restaurante



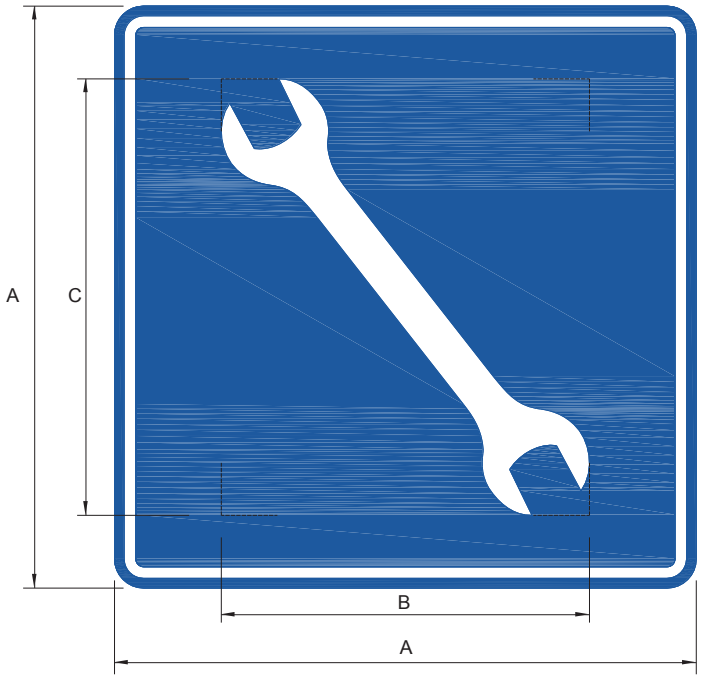
I-16	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	185.6	337.5
600 x 600	50 o menor	600.0	247.5	450.0
800 x 800	60 - 70	800.0	330.0	600.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	412.5	750.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	495.0	900.0

Teléfono



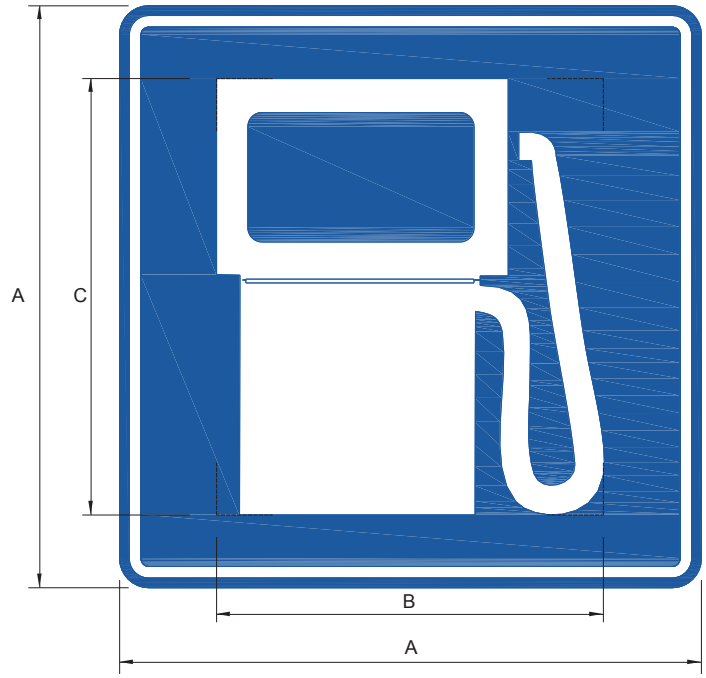
I-17	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	271.4	337.5
600 x 600	50 o menor	600.0	361.9	450.0
800 x 800	60 - 70	800.0	482.5	600.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	603.1	750.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	723.7	900.0

Servicio mecánico



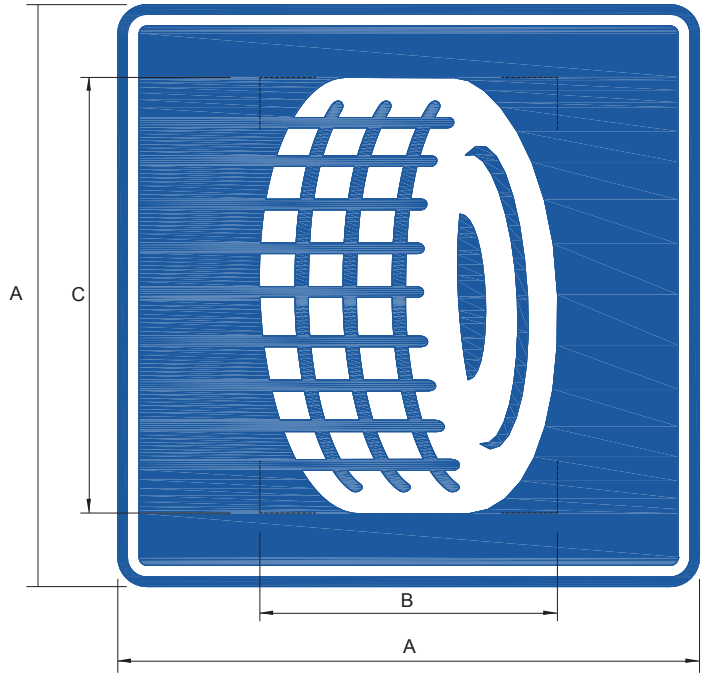
I-18	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	284.7	337.5
600 x 600	50 o menor	600.0	379.7	450.0
800 x 800	60 - 70	800.0	506.3	600.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	632.9	750.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	759.5	900.0

Grifo



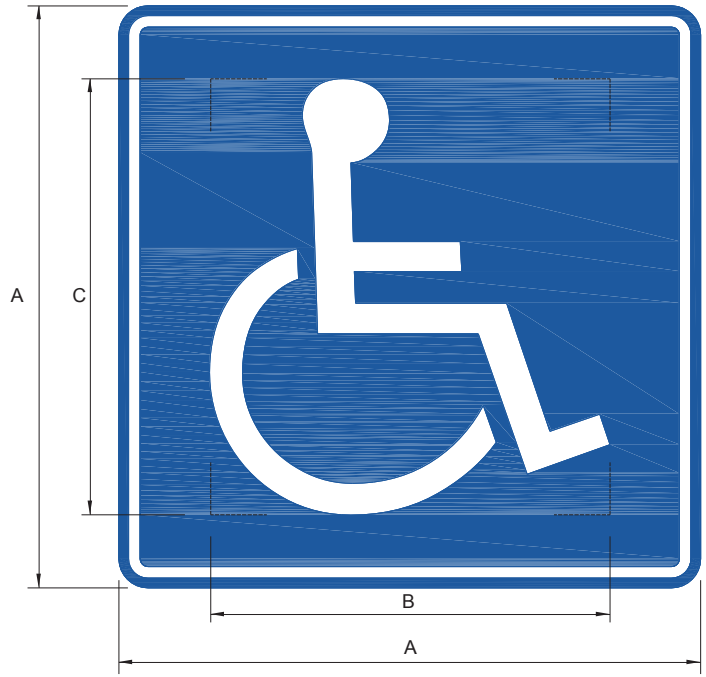
I-19	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	299.2	337.5
600 x 600	50 o menor	600.0	399.0	450.0
800 x 800	60 - 70	800.0	532.0	600.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	665.0	750.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	798.0	900.0

Llantería



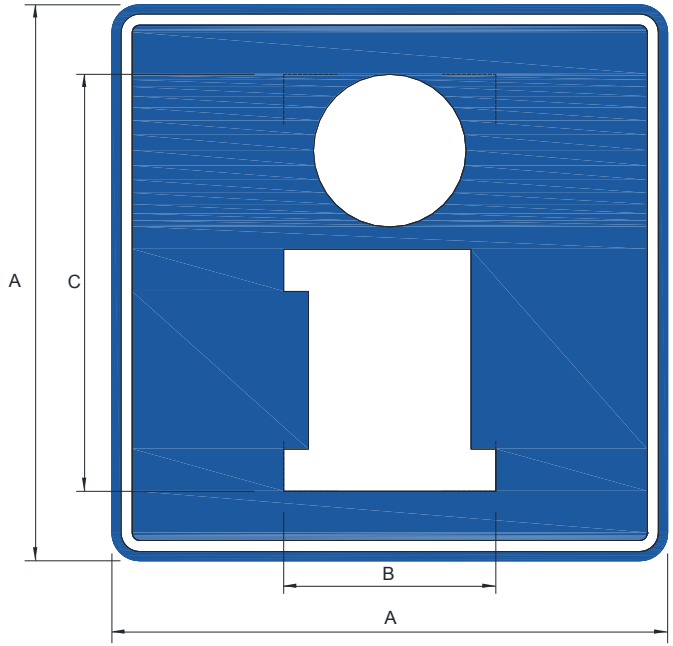
I-20	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	230.0	337.5
600 x 600	50 o menor	600.0	306.7	450.0
800 x 800	60 - 70	800.0	409.0	600.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	511.2	750.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	613.4	900.0

Personas con movilidad reducida



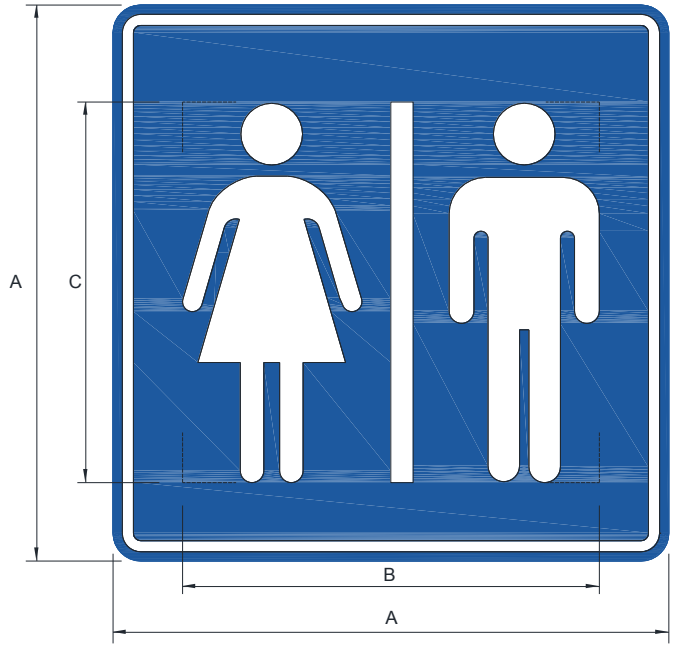
I-21	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	308.8	337.5
600 x 600	50 o menor	600.0	411.7	450.0
800 x 800	60 - 70	800.0	549.0	600.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	686.2	750.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	823.4	900.0

Servicio de información



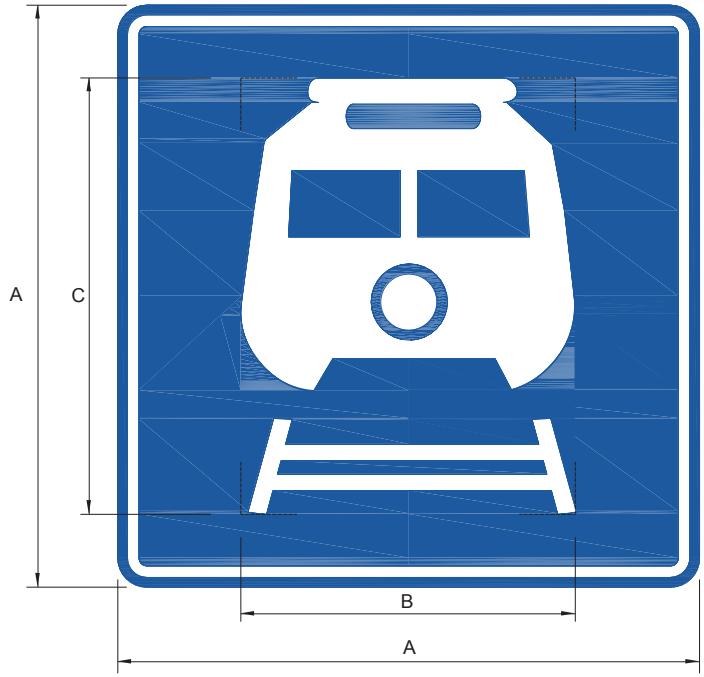
I-22	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	171.7	337.5
600 x 600	50 o menor	600.0	229.0	450.0
800 x 800	60 - 70	800.0	305.4	600.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	381.7	750.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	458.0	900.0

Servicios higiénicos



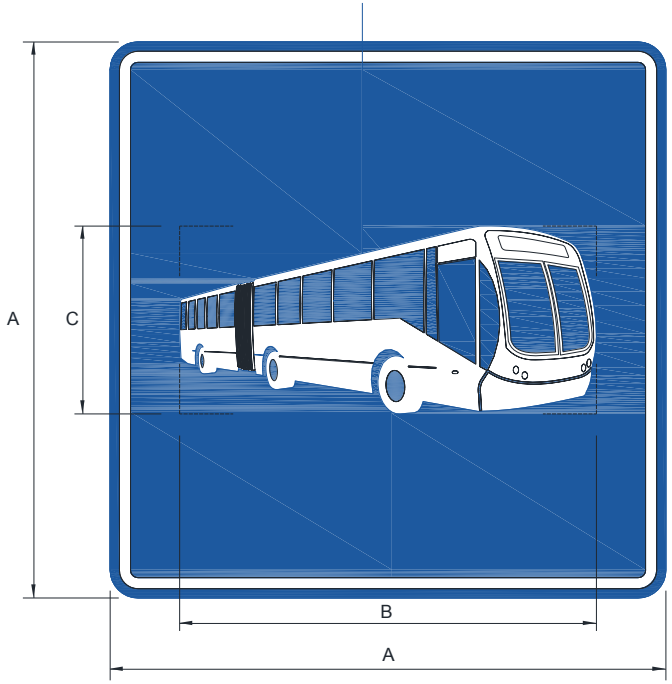
I-23	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.00	337.50	309.40
600 x 600	50 o menor	600.00	450.00	412.50
800 x 800	60 - 70	800.00	600.00	550.00
1000 x 1000	80 - 90	1000.00	750.00	687.50
1200 x 1200	100 o mayor	1200.00	900.00	825.00

Transporte ferroviario



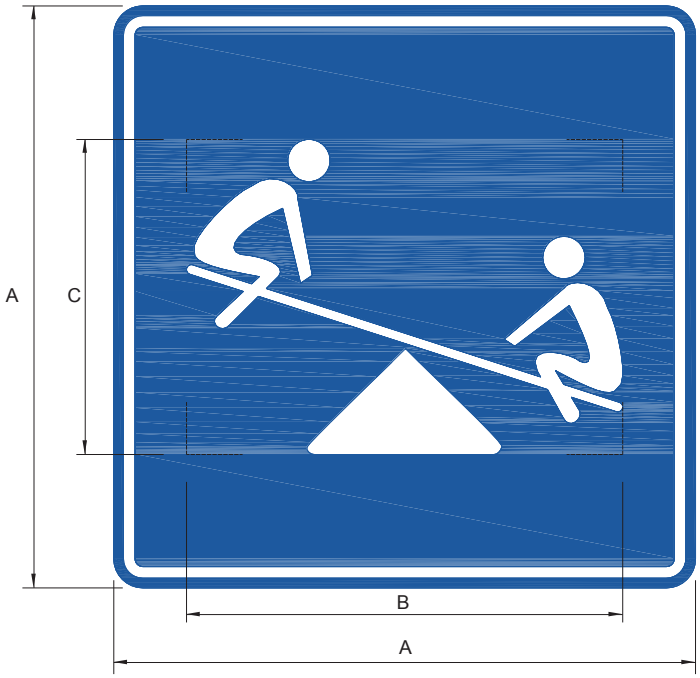
I-24	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.00	258.70	337.50
600 x 600	50 o menor	600.00	345.00	450.00
800 x 800	60 - 70	800.00	460.00	600.00
1000 x 1000	80 - 90	1000.00	575.00	750.00
1200 x 1200	100 o mayor	1200.00	690.00	900.00

Transporte masivo de pasajeros



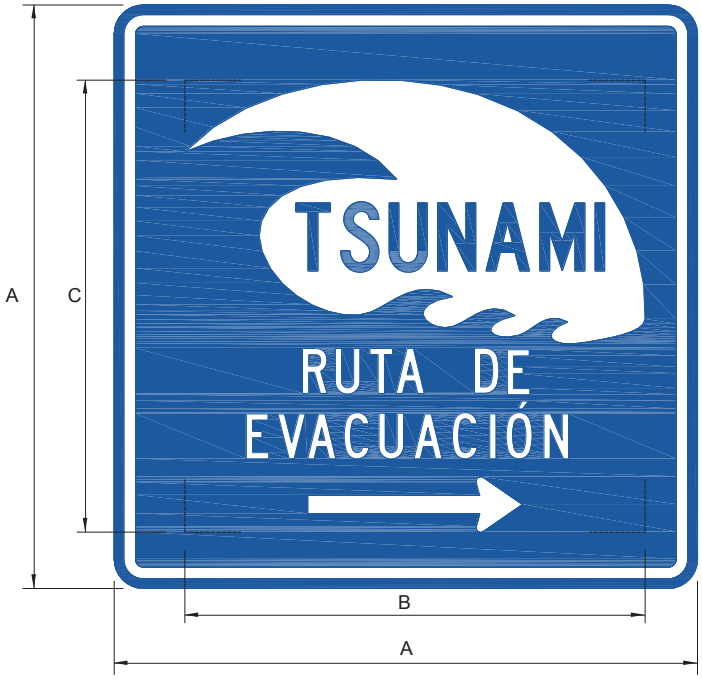
I-25	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.00	337.50	152.00
600 x 600	50 o menor	600.00	450.00	202.70
800 x 800	60 - 70	800.00	600.00	270.30
1000 x 1000	80 - 90	1000.00	750.00	337.90
1200 x 1200	100 o mayor	1200.00	900.00	405.50

Zona recreativa



I-26	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.00	337.50	243.50
600 x 600	50 o menor	600.00	450.00	324.70
800 x 800	60 - 70	800.00	600.00	433.00
1000 x 1000	80 - 90	1000.00	750.00	541.20
1200 x 1200	100 o mayor	1200.00	900.00	649.40

Tsunami ruta de evacuación

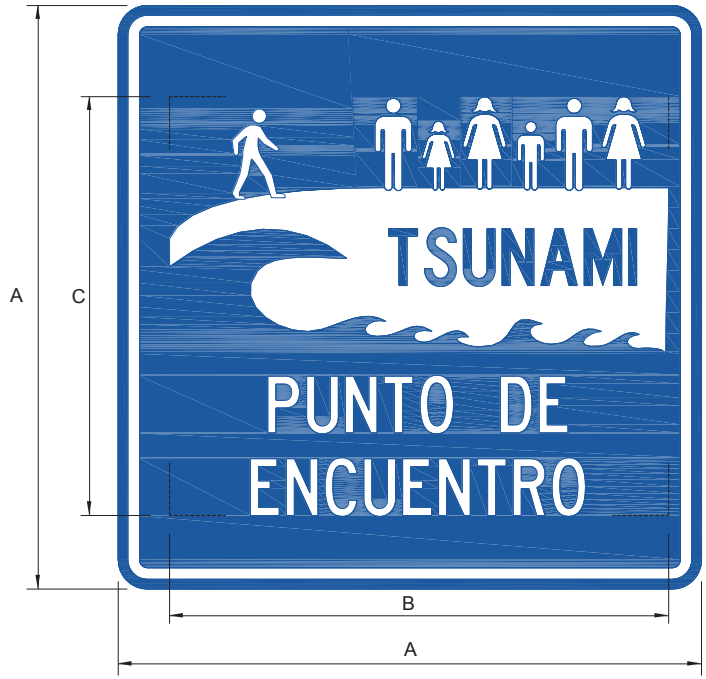


I-27	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.00	472.50	348.70
600 x 600	50 o menor	600.00	472.50	465.00
800 x 800	60 - 70	800.00	630.00	620.00
1000 x 1000	80 - 90	1000.00	787.50	775.00
1200 x 1200	100 o mayor	1200.00	945.00	930.00

Zona de riesgo por tsunami

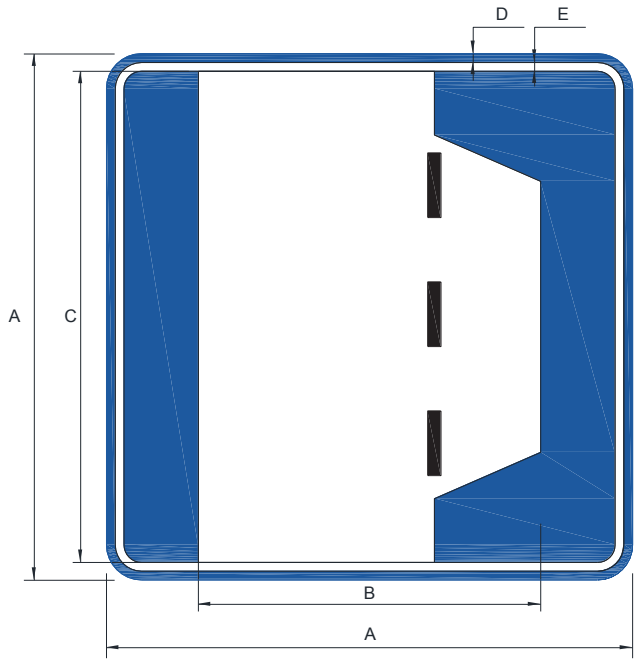
I-28	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.00	374.00	329.00
600 x 600	50 o menor	600.00	498.70	438.70
800 x 800	60 - 70	800.00	665.00	585.00
1000 x 1000	80 - 90	1000.00	831.20	731.20
1200 x 1200	100 o mayor	1200.00	997.40	877.40

Punto de encuentro por tsunami



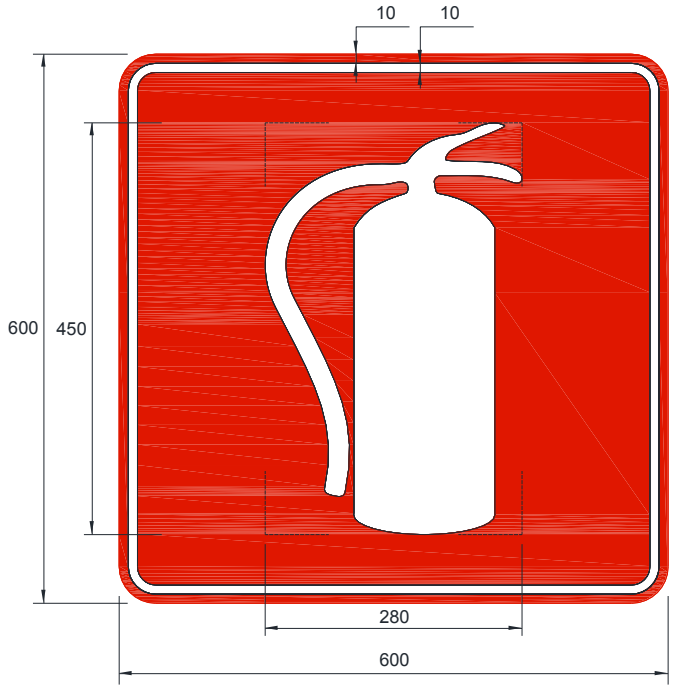
I-29	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.00	385.30	329.00
600 x 600	50 o menor	600.00	513.70	438.70
800 x 800	60 - 70	800.00	685.00	585.00
1000 x 1000	80 - 90	1000.00	856.20	731.20
1200 x 1200	100 o mayor	1200.00	1027.40	877.40

Estacionamiento para emergencias

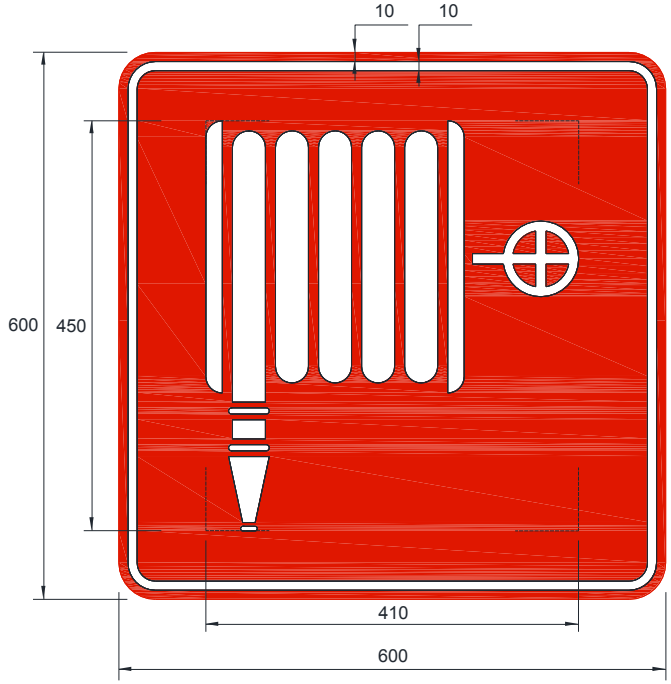


I-31	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)				
		A	B	C	D	E
	Ciclovía	NO CORRESPONDE SU USO				
600 x 600	50 o menor	600.00	390.00	560.00	10.00	10.00
800 x 800	60 - 70	800.00	520.00	748.00	13.00	13.00
1000 x 1000	80 - 90	1000.00	650.00	936.00	16.00	16.00
1200 x 1200	100 o mayor	1200.00	780.00	1124.00	19.00	19.00

Extintor contra incendios

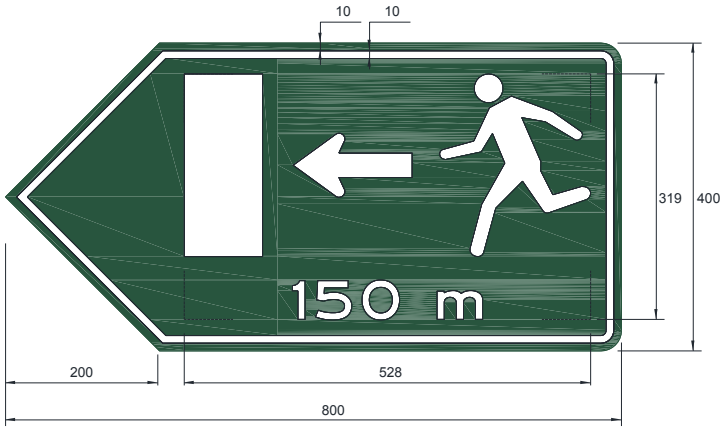


Hidrante y manguera contra incendios

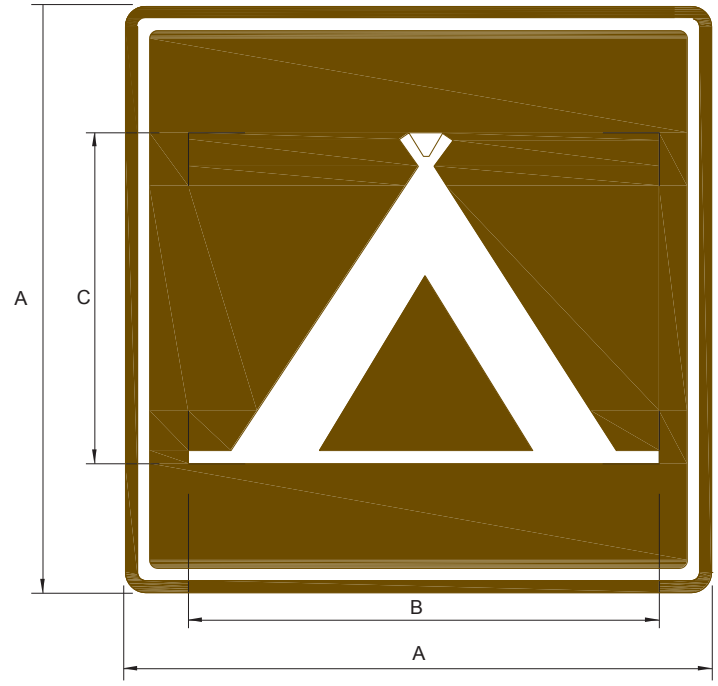


Salida de emergencia

Ruta de emergencia

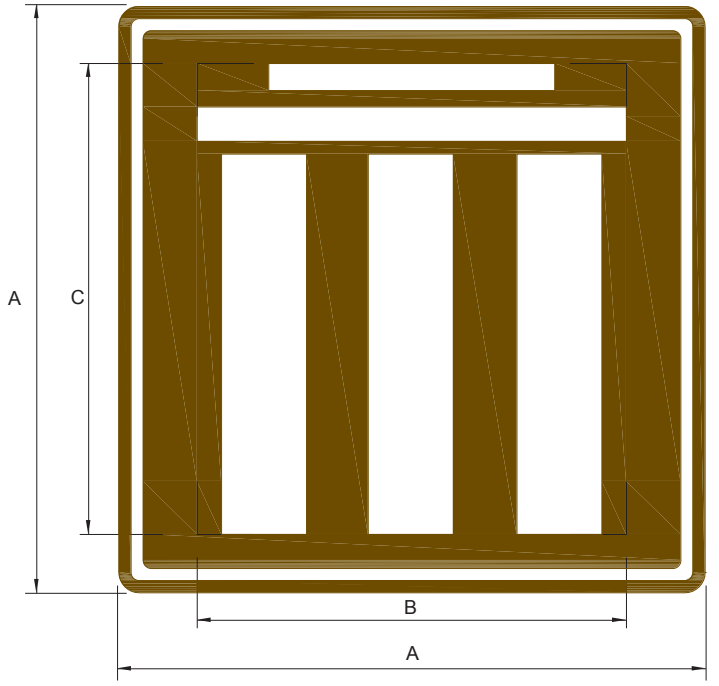


Zona de camping



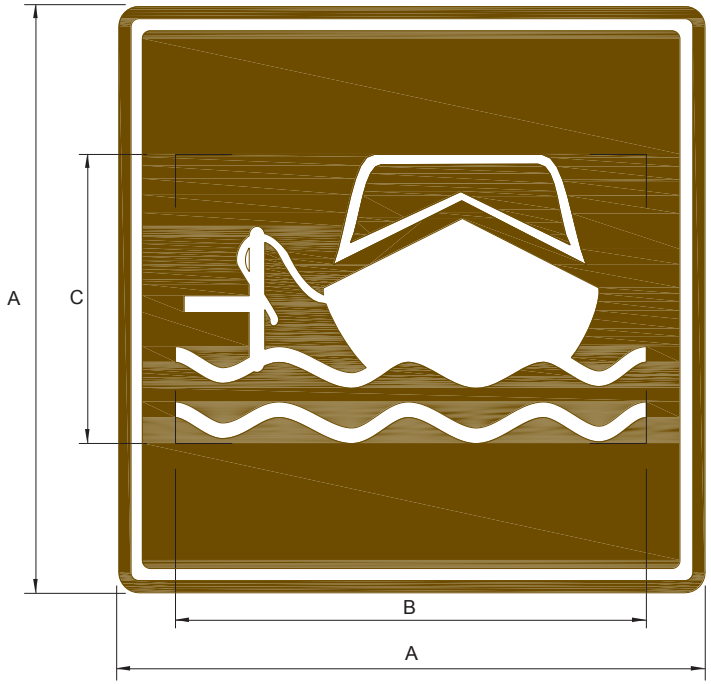
T-01	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	360.0	329.0
600 x 600	50 o menor	600.0	480.0	438.7
800 x 800	60 - 70	800.0	640.0	585.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	800.0	731.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	960.0	877.4

Museo



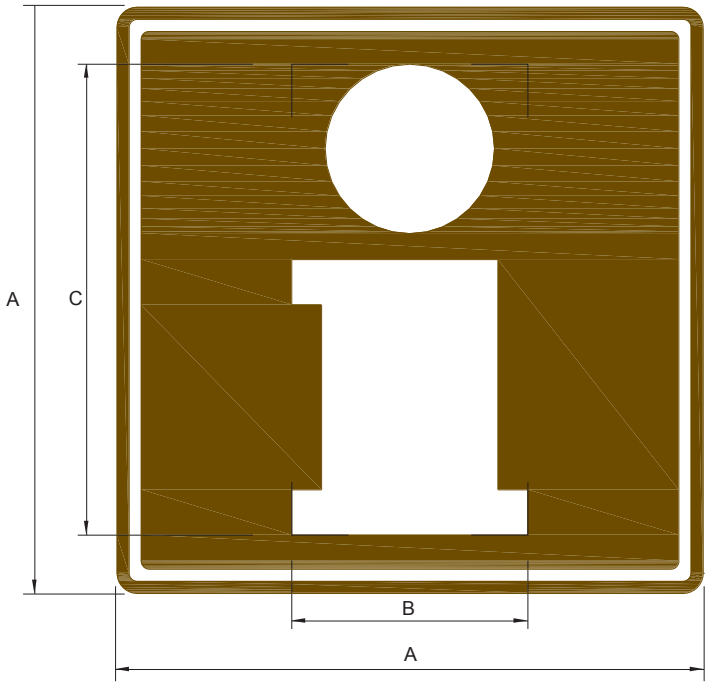
T-02	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	329.0	360.0
600 x 600	50 o menor	600.0	438.7	480.0
800 x 800	60 - 70	800.0	585.0	640.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	731.2	800.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	877.4	960.0

Muelle



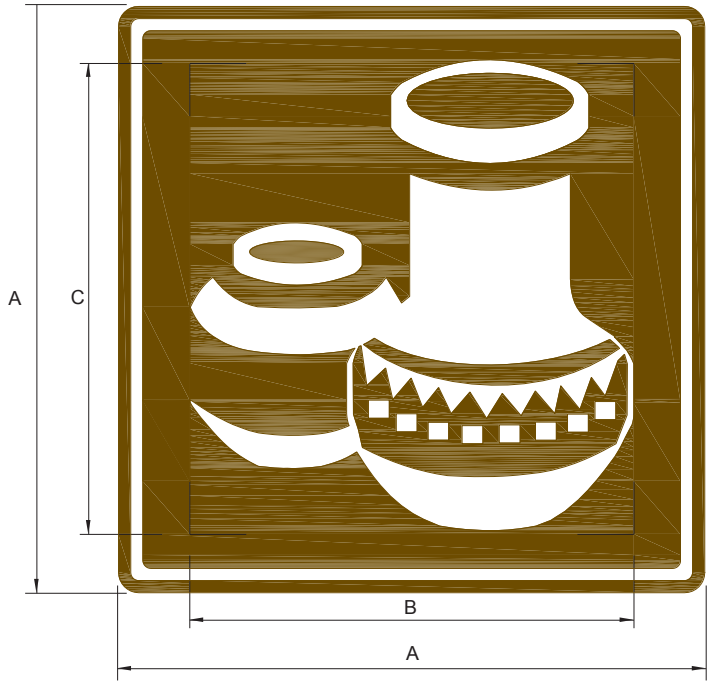
T-03	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	360.0	221.1
600 x 600	50 o menor	600.0	480.0	294.7
800 x 800	60 - 70	800.0	640.0	393.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	800.0	491.2
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	960.0	589.4

Servicio de información turística



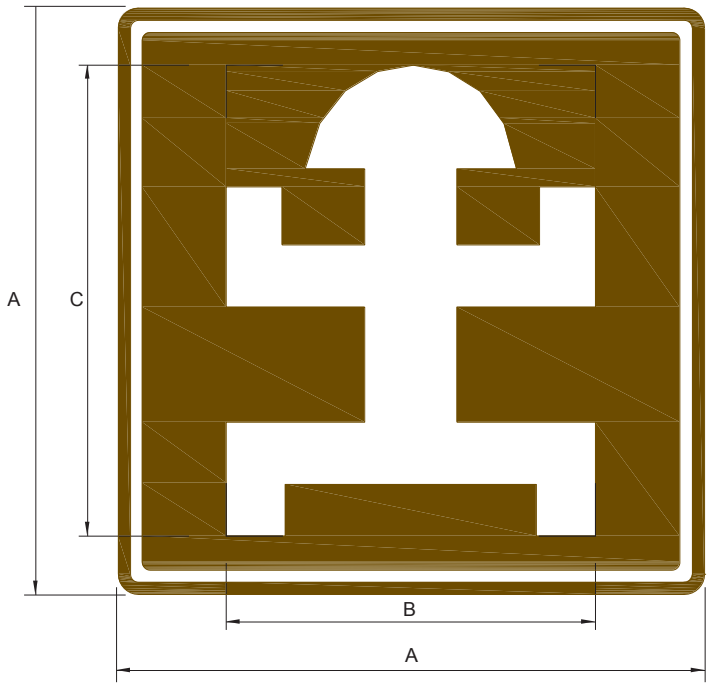
T-04	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	180.0	360.0
600 x 600	50 o menor	600.0	240.0	480.0
800 x 800	60 - 70	800.0	320.0	640.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	400.0	800.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	480.0	960.0

Artesanías



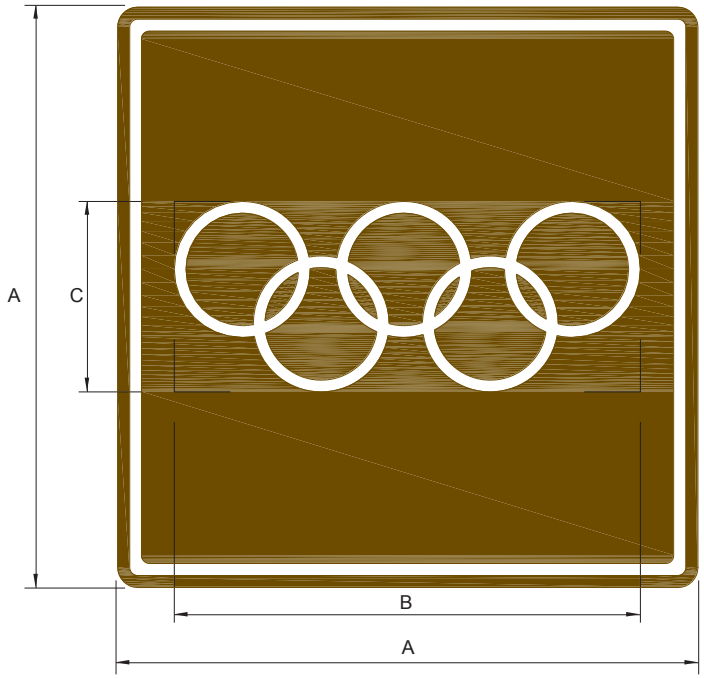
T-05	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	337.5	360.0
600 x 600	50 o menor	600.0	450.0	480.0
800 x 800	60 - 70	800.0	600.0	640.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	750.0	800.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	900.0	960.0

Bienes arqueológicos



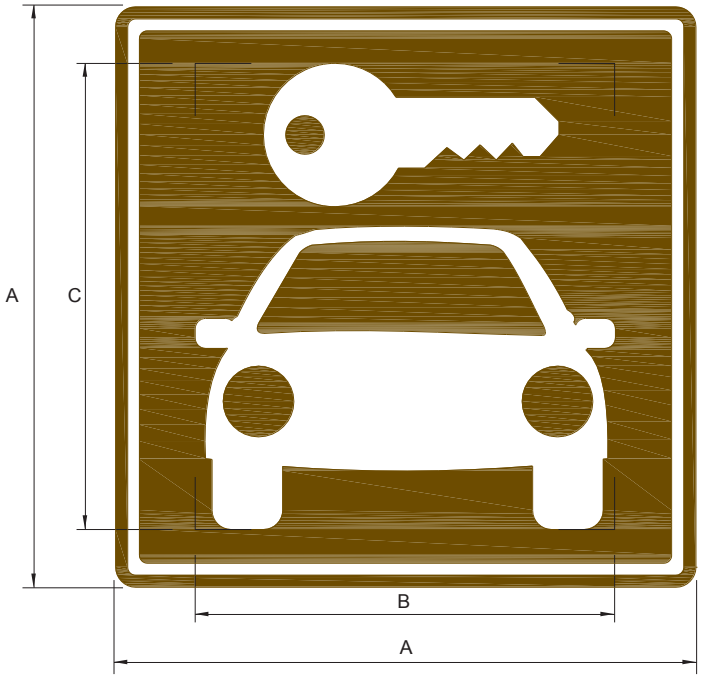
T-06	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	281.2	360.0
600 x 600	50 o menor	600.0	375.0	480.0
800 x 800	60 - 70	800.0	500.0	640.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	625.0	800.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	750.0	960.0

Polideportivo



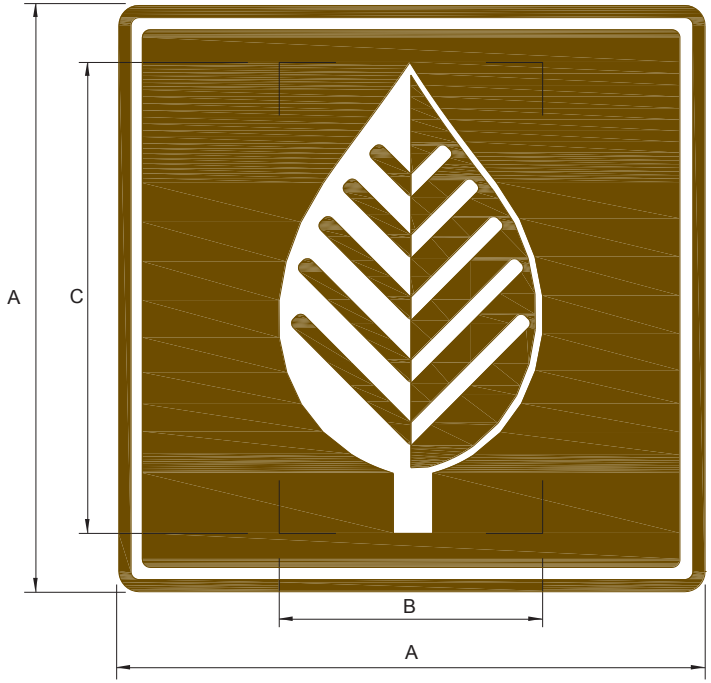
T-07	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	360.0	146.2
600 x 600	50 o menor	600.0	480.0	195.0
800 x 800	60 - 70	800.0	640.0	260.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	800.0	325.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	960.0	390.0

Alquiler de vehículos



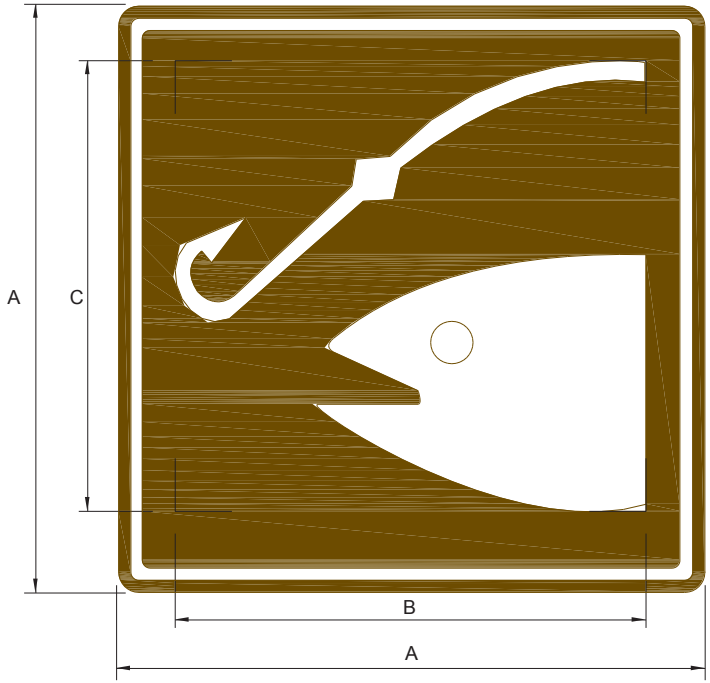
T-08	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	324.0	360.0
600 x 600	50 o menor	600.0	432.0	480.0
800 x 800	60 - 70	800.0	576.0	640.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	720.0	800.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	864.0	960.0

Atractivo natural



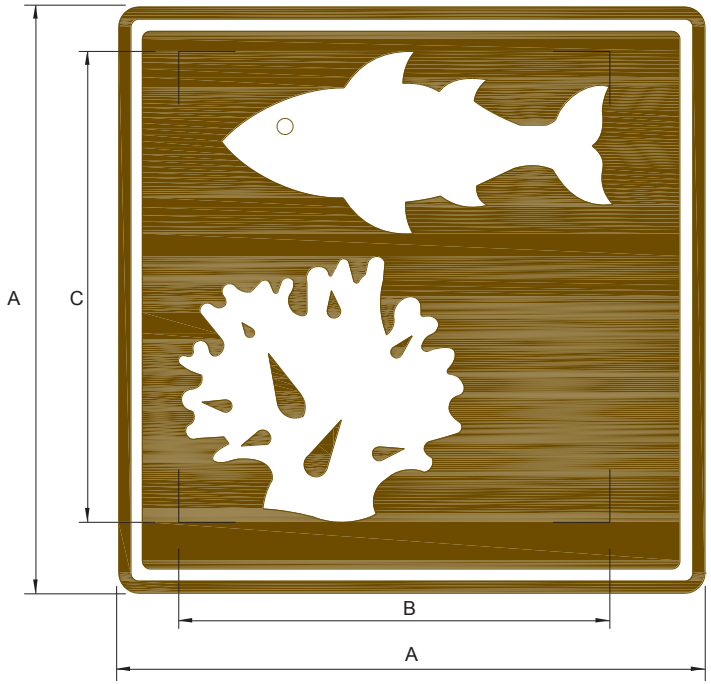
T-09	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	202.5	360.0
600 x 600	50 o menor	600.0	270.0	480.0
800 x 800	60 - 70	800.0	360.0	640.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	450.0	800.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	540.0	960.0

Lugar de pesca



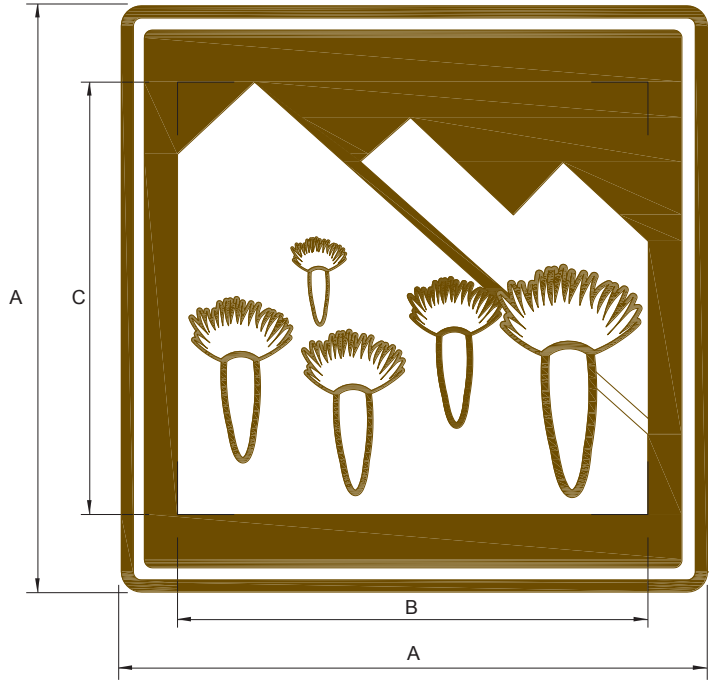
T-10	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	360.0	344.2
600 x 600	50 o menor	600.0	480.0	459.0
800 x 800	60 - 70	800.0	640.0	612.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	800.0	765.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	960.0	918.0

Arrecife coralino



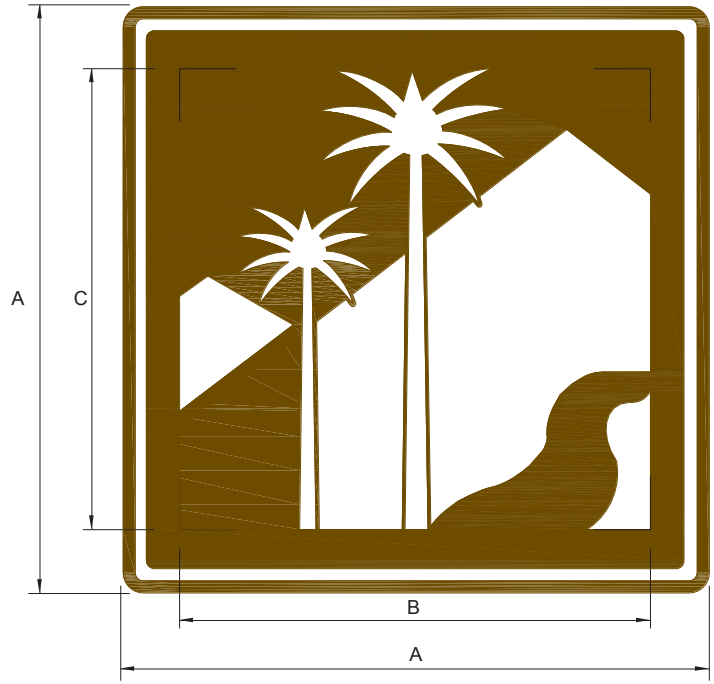
T-11	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	329.6	360.0
600 x 600	50 o menor	600.0	439.5	480.0
800 x 800	60 - 70	800.0	586.0	640.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	732.5	800.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	879.0	960.0

Páramo o puna



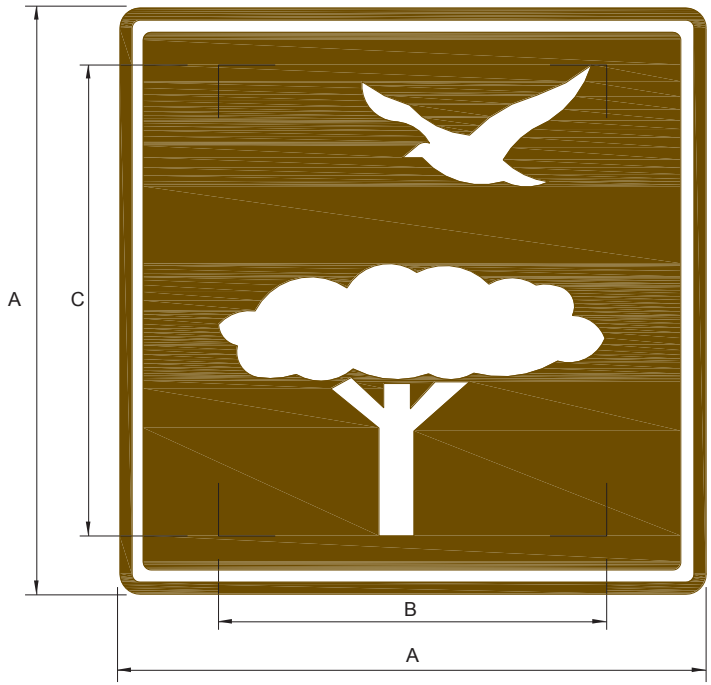
T-12	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	360.0	330.7
600 x 600	50 o menor	600.0	480.0	441.0
800 x 800	60 - 70	800.0	640.0	588.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	800.0	735.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	960.0	882.0

Parque o reserva natural



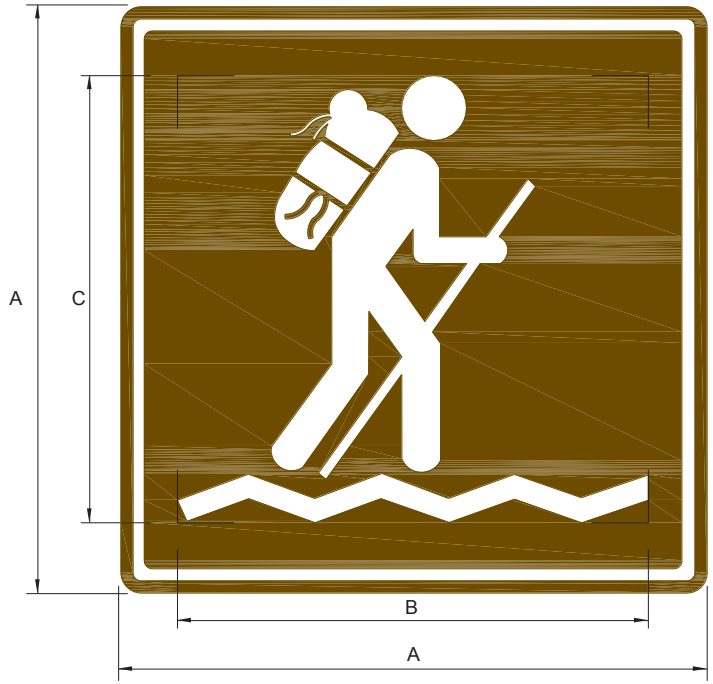
T-13	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	360.0	352.4
600 x 600	50 o menor	600.0	480.0	469.9
800 x 800	60 - 70	800.0	640.0	626.5
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	800.0	783.1
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	960.0	939.8

Observatorio de flora y fauna



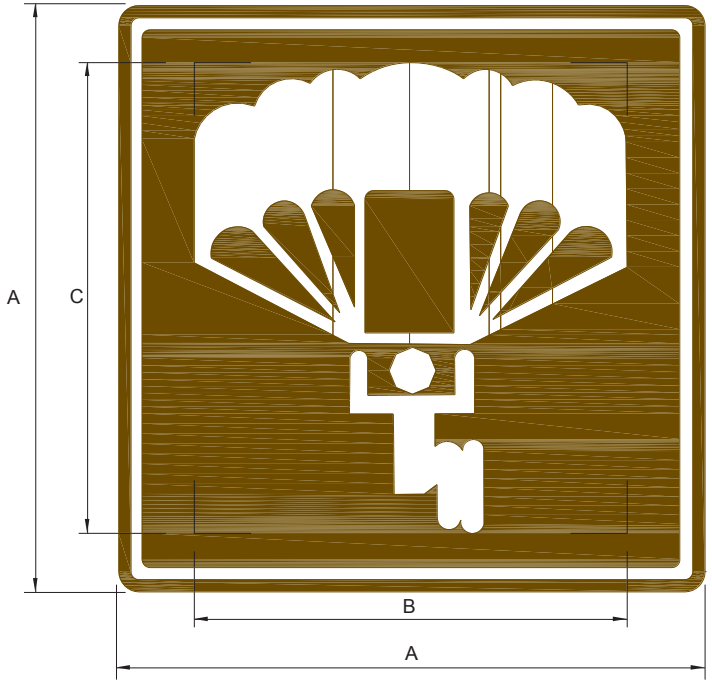
T-14	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	298.1	360.0
600 x 600	50 o menor	600.0	397.5	480.0
800 x 800	60 - 70	800.0	530.0	640.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	662.5	800.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	795.0	960.0

Camino peatonal



T-15	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	360.0	342.0
600 x 600	50 o menor	600.0	480.0	456.0
800 x 800	60 - 70	800.0	640.0	608.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	800.0	760.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	960.0	912.0

Parapente

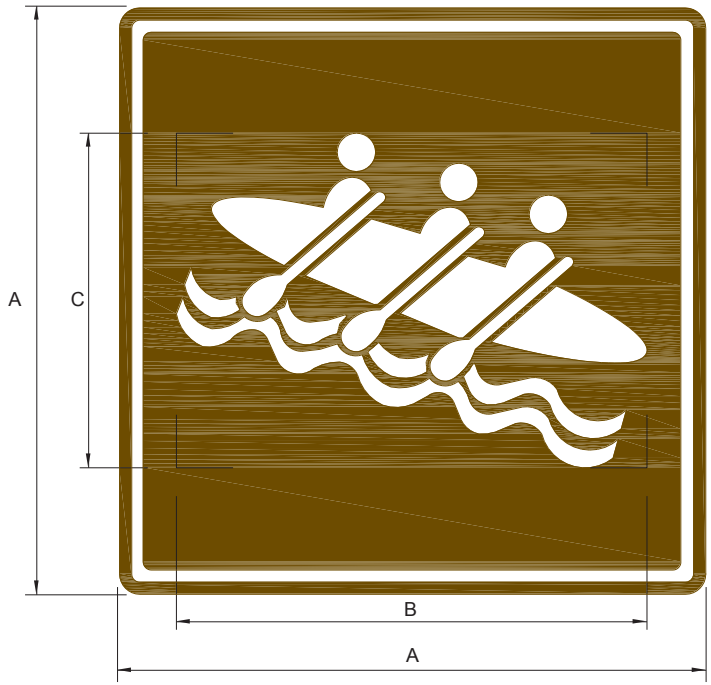


T-16	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	331.9	360.0
600 x 600	50 o menor	600.0	442.5	480.0
800 x 800	60 - 70	800.0	590.0	640.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	737.5	800.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	885.0	960.0

Andinismo

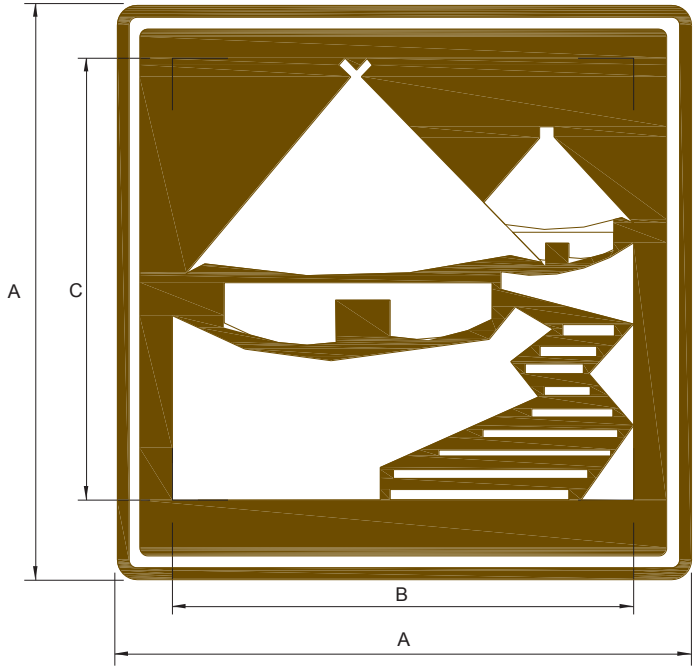
T-17	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.0	266.1	360.0
600 x 600	50 o menor	600.0	354.7	480.0
800 x 800	60 - 70	800.0	473.0	640.0
1000 x 1000	80 - 90	1000.0	591.1	800.0
1200 x 1200	100 o mayor	1200.0	709.4	960.0

Canotaje



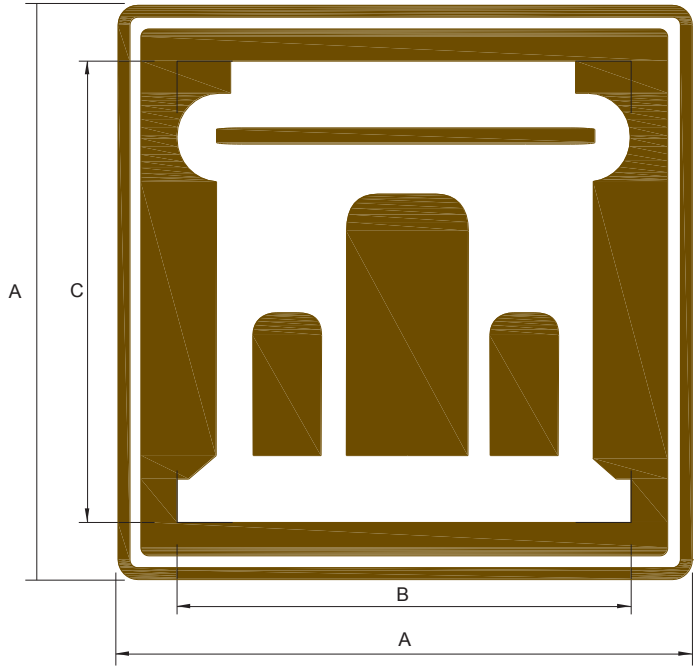
T-18	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.00	360.00	253.10
600 x 600	50 o menor	600.00	480.00	337.50
800 x 800	60 - 70	800.00	640.00	450.00
1000 x 1000	80 - 90	1000.00	800.00	562.50
1200 x 1200	100 o mayor	1200.00	960.00	675.00

Comunidad indígena



T-19	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.00	360.00	345.90
600 x 600	50 o menor	600.00	480.00	461.20
800 x 800	60 - 70	800.00	640.00	615.00
1000 x 1000	80 - 90	1000.00	800.00	768.70
1200 x 1200	100 o mayor	1200.00	960.00	922.40

Monumento nacional



T-20	VELOCIDAD (Km/h)	DIMENSIONES (milímetros)		
		A	B	C
450 x 450	Ciclovía	450.00	354.40	360.00
600 x 600	50 o menor	600.00	472.50	480.00
800 x 800	60 - 70	800.00	630.00	640.00
1000 x 1000	80 - 90	1000.00	787.50	800.00
1200 x 1200	100 o mayor	1200.00	945.00	960.00

CAPITULO 3

MARCAS EN EL PAVIMENTO O DEMARCACIONES

3.1 GENERALIDADES

Las Marcas en el Pavimento o Demarcaciones, constituyen la señalización horizontal y está conformada por marcas planas en el pavimento, tales como líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes.

Forma parte de esta señalización, los dispositivos elevados que se colocan sobre la superficie de rodadura, también denominadas marcas elevadas en el pavimento, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar restricciones.

La Marcas en el Pavimento, también tienen por finalidad complementar los dispositivos de control del tránsito, tales como las señales verticales, semáforos y otros, puesto que tiene la función de transmitir instrucciones y mensajes que otro tipo de dispositivo no lo puede hacer de forma efectiva.

Para que las Marcas en el Pavimento, cumpla su función adecuadamente requieren uniformidad respecto a sus dimensiones, diseño, símbolos, caracteres, colores, frecuencia de uso, circunstancias en que se emplea y tipo de material usado.

En ningún caso se pondrá en servicio una vía sin las marcas en el pavimento correspondientes, en caso de ser necesario, se utilizará demarcación temporal debe ser retrorreflectiva y debe cumplir con los requisitos mínimos establecido en este Manual y las especificaciones técnicas correspondientes que establece las de más normas de Gestión de Infraestructura Vial sobre la materia.

Los materiales, su clasificación, dimensiones, uso de colores y otras especificaciones técnicas deberán cumplir con lo establecido en las Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales, y el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG - vigente).

3.2 FUNCIÓN

Se emplean para regular o reglamentar la circulación, advertir y guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la operación vehicular y seguridad vial.

3.3 ELIMINACIÓN DE MARCAS EXISTENTES EN EL PAVIMENTO

Las marcas existentes en el pavimento de una vía y que deben ser removidas debido a modificaciones de las características de operación y/o físicas de la misma, serán eliminadas o borradas completamente, antes de la colocación de las nuevas Marcas en el Pavimento.

Bajo de ninguna circunstancia se colocarán nuevas Marcas en el Pavimento, sobre una superficie que presente restos de marcas que dejan de tener aplicabilidad, tampoco se acepta recubrimiento de estas con pintura gris o negra.

Del mismo modo, deben eliminarse completamente los dispositivos elevados que dejan de tener aplicabilidad en la superficie.

3.4 RETRORREFLECTANCIA DE LAS MARCAS EN EL PAVIMENTO

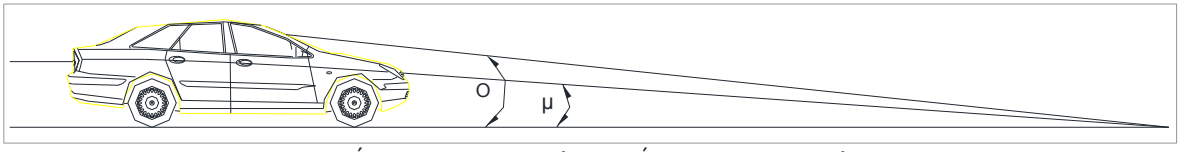
La retrorreflectancia es la propiedad de un material que permite que las Marcas en el Pavimento sean claramente visibles durante la noche y en condiciones climáticas severas

durante el día, al ser iluminadas por las luces de los vehículos que generan ángulos de iluminación y observación tal como se muestra en la **Figura 3.1**.

Los materiales que brindan dicha propiedad retrorreflectiva son microesferas y/o esferas de vidrio u otros materiales certificados.

Los valores mínimos de retrorreflectancia que deben presentar las Marcas en el Pavimento, se encuentran establecidas en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales", vigente, Manual de Carreteras: "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" y Manual de Carreteras (EG - vigente): "Mantenimiento o Conservación Vial", vigentes.

Figura 3.1 Retrorreflectancia de las Marcas en el Pavimento



Ω Ángulo de observación **μ** Ángulo de iluminación

3.5 MARCAS PLANAS EN EL PAVIMENTO

Las marcas planas en el pavimento están constituidas por líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes.

Se emplean para delimitar carriles y calzadas, indicar zonas con y sin prohibición de adelantar o cambiar de carril, zonas con prohibición de estacionamiento; delimitar carriles de uso exclusivo para determinados tipos de vehículos tales como carriles exclusivos para el tránsito de bicicletas, motocicletas, buses y otros.

3.5.1 Materiales

Los diferentes tipos de materiales aplicados en capas delgadas en las marcas planas en el pavimento, tales como pinturas, materiales plásticos, termoplásticos y/o cintas preformadas, entre otros, deberán cumplir los requisitos mínimos y características establecidas en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales", Manual de Carreteras: "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" y Manual de Carreteras: "Mantenimiento o Conservación Vial", vigentes.

3.5.2 Tolerancias

Cuando se requiera mejorar la visibilidad de una demarcación o darle un énfasis especial, tales dimensiones pueden ser aumentadas, siempre que un estudio técnico lo justifique, y que las leyendas y símbolos mantengan sus proporciones.

En términos generales, toda demarcación plana recién aplicada debe presentar bordes nítidos, alineados y sin deformaciones, de modo que sus dimensiones queden claramente definidas. En la **Tabla 3.1** se señalan las tolerancias aceptadas en las dimensiones de demarcaciones planas en su momento de aplicación. En particular, cuando se aplique una demarcación plana sobre otra preexistente de las mismas dimensiones, esta última debe quedar cubierta.

Tabla 3.1 Tolerancias máximas en las dimensiones de marcas planas en el pavimento

Dimensiones	Tolerancia Permitida
Ancho de la línea	±3%
Largo de una línea segmentada	±5%
Dimensiones de símbolos y letras	±5%
Separación entre líneas adyacentes	±5%

3.5.3 Color

Los colores a utilizarse en las Marcas Planas en el Pavimento son:

a. **Blanco**: Separación de corrientes de tráfico en el mismo sentido. se empleará en bordes de calzada, demarcaciones longitudinales, demarcaciones transversales, demarcaciones elevadas, flechas direccionales, letras, espacios de estacionamiento permitido.

b. **Amarillo**: Se emplea excepcionalmente para señalizar áreas que requieran ser resaltadas por las condiciones especiales de la vías, tales como canales de tráfico en sentidos opuestos, canales de trafico exclusivos para sistemas de transportes masivo, objetos fijos adyacentes a la misma, líneas de no bloqueo de intersección, demarcación elevada y borde de calzada de zonas donde está prohibido estacionar.

c. **Azul**: Complementación de señales informativas, tales como zonas de estacionamiento para personas con movilidad reducida, separación de carriles para cobro de peaje electrónico y otros.

d. **Rojo**: Demarcación de rampas de emergencia o zonas con restricciones.

3.5.4 Contraste

La relación de contraste entre el pavimento y la marca plana en el pavimento, denominada como (Rc), se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

Rc = (ß demarcación– ß pavimento)/ ß pavimento

ß = Factor de Luminancia

Los valores correspondiente, se encuentran especificados en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales", Manual de Carreteras: "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG) y Manual de Carreteras: "Mantenimiento o Conservación Vial", vigentes

3.5.5 Significado y ancho

- **Línea doble continua**: Indica el máximo nivel de restricción de paso o atravesamiento a otro carril.
- **Línea continua**: Restringe el paso o atravesamiento a otro carril.
- **Línea segmentada**: Indica que está permitido el paso o atravesamiento a otro carril, observando las medidas de seguridad vial.
- **Línea punteada**: Indica la transición entre líneas continuas y/o segmentadas. Es más corta y ancha que la línea segmentada.
- **Brecha**: Espaciamiento entre líneas segmentadas y punteadas.
- **Ancho de línea continua y segmentada**: De 10 cm a 15 cm.
- **Ancho de línea punteada**: El doble de línea segmentada.

- **Ancho extraordinario de líneas**: El doble del ancho de líneas continuas y segmentadas.
- **Ancho de separación de líneas dobles**: Debe ser igual al ancho de las líneas.

3.5.6 Patrón de las líneas planas segmentadas y dispositivos elevados

El patrón de una línea segmentada varía entre 2 m y 12 m según la clasificación de la vía, su uso y la velocidad máxima de operación.

En la **Figura 3.2**, se aprecia ejemplos de patrón de líneas segmentadas en vías con flujo y contraflujo. Asimismo en la **Tabla 3.2** se presenta la magnitud del patrón, la relación de longitud de separación entre la demarcación y la brecha, y las longitudes de cada una de estas últimas.

Figura 3.2 Ejemplos de patron de líneas Segmentadas "p"

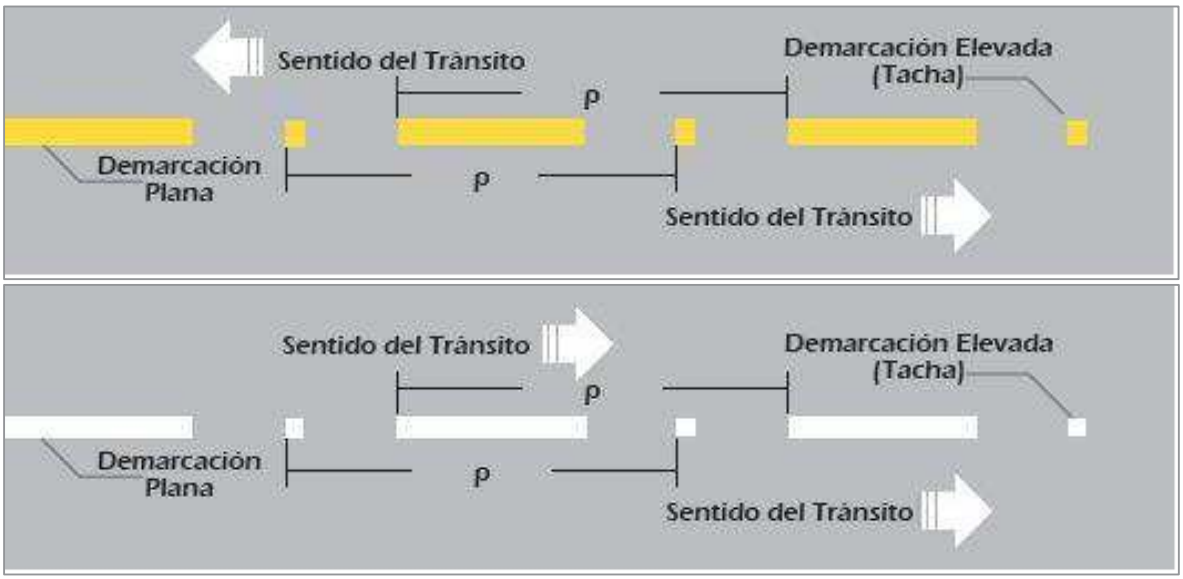


Tabla 3.2 Relacion de longitud entre la demarcación y la brecha en lineas segmentadas

Patrón (p) – Líneas longitudinales segmentadas en metros				
Situación	**Patrón (p)**	**Relación marca - brecha**	**Largo demarcación**	**Largo Brecha en**
Rural	12	3 a 5	4.5	7.5
Urbana > 60 km/h	12	3 a 5	4.5	7.5
Urbana ≤ 60 km/h	8	3 a 5	3	5
Ciclo vía	3	1 a 2	1	2
Línea de continuidad	2	1 a 1	1	1
Borde calzada	4	2 a 2	2	2

Las marcas elevadas en las líneas longitudinales segmentadas deben instalarse en centro de la brecha.

3.5.7 Clasificación

Marcas planas en el pavimento

- Línea de borde de calzada o superficie de rodadura
- Línea de carril
- Línea central
- Líneas canalizadoras de tránsito
- Líneas demarcadoras de entradas y salidas
- Líneas de transición por reducción de carriles
- Línea de pare
- Líneas de cruce peatonal
- Demarcación de espacios para estacionamiento
- Demarcación de no bloquear cruce en intersecciones
- Demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta
- Otras demarcaciones
- Palabras, símbolos y leyendas

Marcas elevadas en el pavimento

- Delineadores de piso
  - Tachas retrorreflectivas
  - Otros delineadores de piso
- Delineadores elevados
  - Postes delineadores
  - Señal de delineador de curva horizontal (P-61) - "CHEVRON"
  - Delineador de placa "CAPTAFAROS"
  - Delineadores "MARCADORES DE OBSTÁCULOS"

3.5.7.1 Marcas planas en el pavimento

3.5.7.1.1 Línea de borde de calzada o superficie de rodadura

Línea continua que tiene por función demarcar el borde de la calzada o superficie de rodadura del pavimento.

Debe ubicarse a partir del ancho donde termina la superficie de rodadura cuando la berma sea pavimentada, en caso contrario se pintará a partir de borde del pavimento.

La línea del borde de calzada es continua, de color blanco cuando por razones de emergencia puede estacionarse en la berma, y de color amarillo cuando está prohibido el estacionamiento.

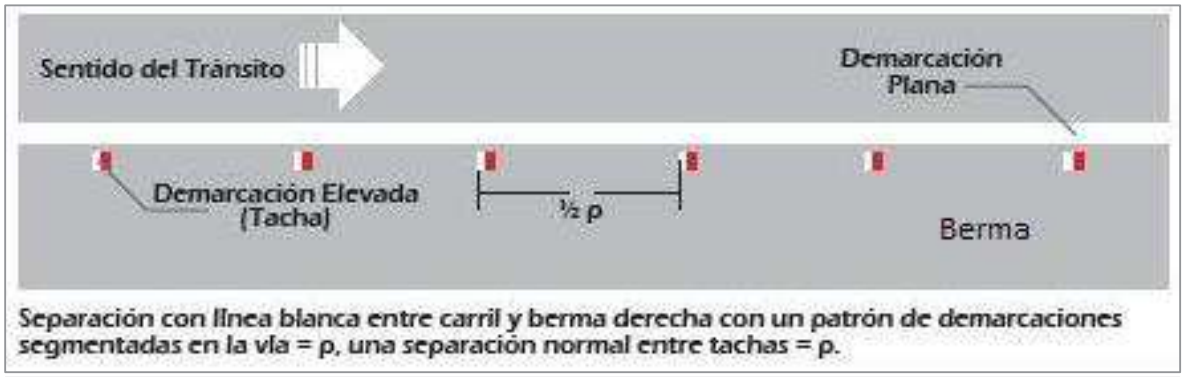
Esta línea se refuerza con demarcadores elevados (tachas), los cuales deben colocarse en la parte exterior de la línea, y tener el mismo patrón de la línea segmentada.

Asimismo en tramos en curva que no cuenten con barreras de seguridad o guardavías, deben complementarse con postes tipo delineadores.

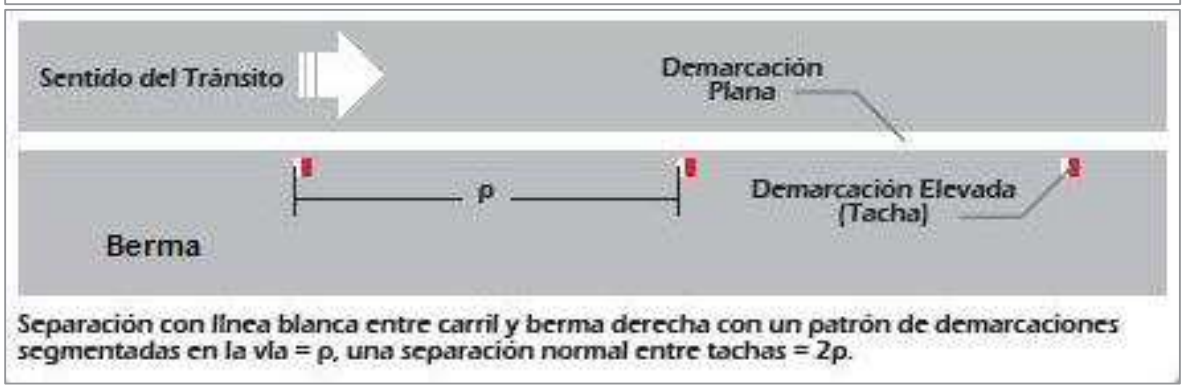
En las vías urbanas, además se demarcará con línea amarilla continua, cubriendo la cara exterior y el borde superior de las veredas o sardineles, para indicar las zonas o tramos con prohibición de estacionamiento.

En las **Figuras 3.3** se muestran ejemplos de línea de borde de calzada o superficie de rodadura.

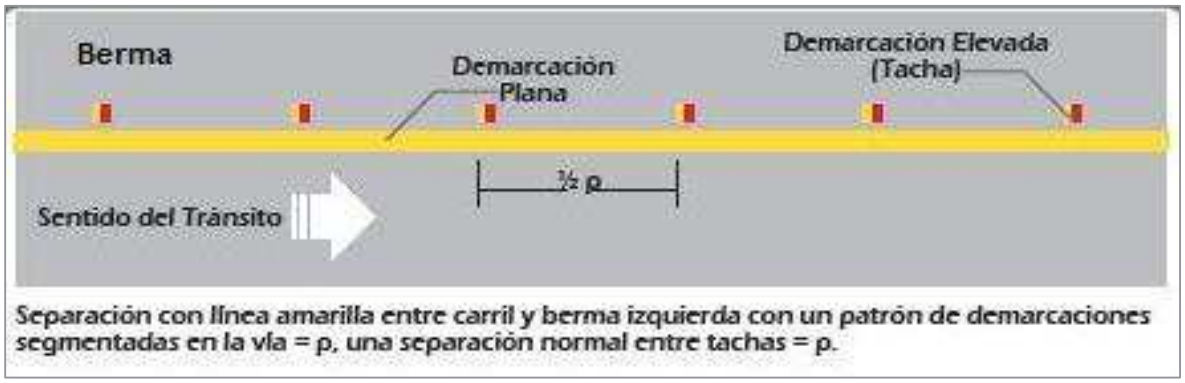
Figura 3.3 Ejemplos de línea de borde de calzada o superficie de rodadura



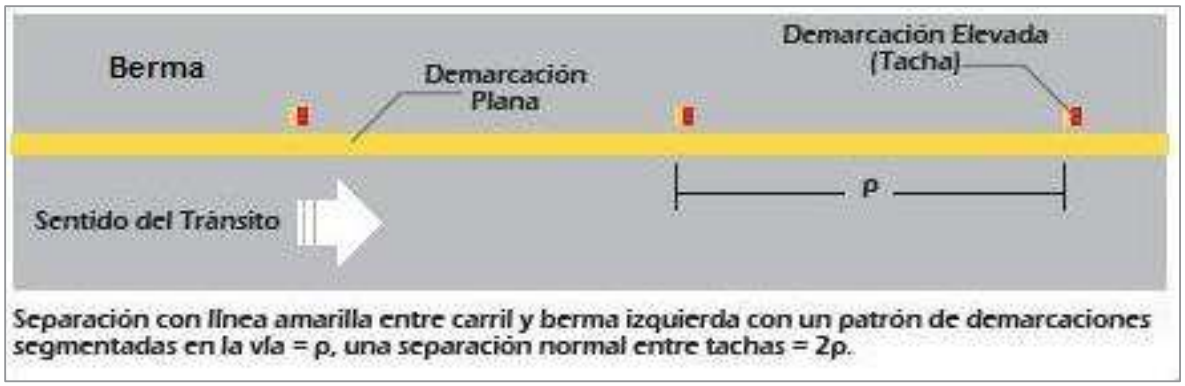
Separación con línea blanca entre carril y berma derecha con un patrón de demarcaciones segmentadas en la vía = p, una separación normal entre tachas = p.



Separación con línea blanca entre carril y berma derecha con un patrón de demarcaciones segmentadas en la vía = p, una separación normal entre tachas = 2p.

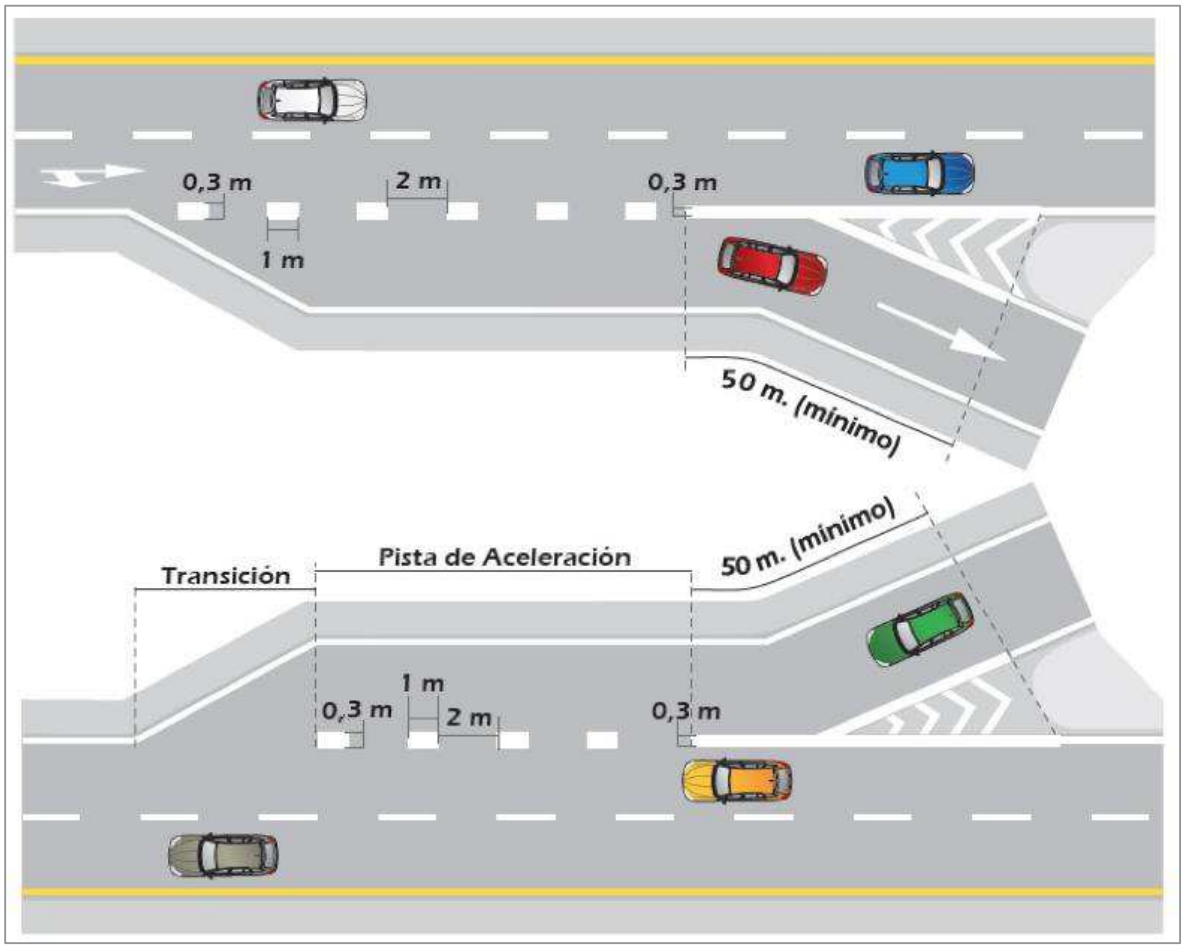


Separación con línea amarilla entre carril y berma izquierda con un patrón de demarcaciones segmentadas en la vía = p, una separación normal entre tachas = p.



Separación con línea amarilla entre carril y berma izquierda con un patrón de demarcaciones segmentadas en la vía = p, una separación normal entre tachas = 2p.

(Continua) Figura 3.3 Ejemplos de línea de borde de calzada o superficie de rodadura



3.5.7.1.2 Línea de carril

Tiene por función separar los carriles de circulación de la calzada o superficie de rodadura de vías de dos o más carriles en el mismo sentido.

La línea de carril es de color blanco, discontinua o segmentada; puede presentar tramos continuos o una combinación de ambas, por limitaciones de las características geométricas de la vía y su operación, por ejemplo, en el caso de las zonas de aproximación a las intersecciones a nivel.

También se usan en las aproximaciones de las intersecciones para complementar las indicaciones de las señales que regulan el uso de los carriles.

Podrán complementarse con demarcaciones elevadas, las cuales podrán ser bicolores blanco y rojo para prevenir flujo en contra sentido.

En las **Figura 3.4 y 3.5** se muestran ejemplos de líneas de carril.

Figura 3.4 Ejemplos de línea de carril segmentada

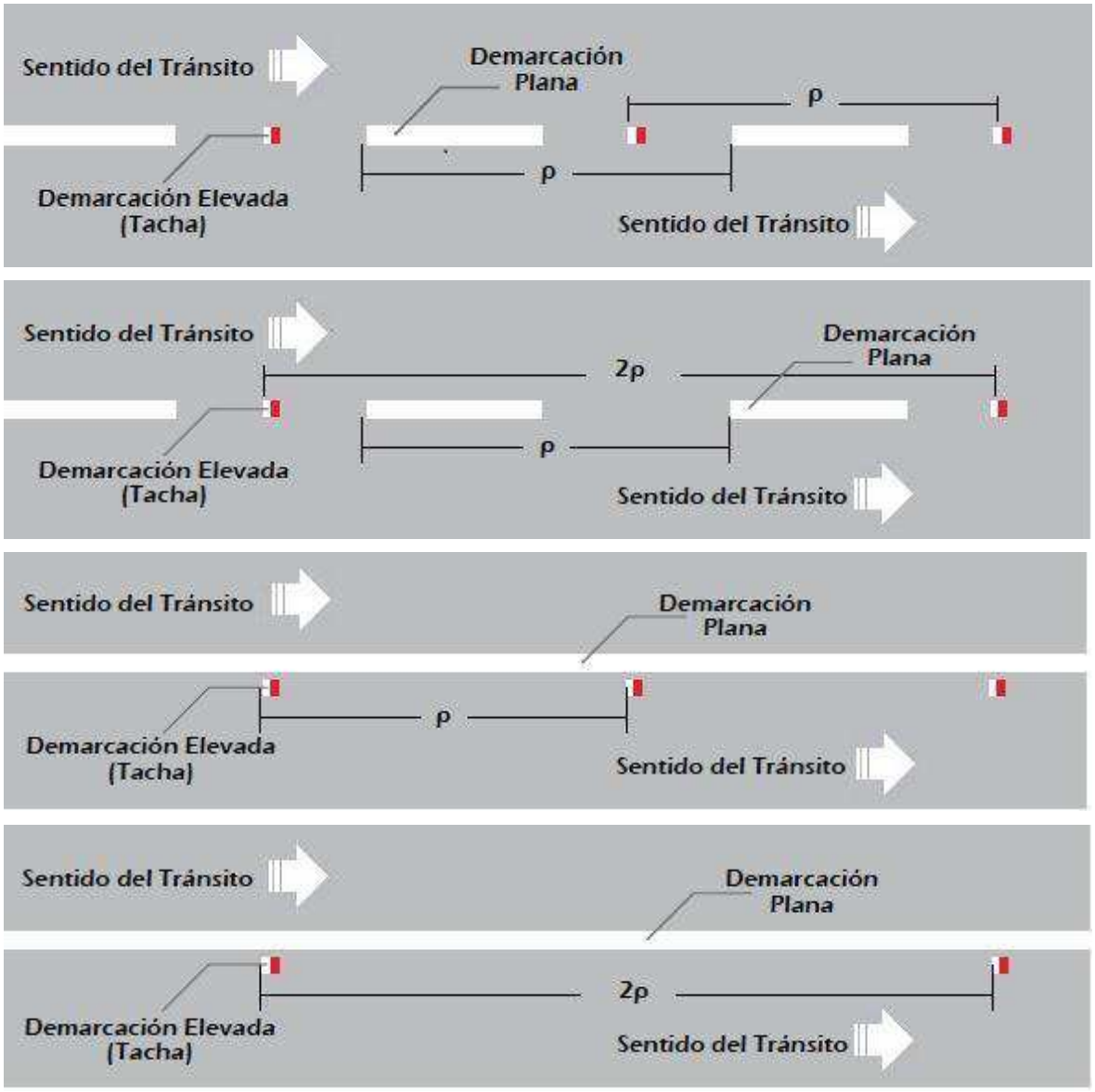
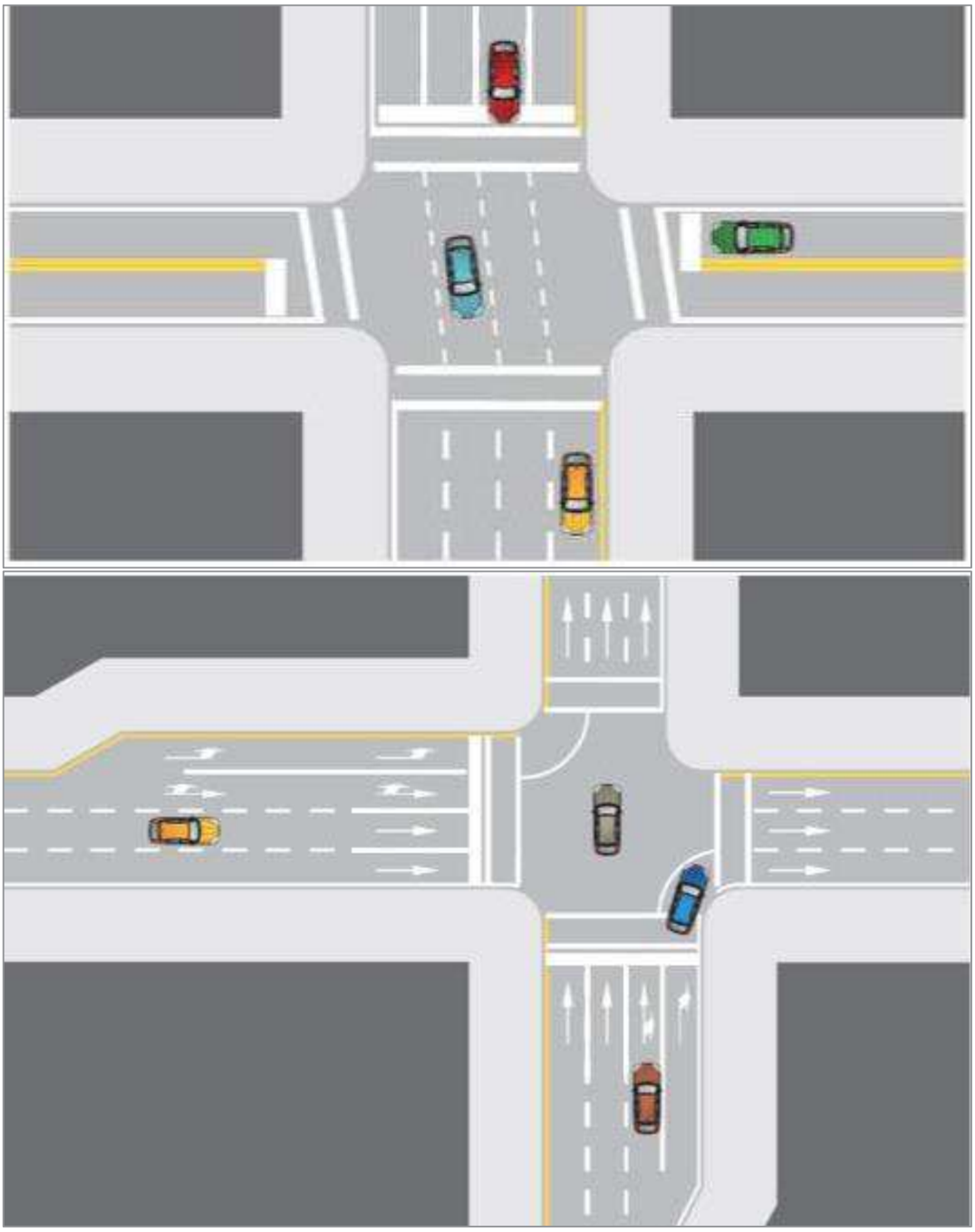


Figura 3.5 Ejemplo de demarcaciones de continuidad de carriles en intersección



3.5.7.1.3 Línea central

Tiene por función separar los carriles de circulación de la calzada o superficie de rodadura de vías bidireccionales.

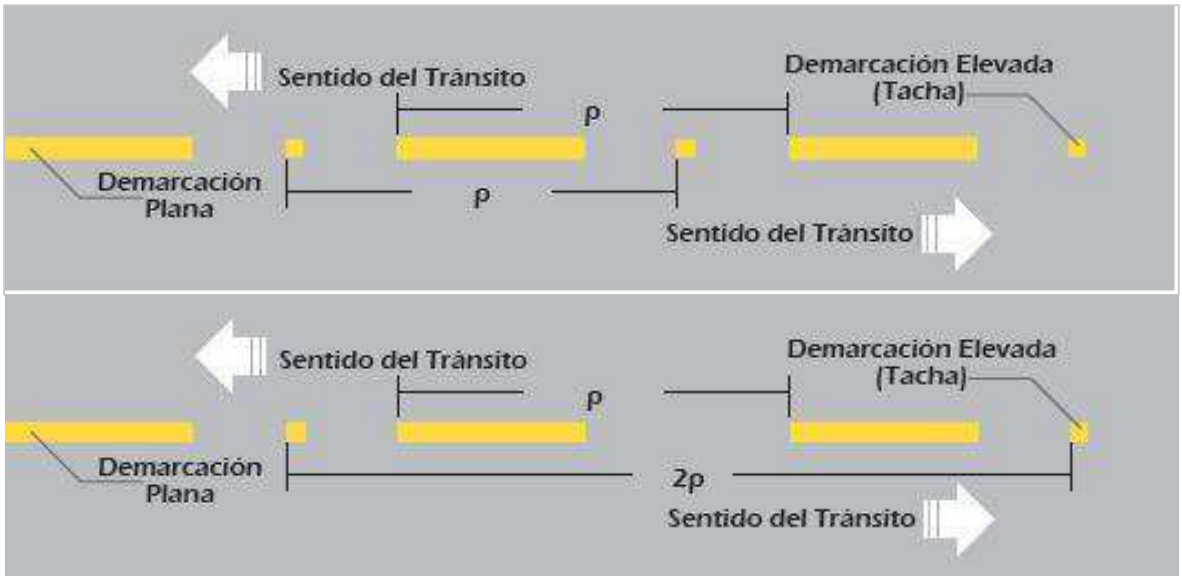
La línea central es de color amarillo, es discontinua o segmentada cuando es permitido cruzar al otro carril para el adelantamiento vehicular, y es continua cuando no es permitido cruzar al otro carril, por limitaciones de las características geométricas de la vía y/o su operación.

Podrán complementarse con demarcaciones elevadas, las cuales serán de color amarillo.

En el caso de existir vías urbanas con una calzada de cuatro o más carriles de circulación que soportan tránsito en ambos sentidos y sin separador central, se usará siempre una doble línea continua y paralela de color amarillo como línea central. Dicha doble línea central será debidamente complementada con demarcaciones elevadas de color amarillo.

En la **Figura 3.6** se muestran ejemplos de línea central discontinua o segmentada de color amarillo.

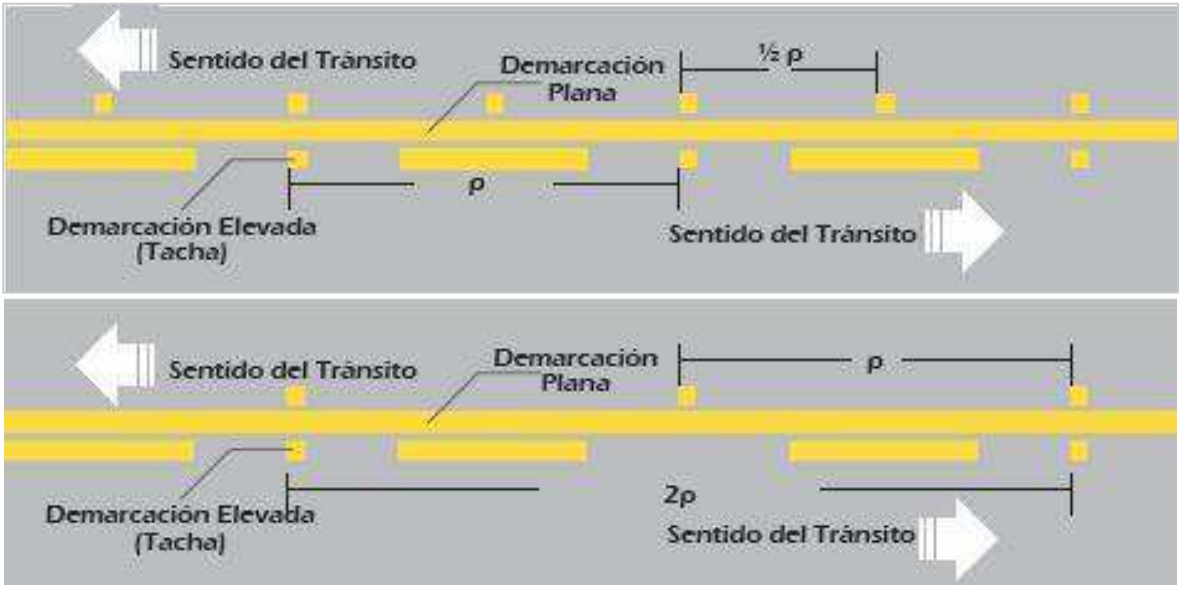
Figura 3.6 Ejemplos de línea central discontinua o segmentada de color amarillo



Asimismo, podrán utilizarse líneas combinadas o mixtas, en cuyo caso el lado donde se encuentra la línea discontinua o segmentada permite cruzar al otro carril para el adelantamiento vehicular.

En la **Figura 3.7** se muestran ejemplos de líneas combinadas o mixtas de color amarillo

Figura 3.7 Ejemplo de líneas combinadas o mixtas



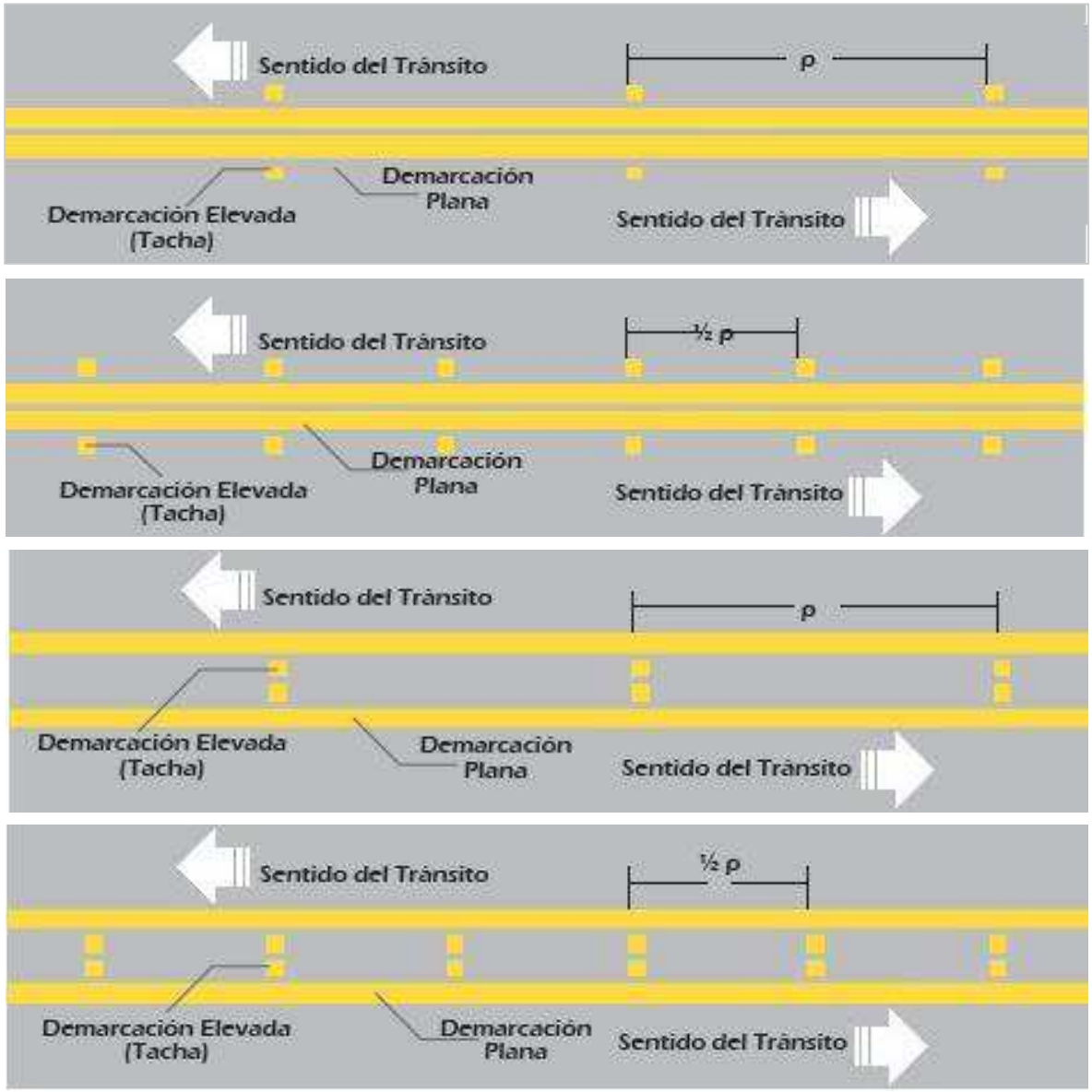
También se emplearán líneas continuas dobles paralelas claramente separadas, en tramos donde haya escasa visibilidad, por limitaciones de las características geométricas de la vía y/o su operación.

En curvas con sobre ancho, las indicadas líneas continuas dobles tendrán que adaptarse a la geometría del camino, siempre que se mantengan claramente separadas.

Los demarcadores elevados podrán ser instalados fuera o dentro de las 2 líneas continuas.

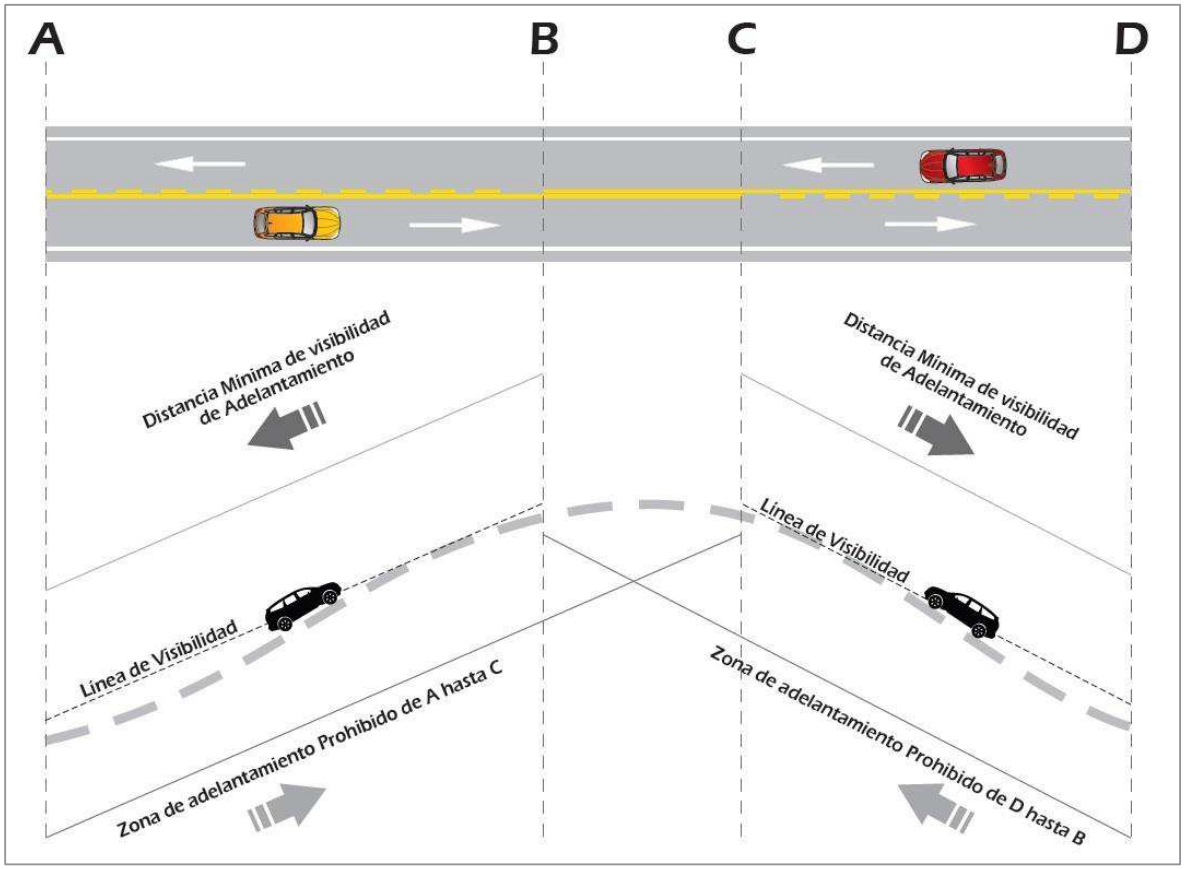
En la **Figura 3.8** se muestran ejemplos de líneas continuas dobles.

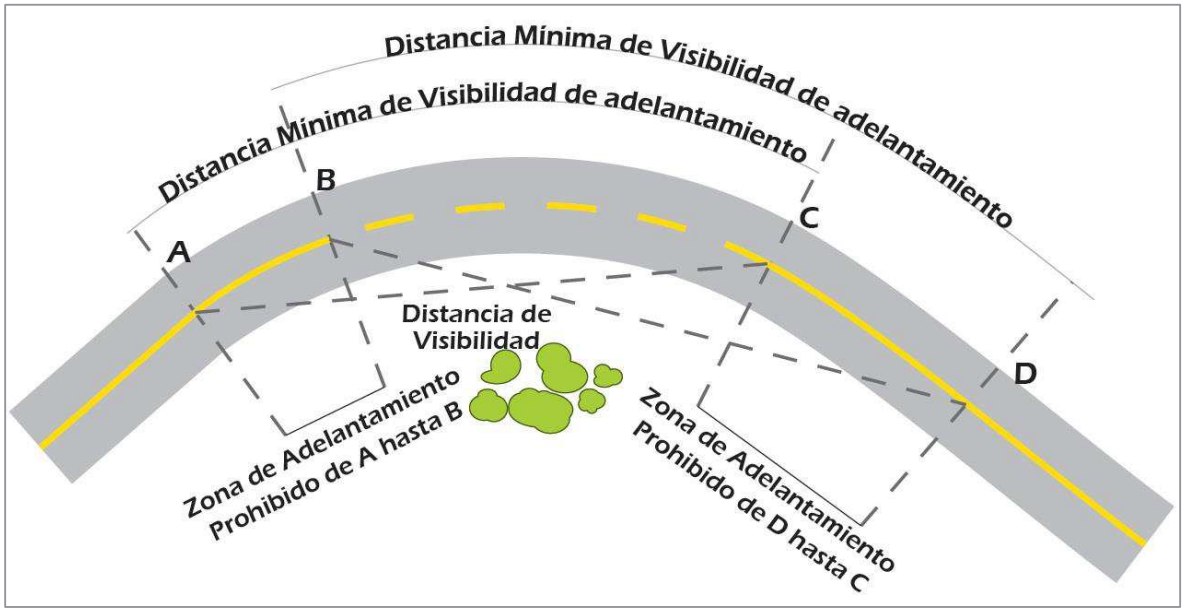
Figura 3.8 Ejemplos de línea continua doble



En la **Figura 3.9** se muestran un ejemplo de una zona o tramo con prohibición de adelantamiento con doble línea continua, en el cual A y D son los puntos de inicio de la zona donde se prohíbe adelantar por limitaciones de visibilidad y los puntos B y C señalan el fin de dicha restricción.

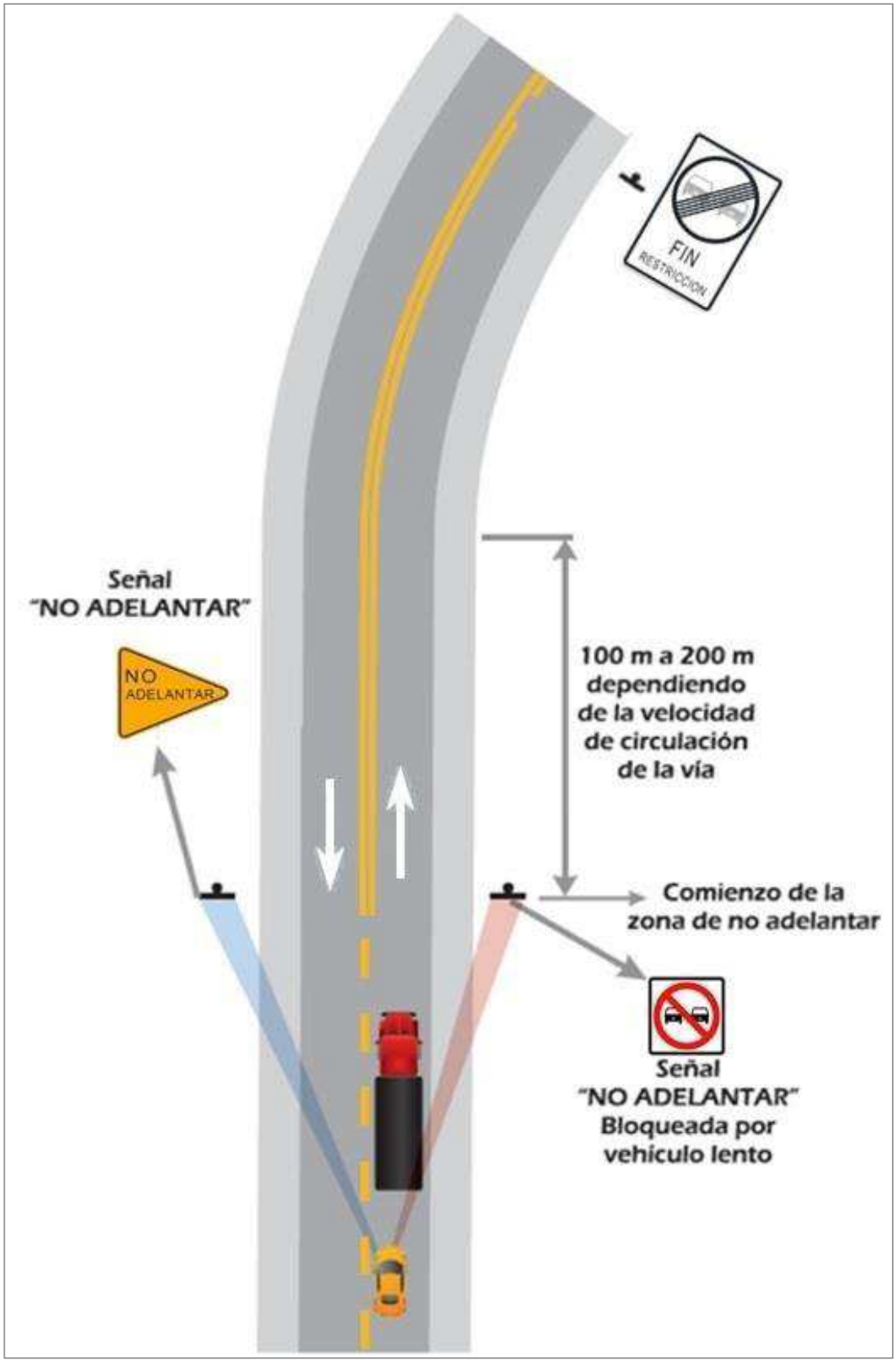
Figura 3.9 ejemplo de zona o tramo con prohibición de adelantamiento con doble línea continúa





En la **Figura 3.10** se muestra un ejemplo de zona o tramo con prohibición de adelantamiento complementado con señalización vertical.

Figura 3.10 Ejemplo de zona o tramo con prohibición de adelantamiento complementado con señalización vertical



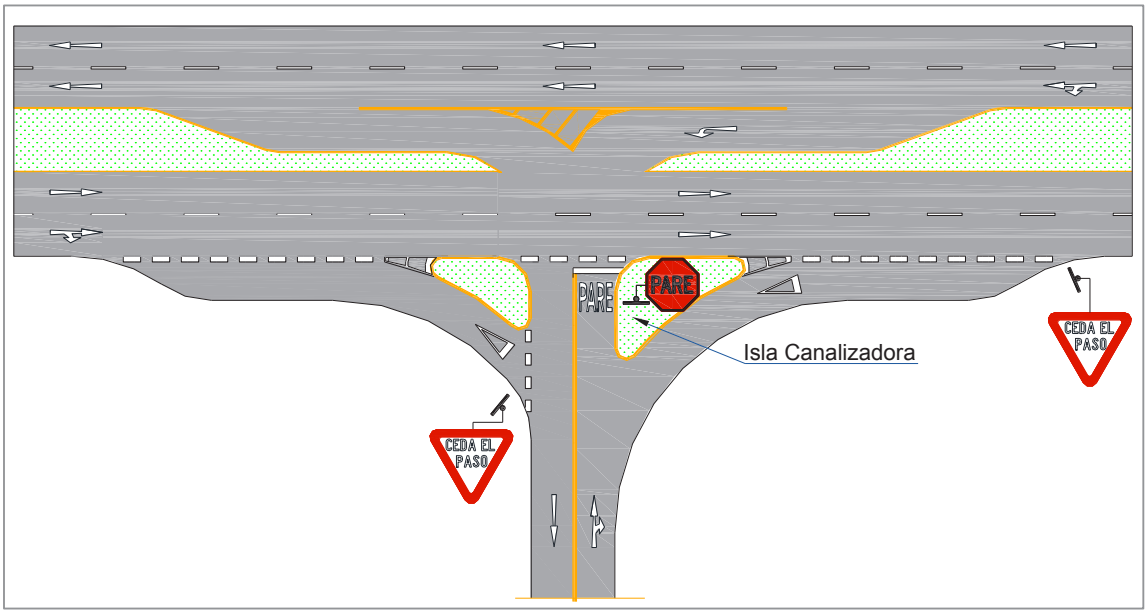
3.5.7.1.4 Líneas canalizadoras de tránsito

Tienen por función conformar las islas canalizadoras del tránsito automotor en una intersección a nivel. La demarcación será de color blanco o amarillo según corresponda, y se complementara con demarcadores elevados y la señalización vertical correspondiente.

Las islas canalizadoras que cuenten con terreno natural se complementará con áreas verdes (vegetación natural de la zona).

En la **Figura 3.11** se muestra un ejemplo de demarcación en el pavimento en una intersección a nivel con islas canalizadoras.

Figura 3.11 Ejemplo de demarcación en el pavimento en una intersección a nivel con islas canalizadoras

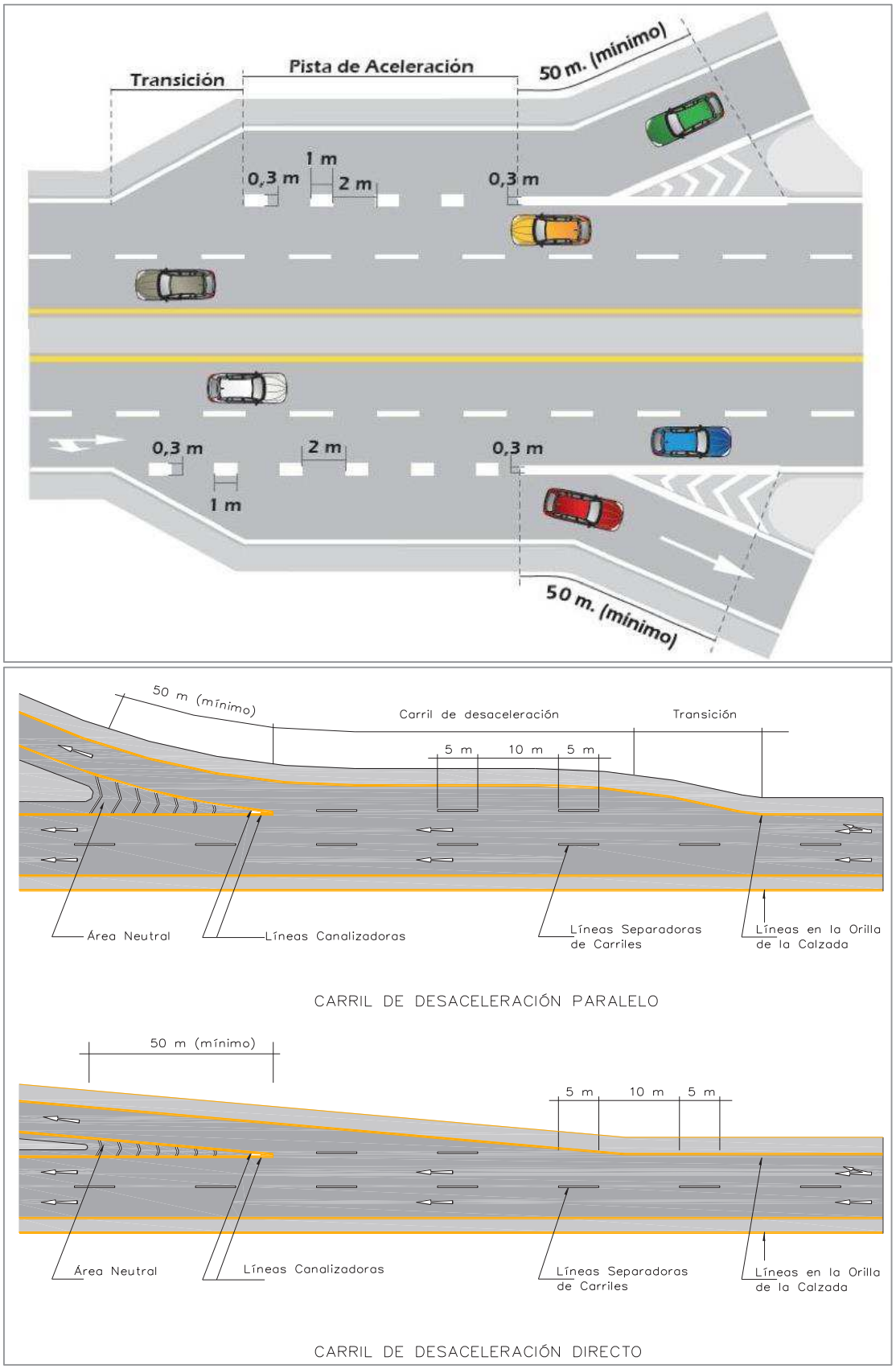


3.5.7.1.5 Líneas demarcadoras de entradas y salidas

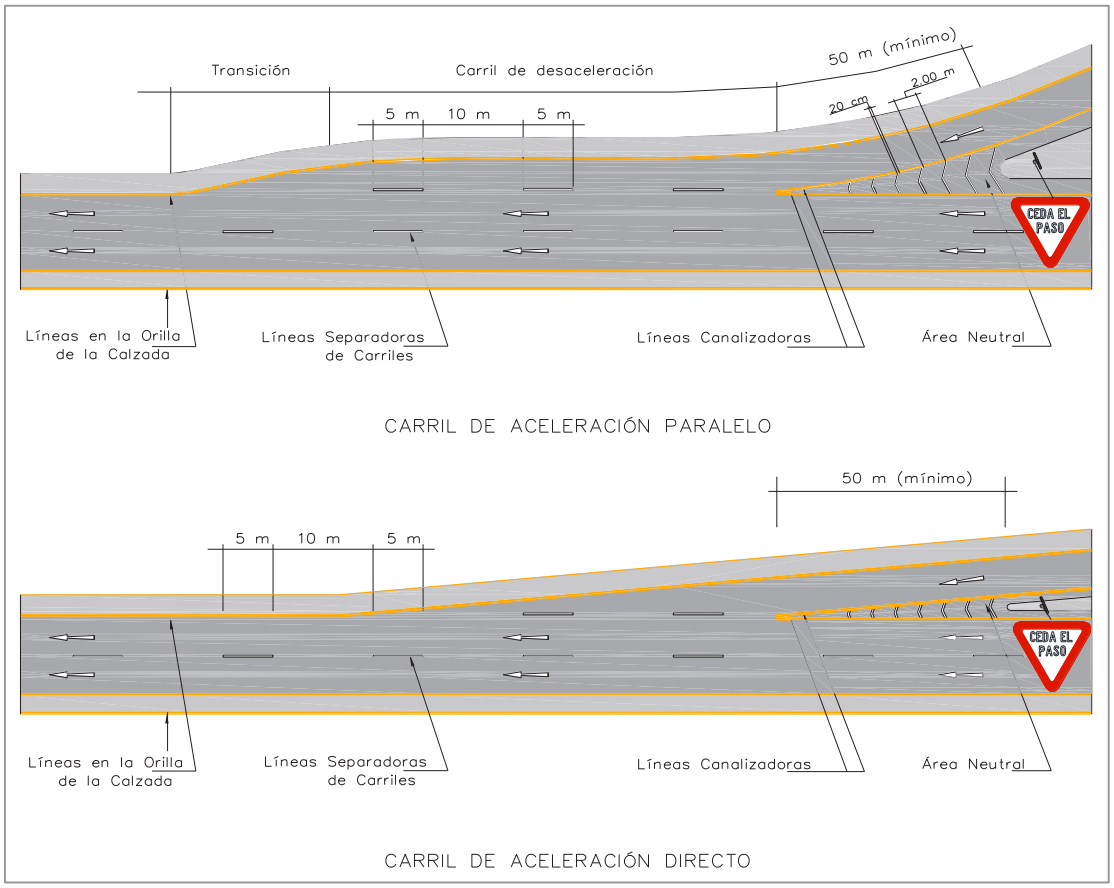
Tienen por función guiar al conductor para facilitar su incorporación al tránsito de una vía principal e ingresar con comodidad, y a la salida reducir la posibilidad de accidentes, y se complementará con demarcadores elevados o postes delineadores y la señalización vertical correspondiente; de ser necesario se instalarán dispositivos de seguridad para amortiguamiento

En la **Figura 3.12** se muestra ejemplos de líneas demarcadoras de entradas y salidas.

Figura 3.12 Ejemplos de líneas demarcadoras de entradas y salidas



(Continua) Figura 3.12 Ejemplos de líneas demarcadoras de entradas y salidas



3.5.7.1.6 Líneas de transición por reducción de carriles

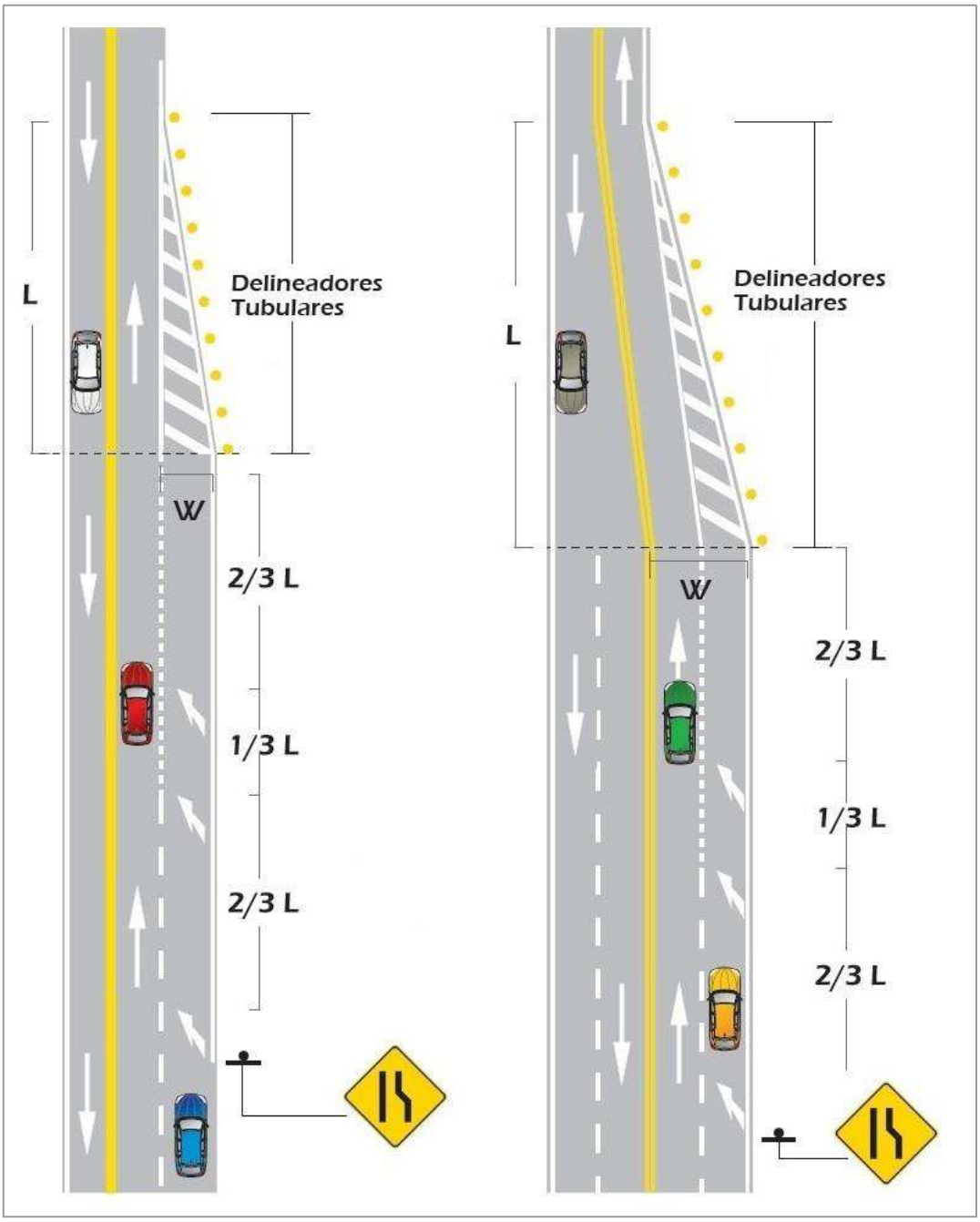
Tienen por función guiar al conductor, cuando se reduce el ancho de la calzada de la vía por donde circula, disminuyendo el número de carriles disponibles.

Abarca una zona de transición que debe demarcarse con línea central o de eje de transición simple o doble, y línea de borde de las calzadas o superficie de rodadura convergentes, que indiquen claramente la indicada reducción.

En dicha zona está prohibido adelantar al flujo que circula en la dirección de la convergencia, debiendo complementarse con marcas elevadas, delineadores y demás señalización vertical correspondiente.

En la **Figura 3.13** se muestra ejemplos de Líneas de transición por reducción de carriles.

Figura 3.13 Ejemplos de Líneas de transición por reducción de carriles



$L = Ax\frac{V}{1.6}$; En vías mayor de 60 km/h.

$L = Ax\frac{V2}{150}$; En vías igual o menor a 60 km/h.

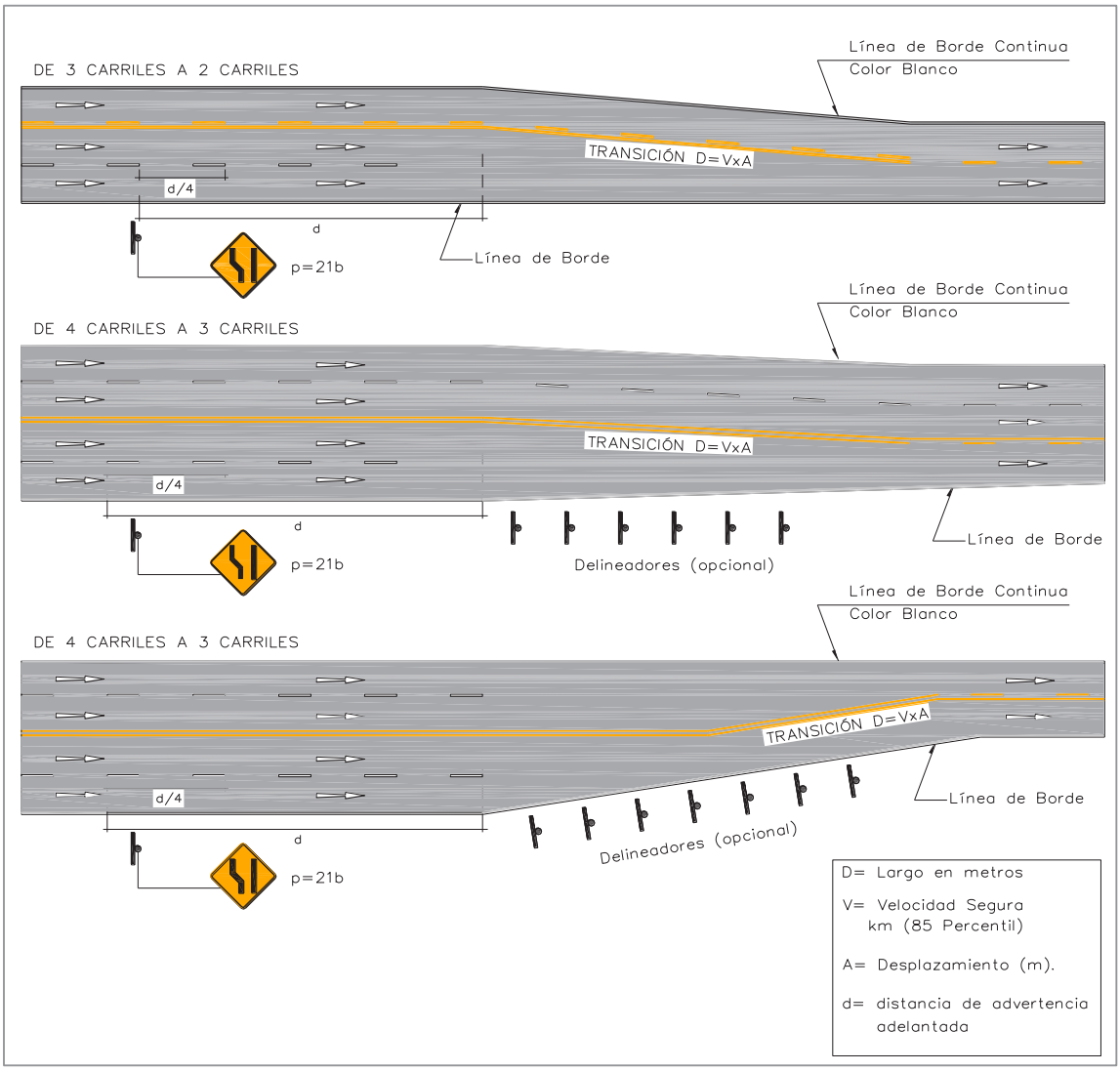
Donde:

L = Longitud de transición en metros. En todo caso L no debe ser nunca menor a 10 m.

A = Diferencia de ancho de la calzada, entre los extremos de la zona de transición, en metros.

V = Velocidad máxima permitida en km/h.

(Continua) Figura 3.13 Ejemplos de Líneas de transición por reducción de carriles



3.5.7.1.7 Línea de pare

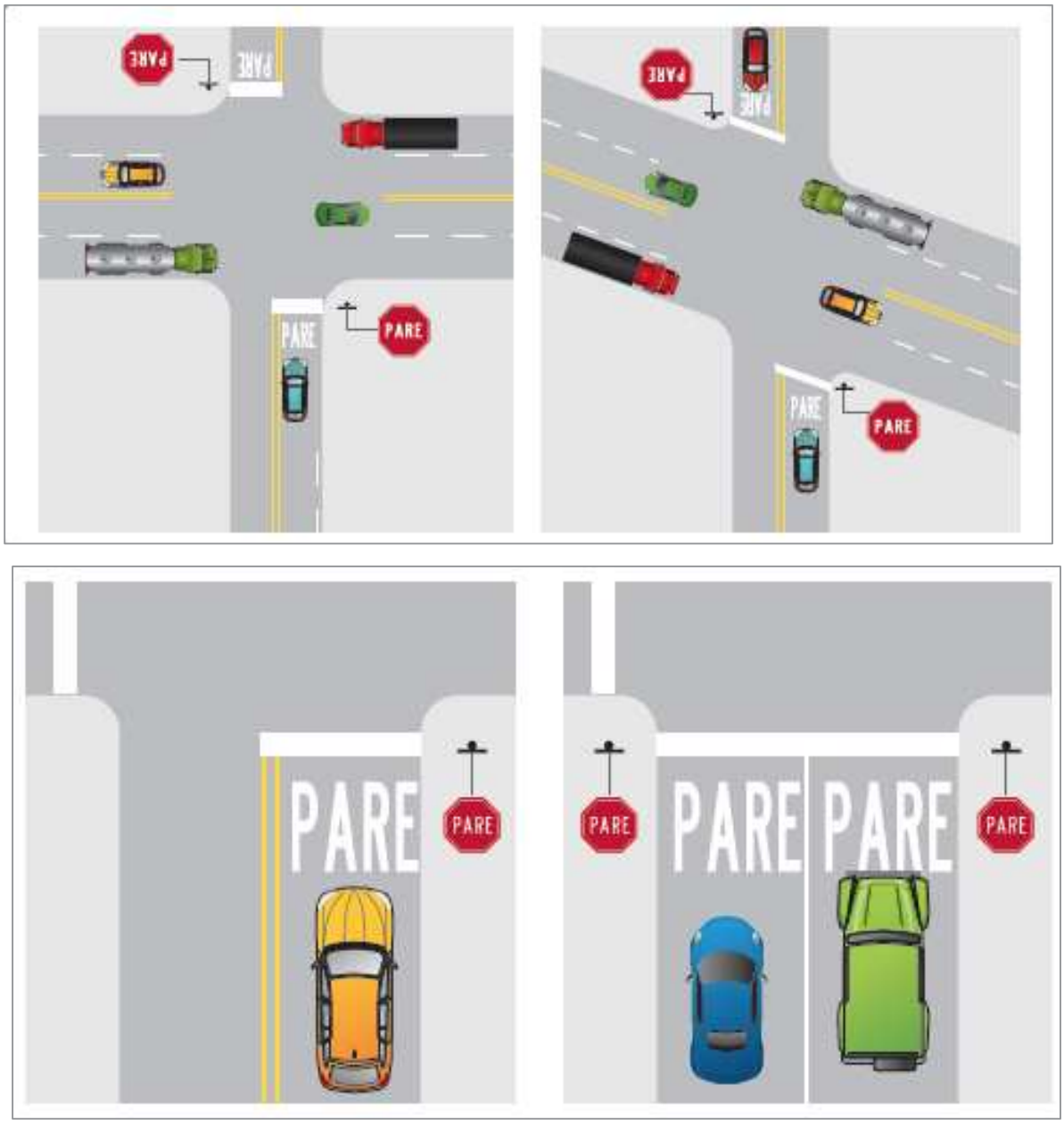
Es una línea transversal a la calzada o superficie de rodadura que tiene por función indicar al Conductor que debe detener completamente el vehículo, el cual no debe sobrepasar el inicio de la indicada línea.

Es una línea continua de color blanco de 0.50 m. de ancho. En el caso de un "PASO PEATONAL" debe ubicarse a una distancia de 1.00 m. antes del mismo; y en otros casos a una distancia mínima de 1.50 m. antes de la esquina o vía que cruza.

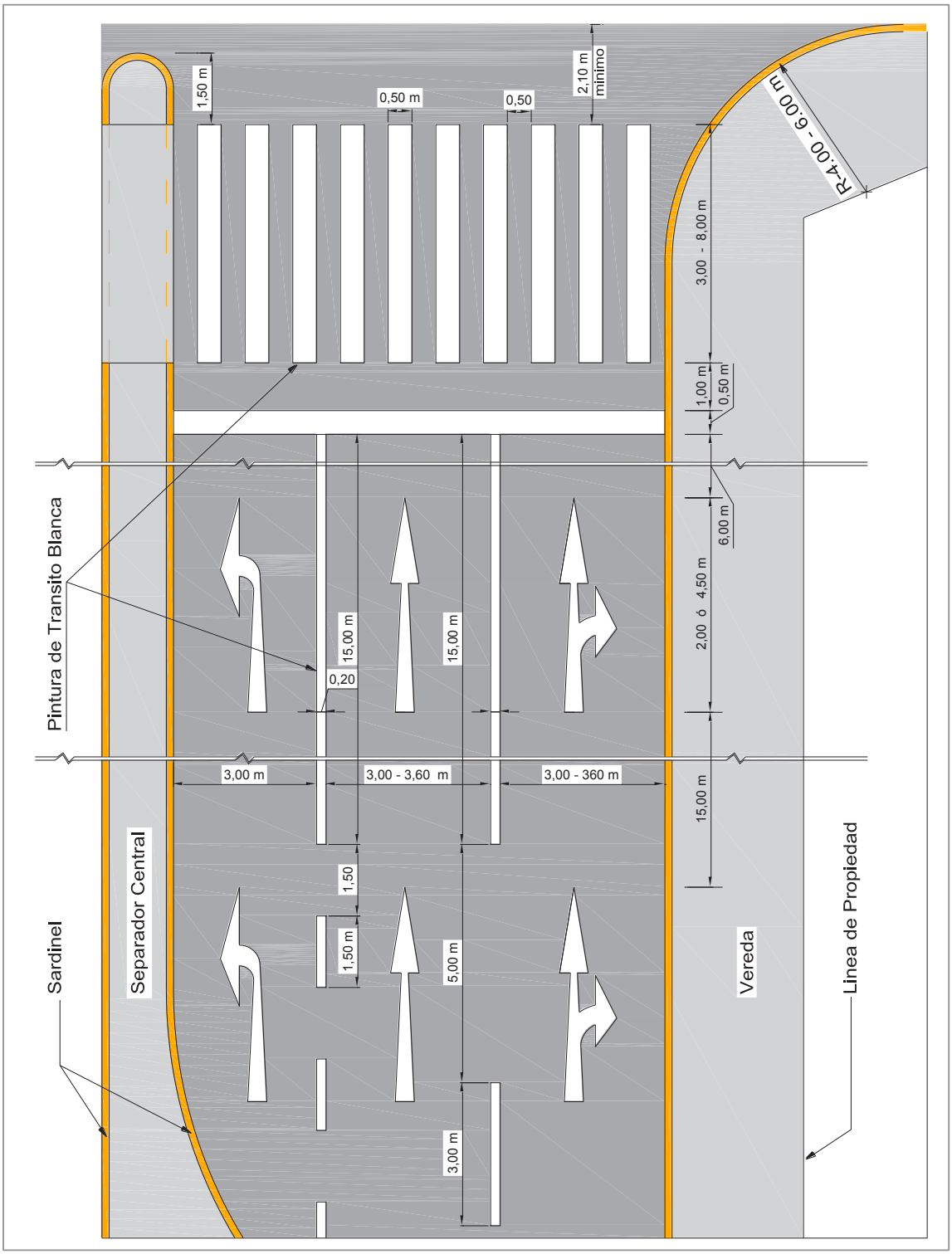
Debe complementarse con señal vertical de "PARE" (R-1), y demarcaciones elevadas.

En la **Figura 3.14** se muestra ejemplos de demarcación de línea de pare.

Figura 3.14 Ejemplos de demarcación de línea de pare



(Continua) Figura 3.14 Ejemplos de demarcación de línea de pare con dimensiones



3.5.7.1.8 Líneas de cruce peatonal

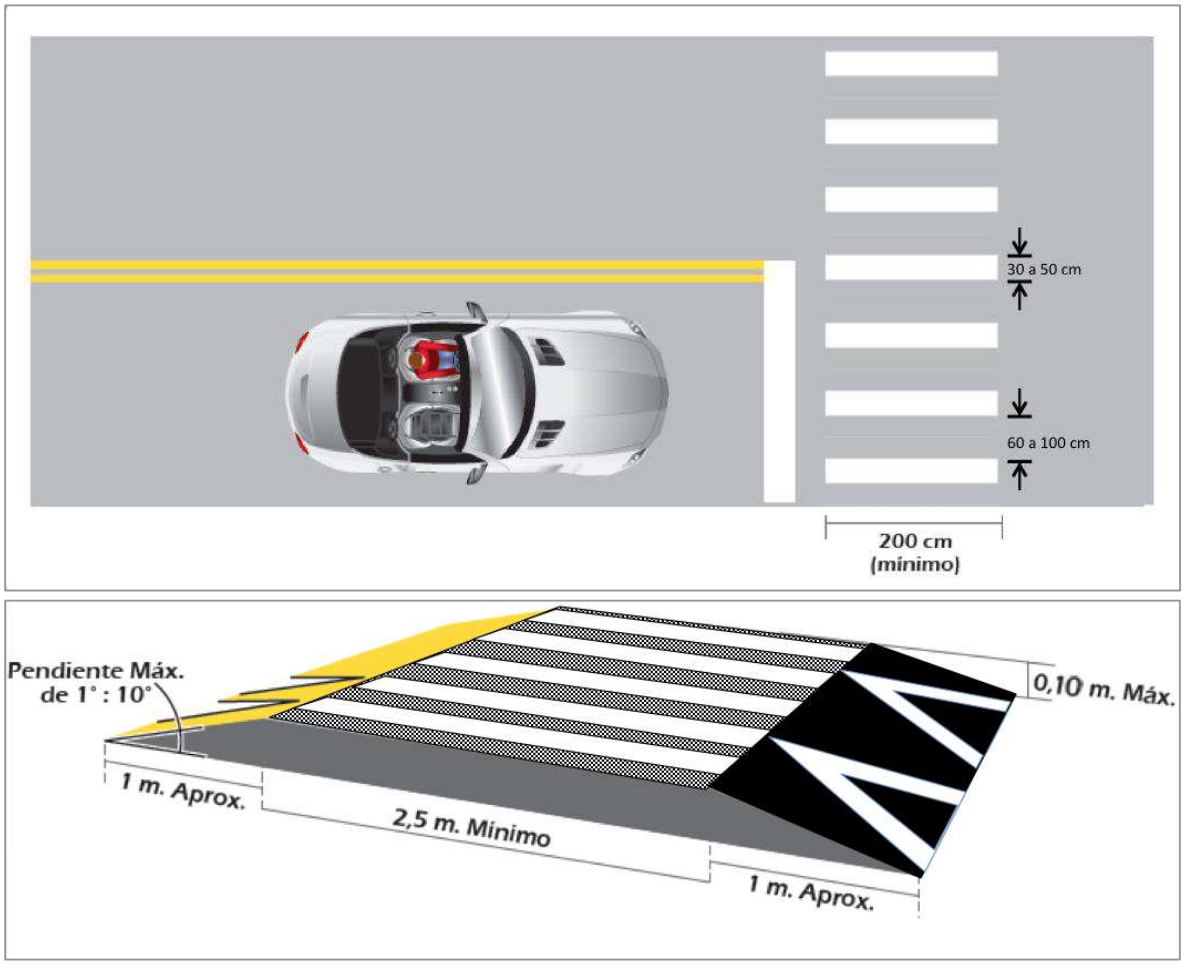
Son un conjunto de líneas paralelas que abarcan el ancho de la calzada o superficie de rodadura de una vía y tienen por función indicar el lugar de cruce o paso peatonal.

Las líneas paralelas de cruce peatonal son continuas, de color blanco y de 0.30 m. a 0.50 m. de ancho cada una, cuya separación es del mismo ancho de la línea de cruce peatonal, tendrá como mínimo 2.00 m. de ancho. Se colocan perpendicularmente al flujo peatonal, pudiendo también tener forma diagonal.

Las líneas de cruce peatonal deben estar precedidas por la "línea de pare" la cual estará ubicada a una distancia mínima de 1.00 m., y deben complementarse con otras marcas en el pavimento, demarcaciones elevadas y señalización vertical correspondiente.

En la **Figura 3.15**, se muestra ejemplo de demarcación líneas de cruce peatonal.

Figura 3.15 Ejemplo de demarcación líneas de cruce peatonal

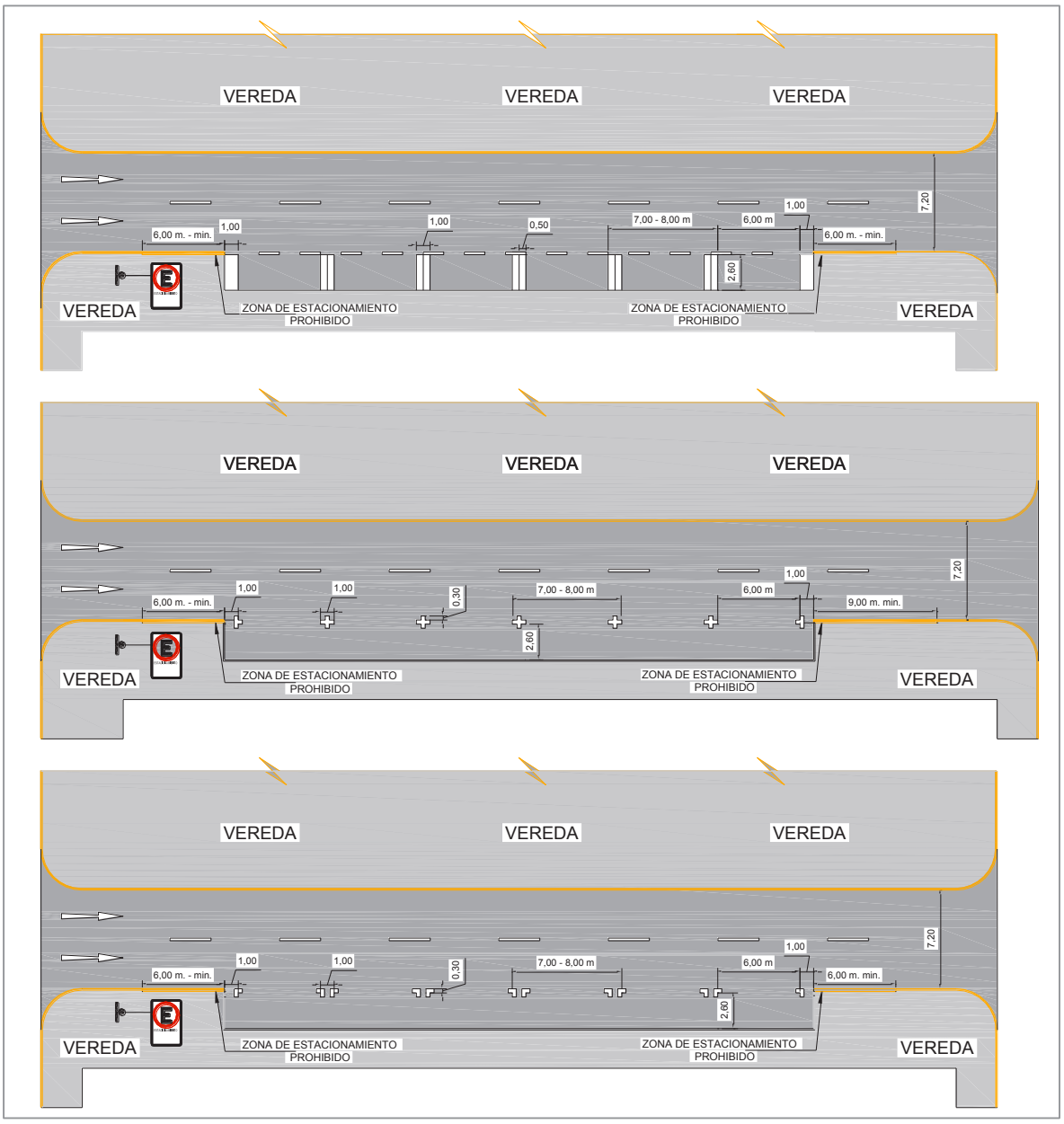


3.5.7.1.9 Demarcación de espacios para estacionamiento

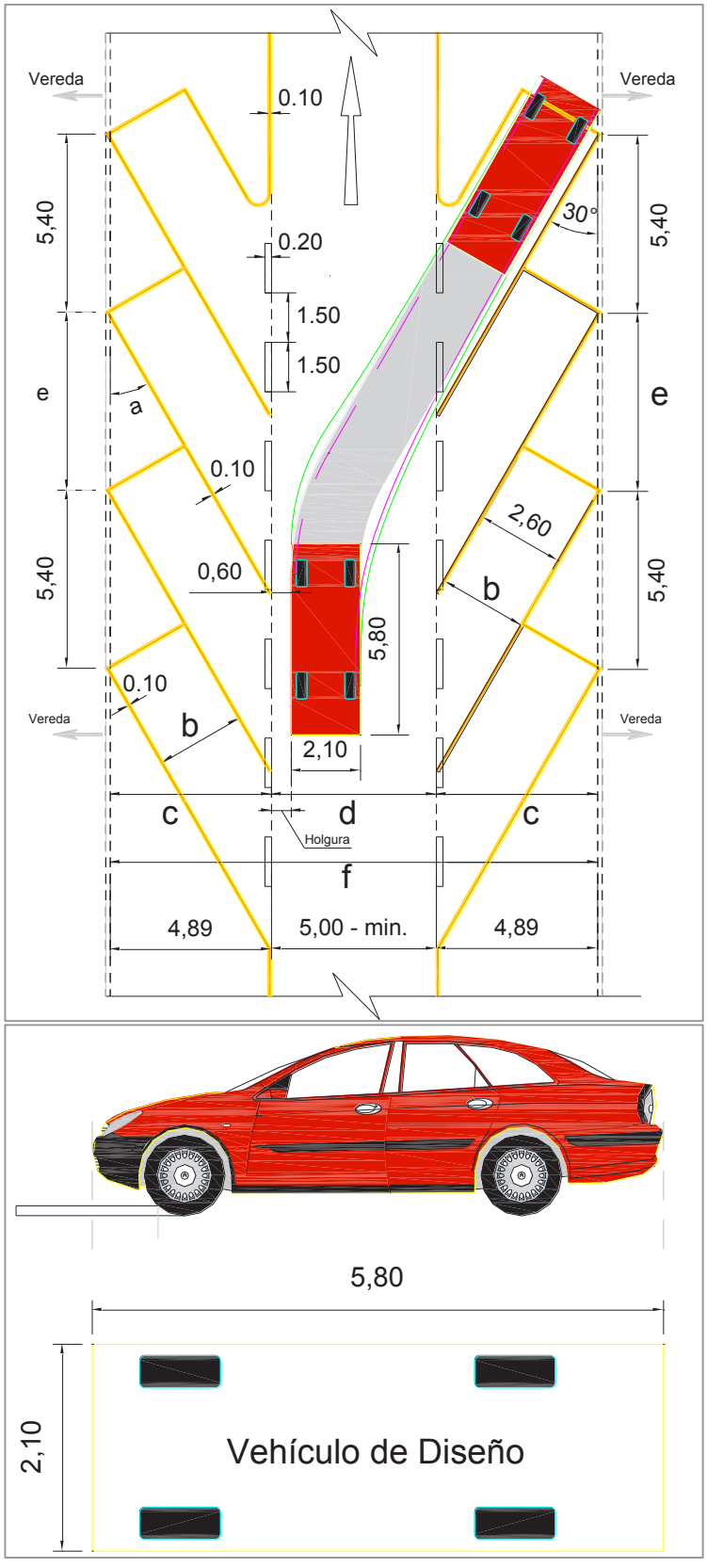
Son líneas continuas de color blanco de 0.10 m a 0.15 m. de ancho que tienen por función indicar los lugares destinados al estacionamiento vehicular.

En la **Figura 3.16** se muestra ejemplos de demarcación en espacios para estacionamiento de vehículos.

Figura 3.16 Ejemplos de demarcación en espacios para estacionamiento de vehículos con dimenciones



(Continua) Figura 3.16 Ejemplos de demarcación en espacios para estacionamiento de vehículos (longitudes en metros)



La **Tabla 3.3** muestra valores para el dimensionamiento de anchos totales y parciales requeridos para estacionamiento, maniobras, sardineles y otros.

Tabla 3.3 Valores para el dimensionamiento de anchos para estacionamientos

Angulo de parqueo (*)	Dimensiones del estacionamiento (**)				
	Ancho del cajón de parqueo	Ancho de la zona de estacionamiento	Ancho libre necesario para la maniobra del vehículo	Longitud del sardinel que ocupa el cajón de parqueo	Ancho total necesario
a	b	c	d	e	f
0° paralelo	2.60	2.60	7.20	8.00	12.40
30°	2.60	4.89	5.00	5.40	14.78
45°	2.60	5.67	7.88	3.82	19.22
60°	2.60	5.60	14.27	3.12	25.47
90°	2.60	5.20	17.15	2.60	27.55

(*) Son los ángulos de inclinación de diseño de estacionamiento.

(**) Son dimensiones internas con respecto al diseño del estacionamiento.

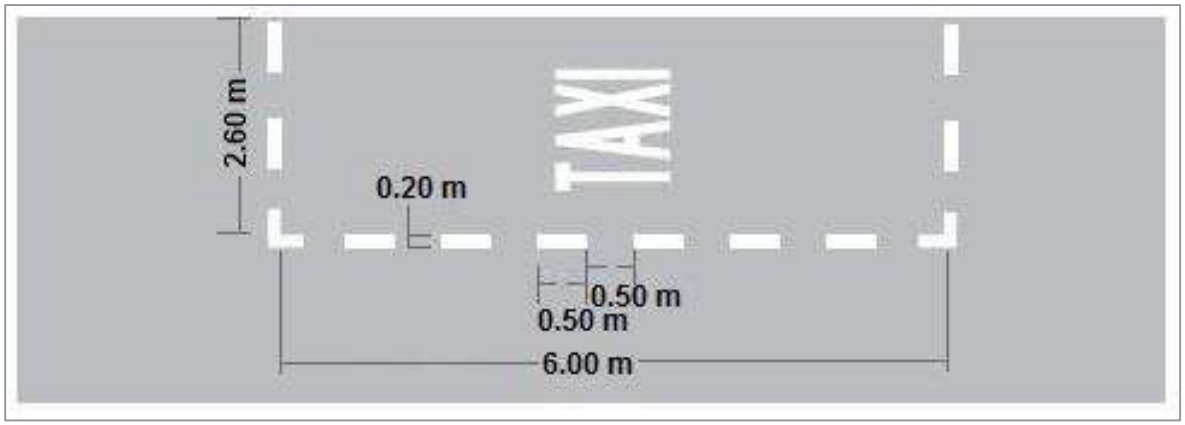
El Vehículo de Diseño 2.10 m x 5.80 m (Vehículo Liviano- según Manual de Carreteras Diseño Geométrico, vigente).

Los radios de giros para dimensionamiento de estacionamiento según Manual de Carreteras Diseño Geométrico, vigente.

Las dimensiones mínimas del cajón de estacionamiento es 2.60 m x 6.00 m, para vehículo liviano.

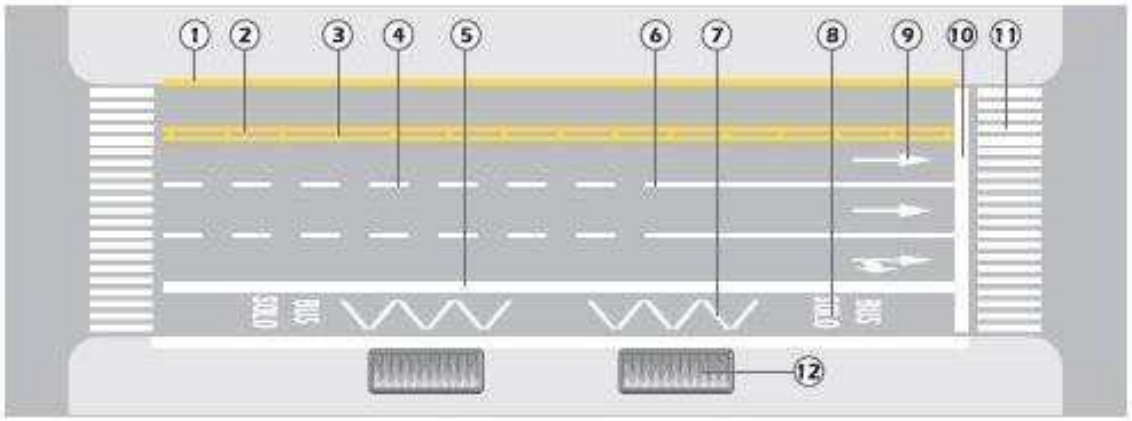
En la **Figura 3.17** se muestra un ejemplo de demarcación para estacionamiento de servicios de taxi, que son líneas segmentadas de color blanco y llevan la leyenda de "TAXI". Su implementación es autorizada por la autoridad competente y por lo general están ubicados en terminales de buses, estaciones ferroviarias, aeropuertos, establecimientos públicos y otros.

Figura 3.17 Ejemplo de demarcación de estacionamiento para servicios de taxi



En la **Figura 3.18** se muestra un ejemplo de demarcación para estacionamiento de buses, que son líneas continuas y segmentadas de color blanco, que según sea el caso, se complementarán con demarcaciones elevadas, barreras de contención, líneas de canalización, sistemas de amortiguamiento al ingreso y salida, delineadores y la señalización vertical correspondiente. Su implementación es autorizada por la autoridad competente.

Figura 3.18 Ejemplo de demarcación de paraderos de buses



1) Sardinel con pintura amarilla, **2)** Doble línea amarilla (de 10 cm de ancho con 10 cm espacio), **3)**Tacha reflectiva (cada 2 m), **4)** Línea separador de carril, **5)** Línea blanca continua de (25 cm de ancho), **6)** Línea blanca canalizadora, **7)** Paradero de buses, **8)** Demarcación leyenda SOLO BUS, **9)** Flecha indicadora de sentido del tránsito, **10)** Línea de detención, **11)** Cruce peatonal, **12)** Caseta de paradero

3.5.7.1.10 Demarcación de no bloquear cruce en intersecciones

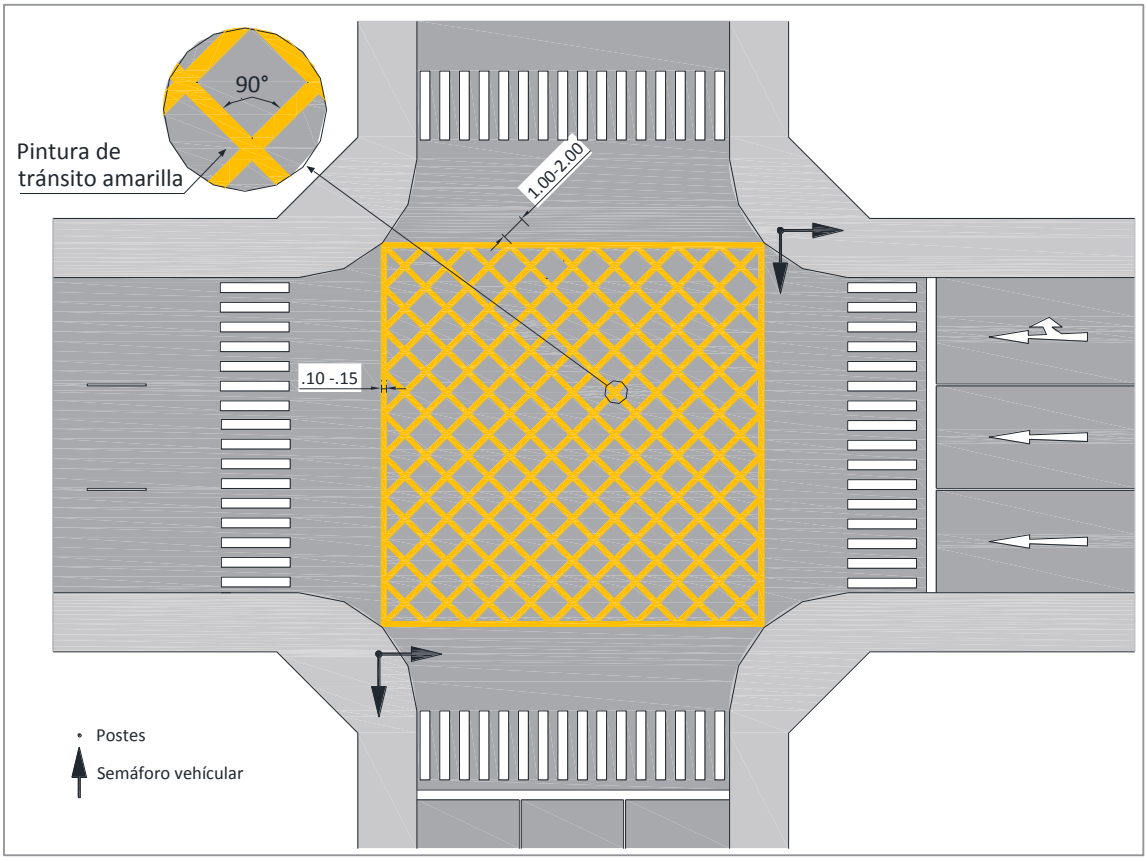
Son un conjunto de líneas paralelas que forman una malla octogonal de color amarillo, que abarca el área de intersección de dos vías y tienen por finalidad prohibir al Conductor detener el vehículo en dicha área de intersección.

Esta demarcación debe ser complementada con la señal vertical R-53 "NO BLOQUEAR CRUCE".

Para intersecciones sin separador central y de uno o dos carriles por sentido, la malla octogonal tendrá líneas de 0.10 m. de ancho espaciadas a un 1.00 m.; y para intersecciones con separador central o con más de dos carriles por sentido, tendrá 0.15 m. de ancho espaciadas a 1.50 m.

En la **Figura 3.19** se muestra un ejemplo de demarcación de no bloquear intersecciones.

Figura 3.19 Ejemplo de demarcación de no bloquear intersecciones, con dimensiones en metros (m)



3.5.7.1.11 Demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta

Son un conjunto de marcas, símbolos, letras y leyendas en el pavimento que deben diseñarse de manera integral, para que corresponda al diseño geométrico y el uso previsto de una rotonda o glorieta.

Las marcas, símbolos, letras y leyendas en los accesos a una Rotonda y en los carriles giratorios, deben ser compatibles entre sí.

Dentro de las zonas o áreas que abarca la Rotonda y sus accesos de ingreso y salida, está prohibido los paraderos de vehículos de servicio público en general, como mínimo a 100.00 m. antes del ingreso y salida de la misma.

La indicada demarcación en el pavimento, será complementada con marcas elevadas, señalización vertical y demás dispositivos de control del tránsito correspondientes.

Las rotondas o glorietas que cuenten con terreno natural se complementará con áreas verdes (vegetación natural de la zona).

En las **Figuras del 3.20 al 3.33**, que a continuación se indican, se muestran ejemplos de demarcación en el pavimento, para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta

Figura 3.20 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta en las aproximaciones de ingreso y salida, y de un carril giratorio

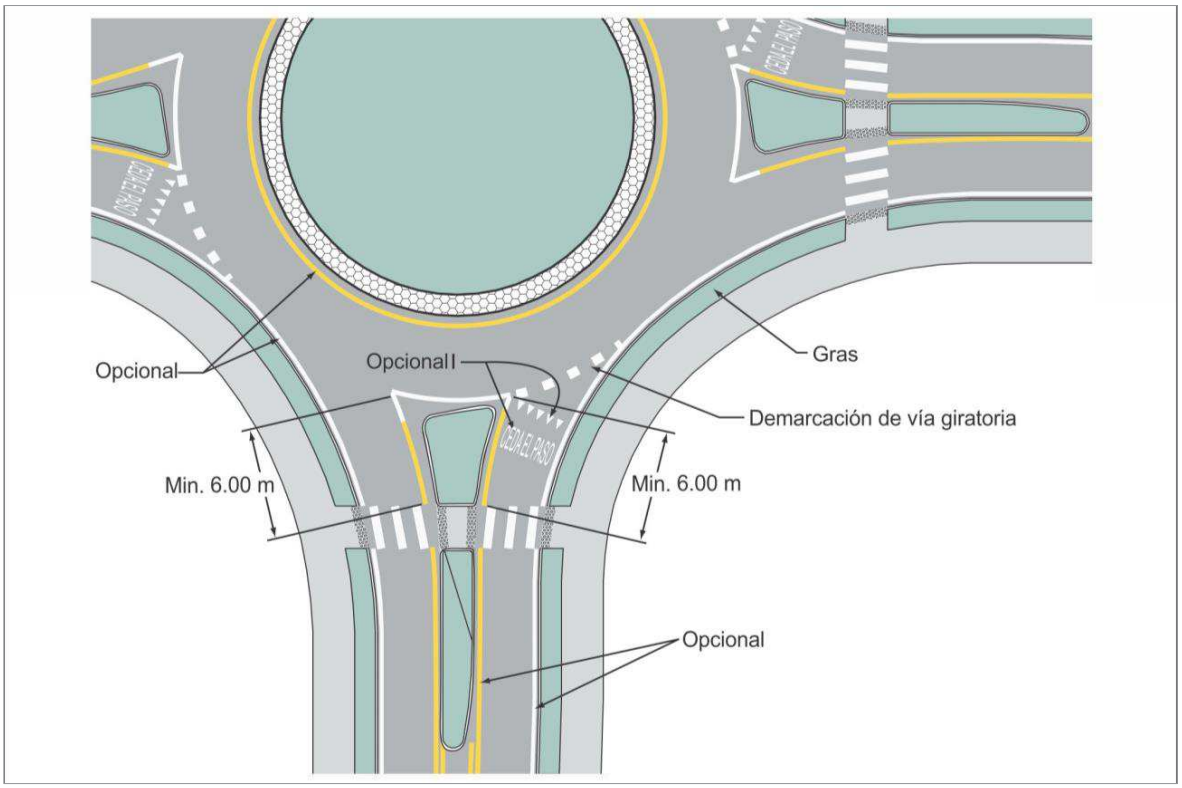
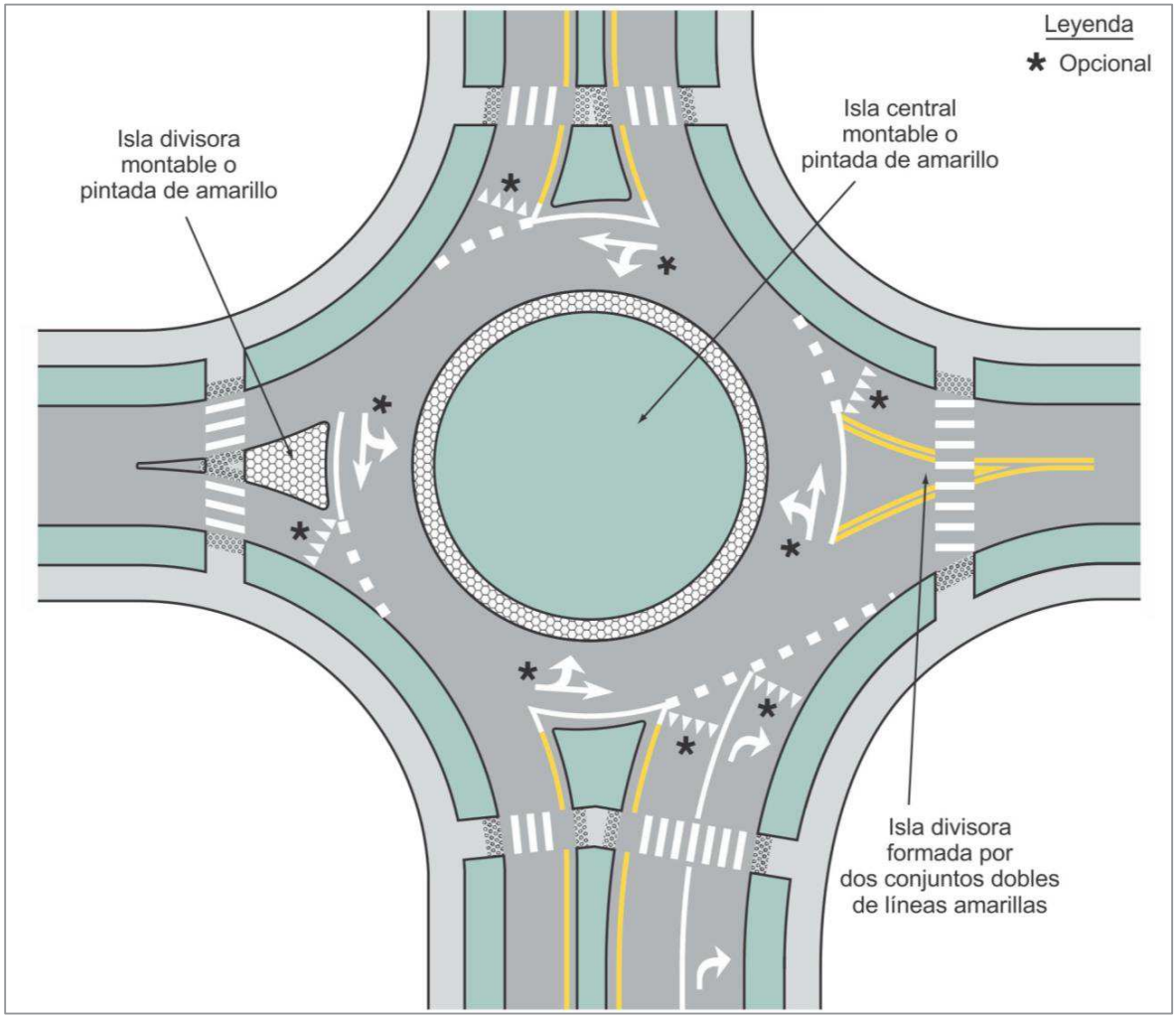


Figura 3.21 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta de un carril



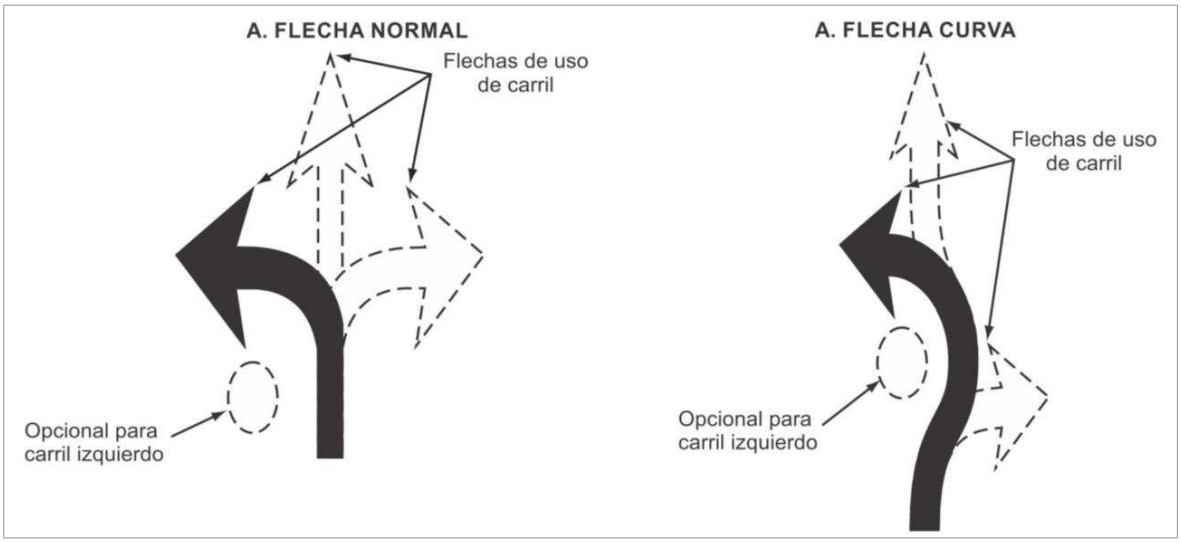


Figura 3.22 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta de dos carriles

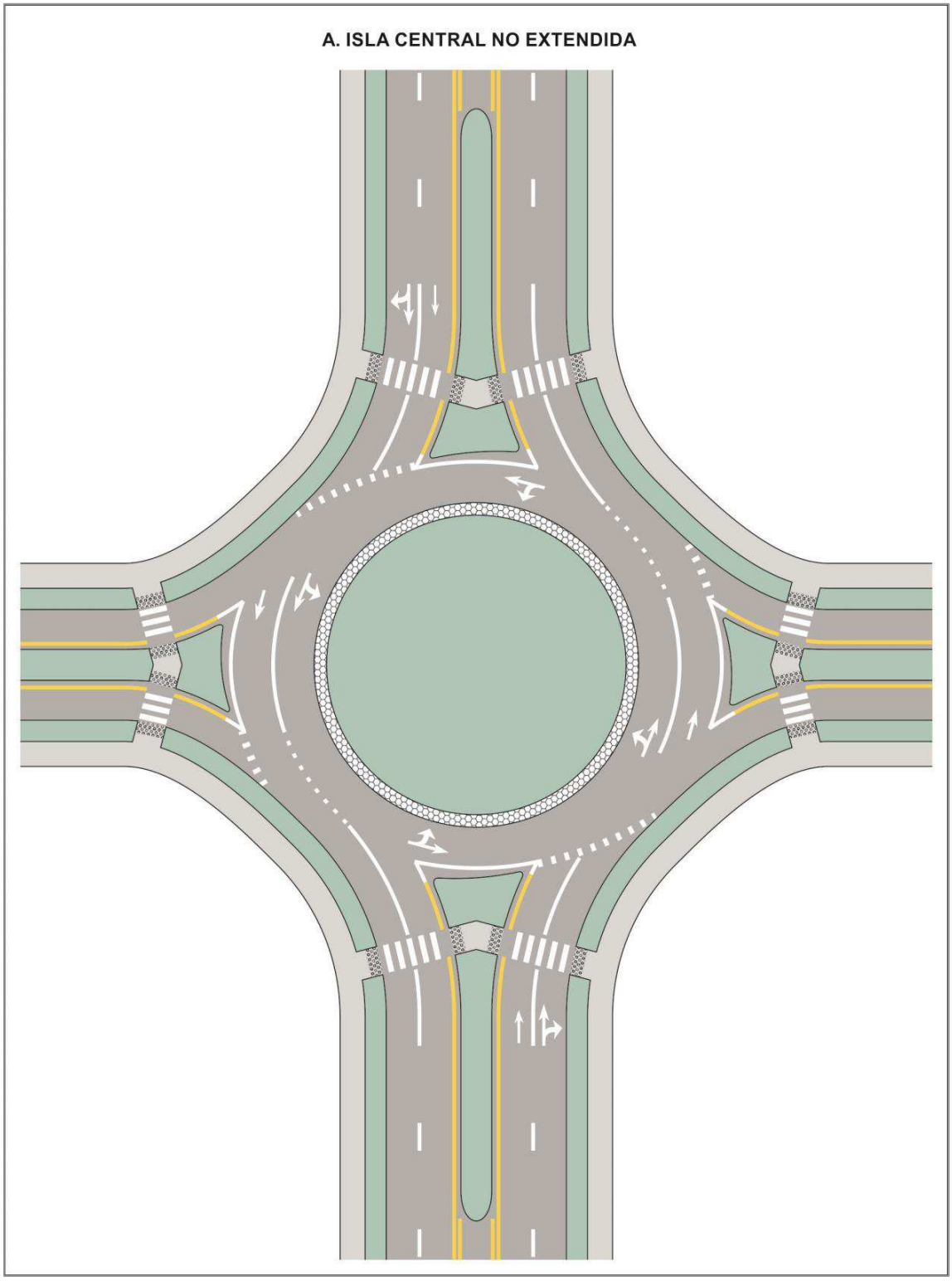


Figura 3.23 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta de dos carriles con uno o dos carriles de circulación

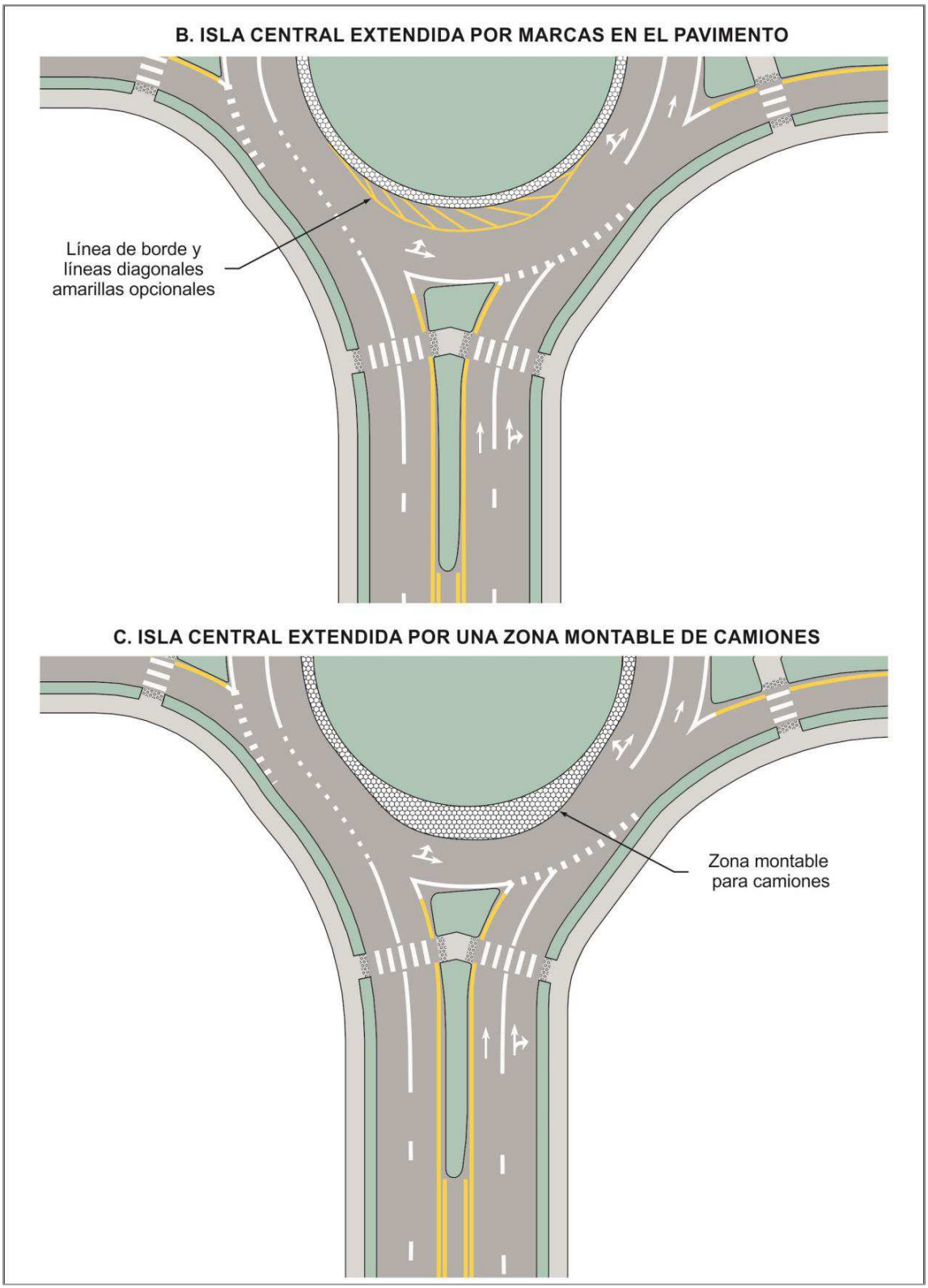


Figura 3.24 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta de dos carriles con un carril de salida

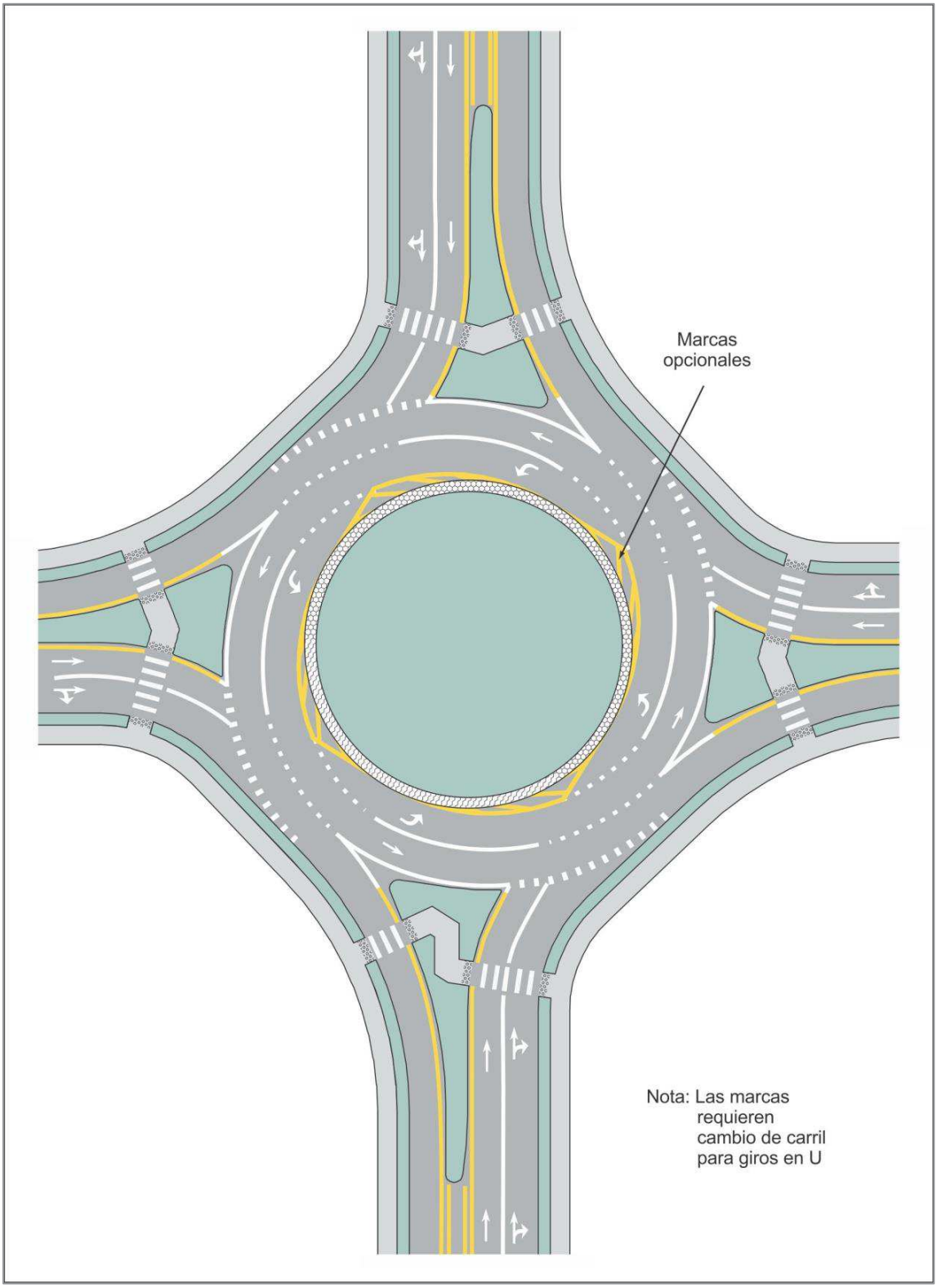


Figura 3.25 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta de dos carriles con dos carriles de salida

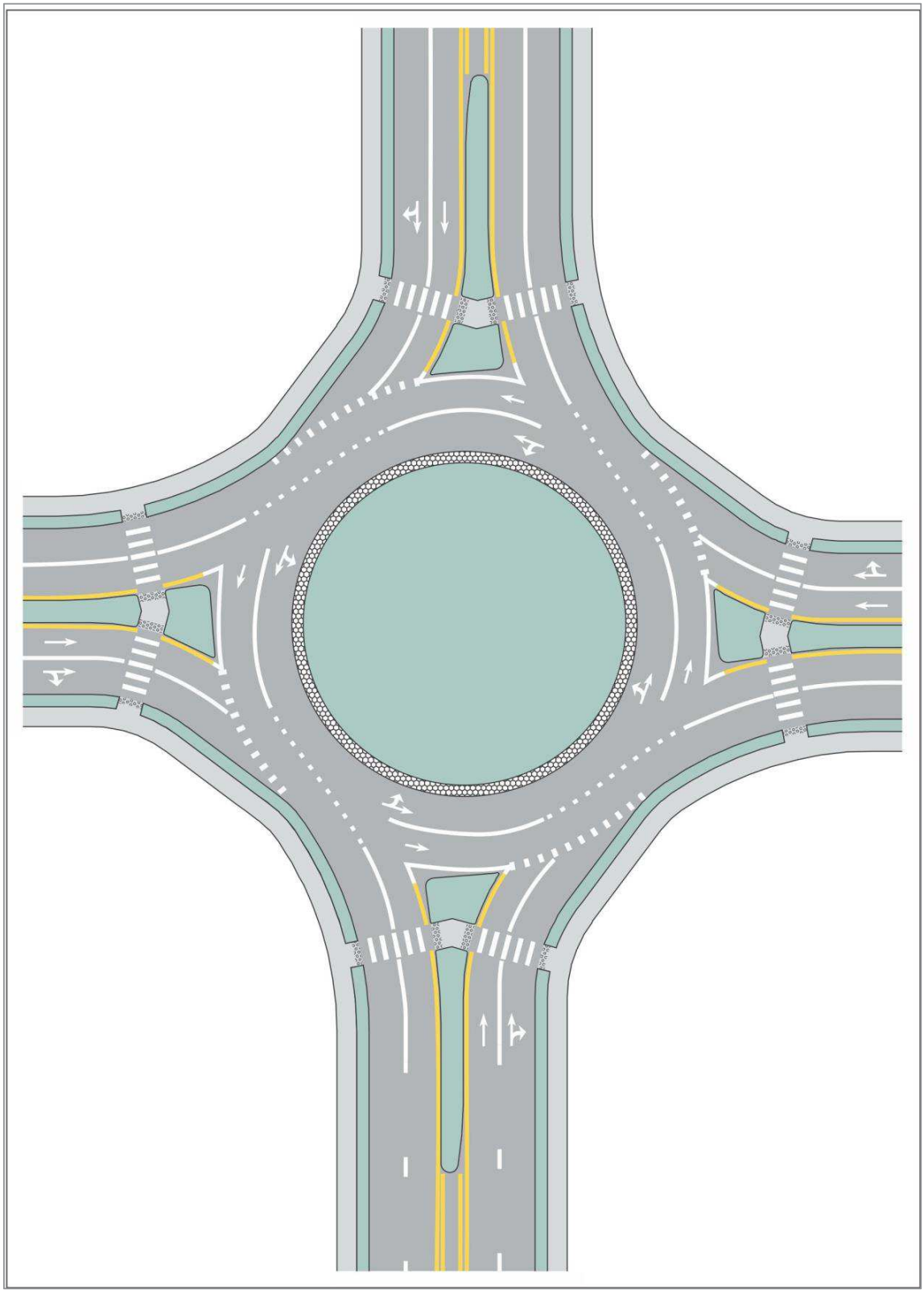


Figura 3.26 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta de dos carriles con doble giro a la izquierda

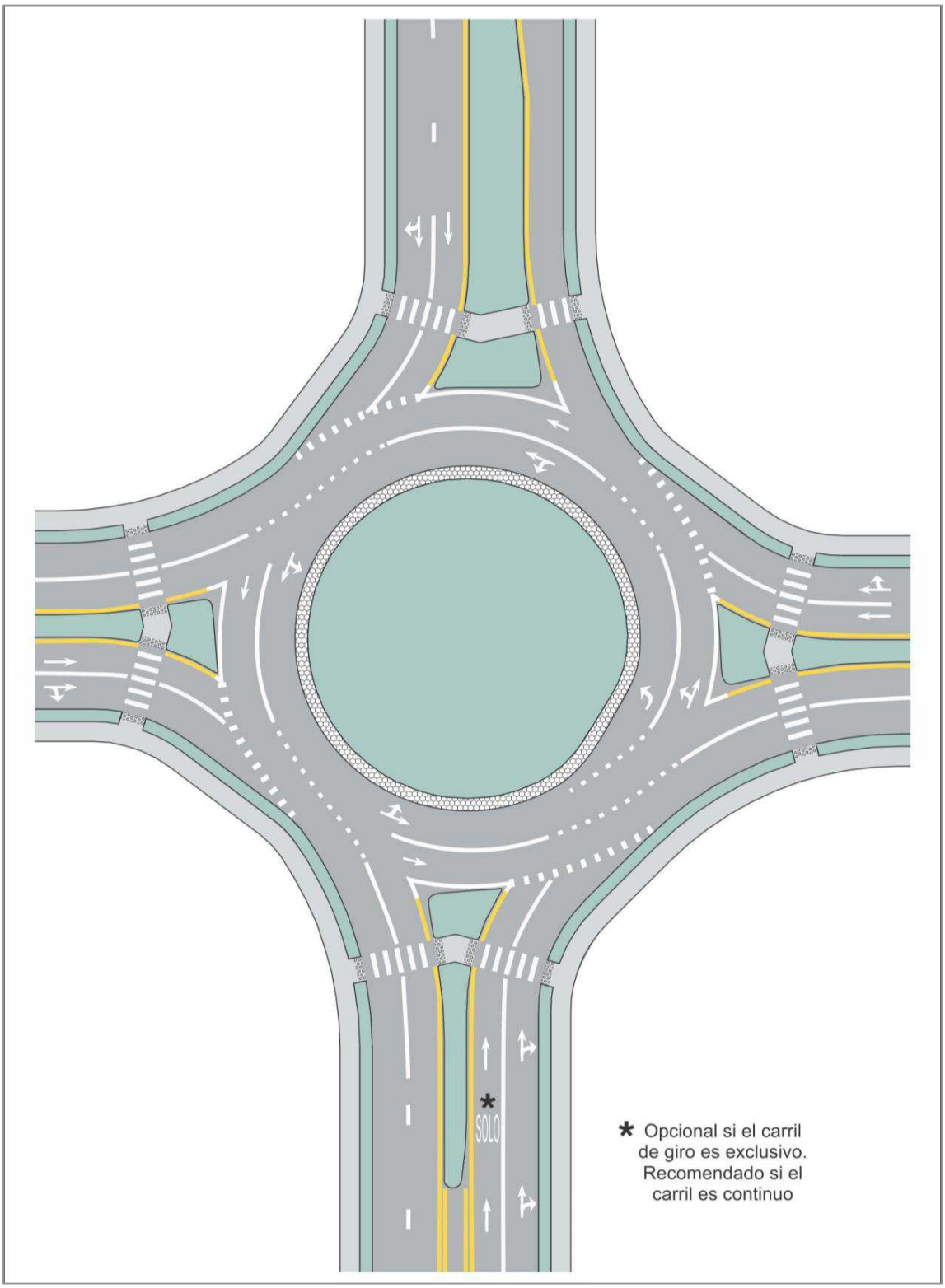


Figura 3.27 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta de dos carriles con doble giro a la derecha

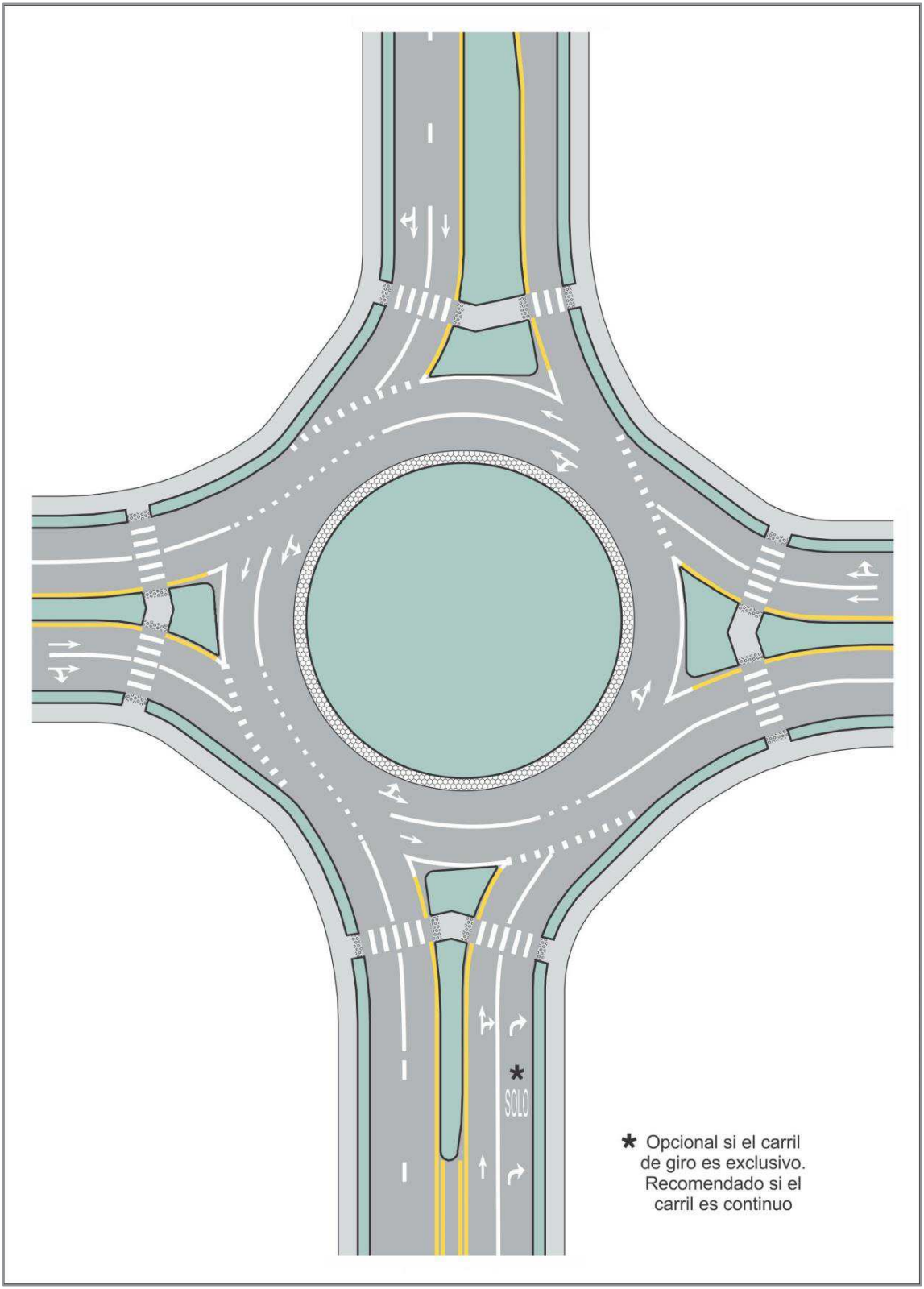


Figura 3.28 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta de dos carriles con doble giro consecutivo a la izquierda

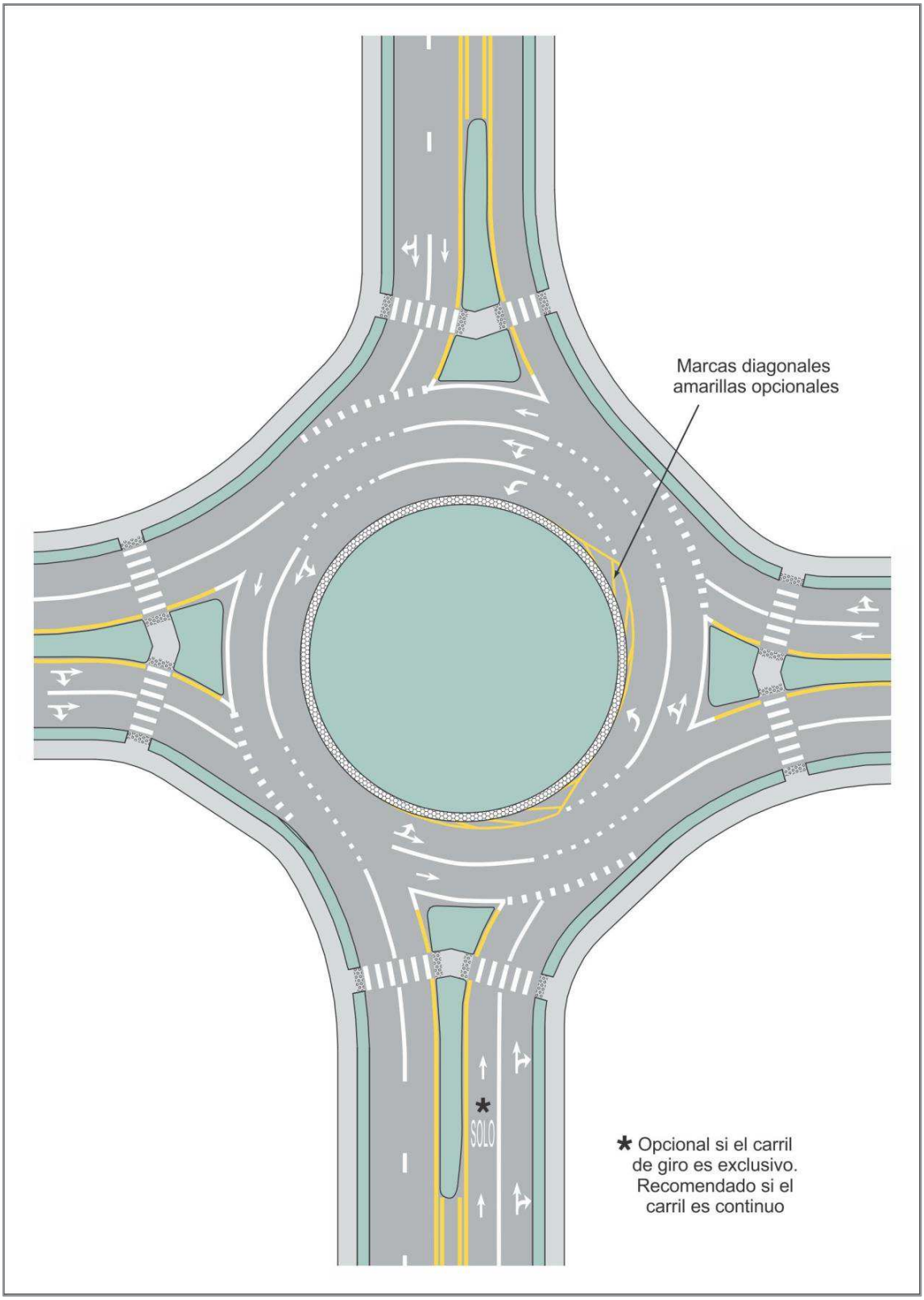


Figura 3.29 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta de tres carriles con dos y tres carriles de entrada

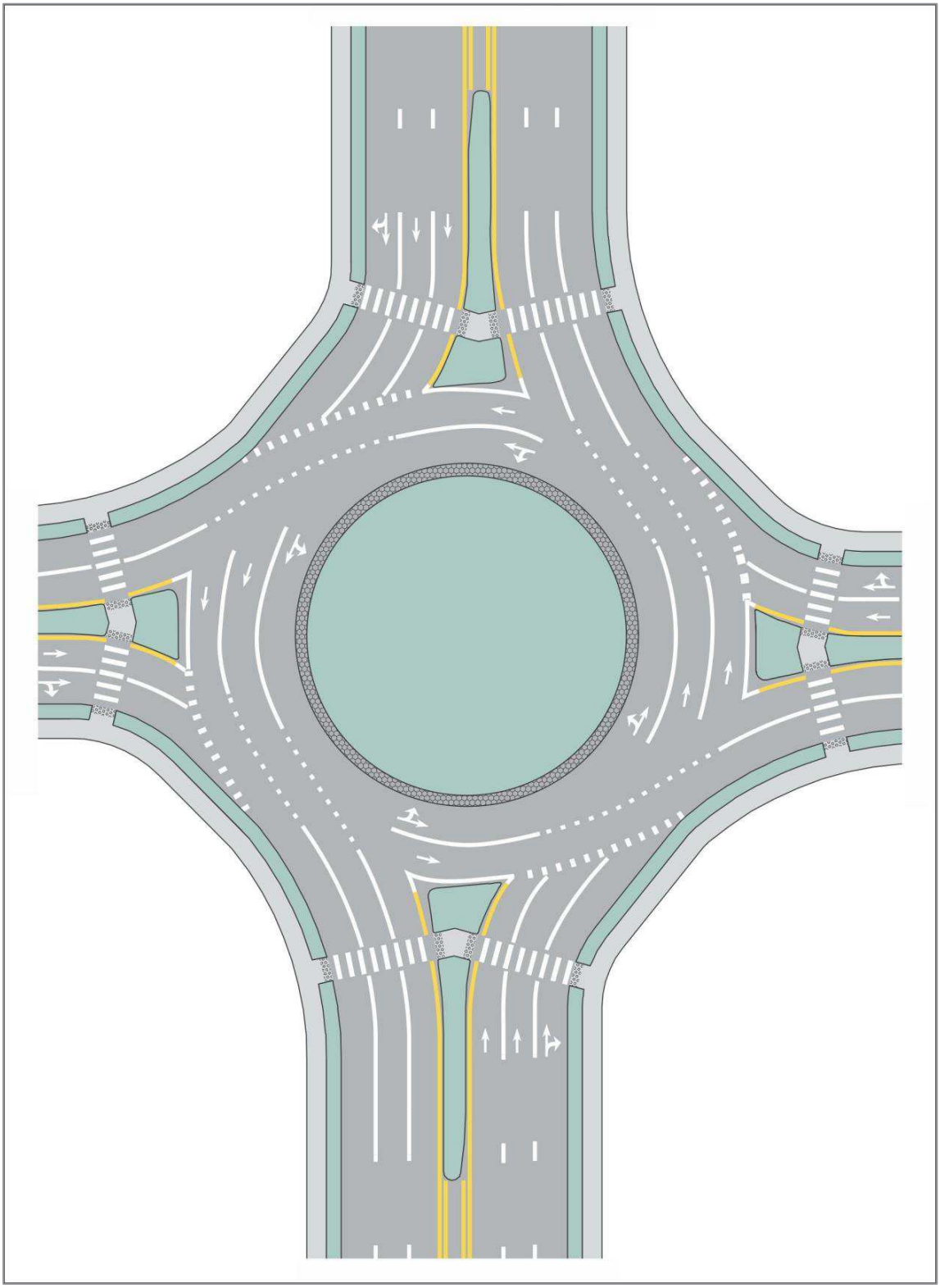


Figura 3.30 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta de tres carriles con tres carriles de acceso

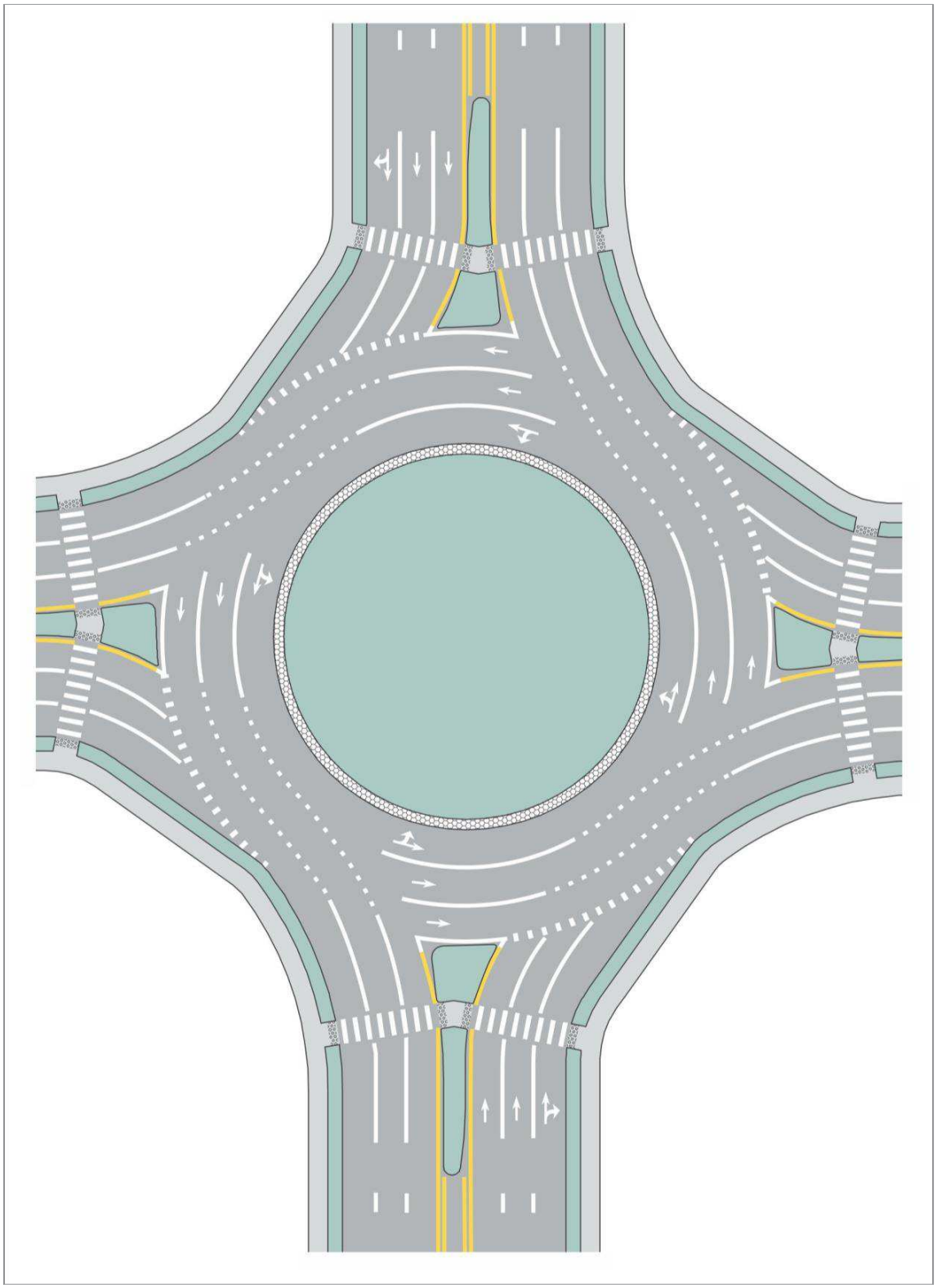


Figura 3.31 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta de tres carriles con salidas de dos carriles

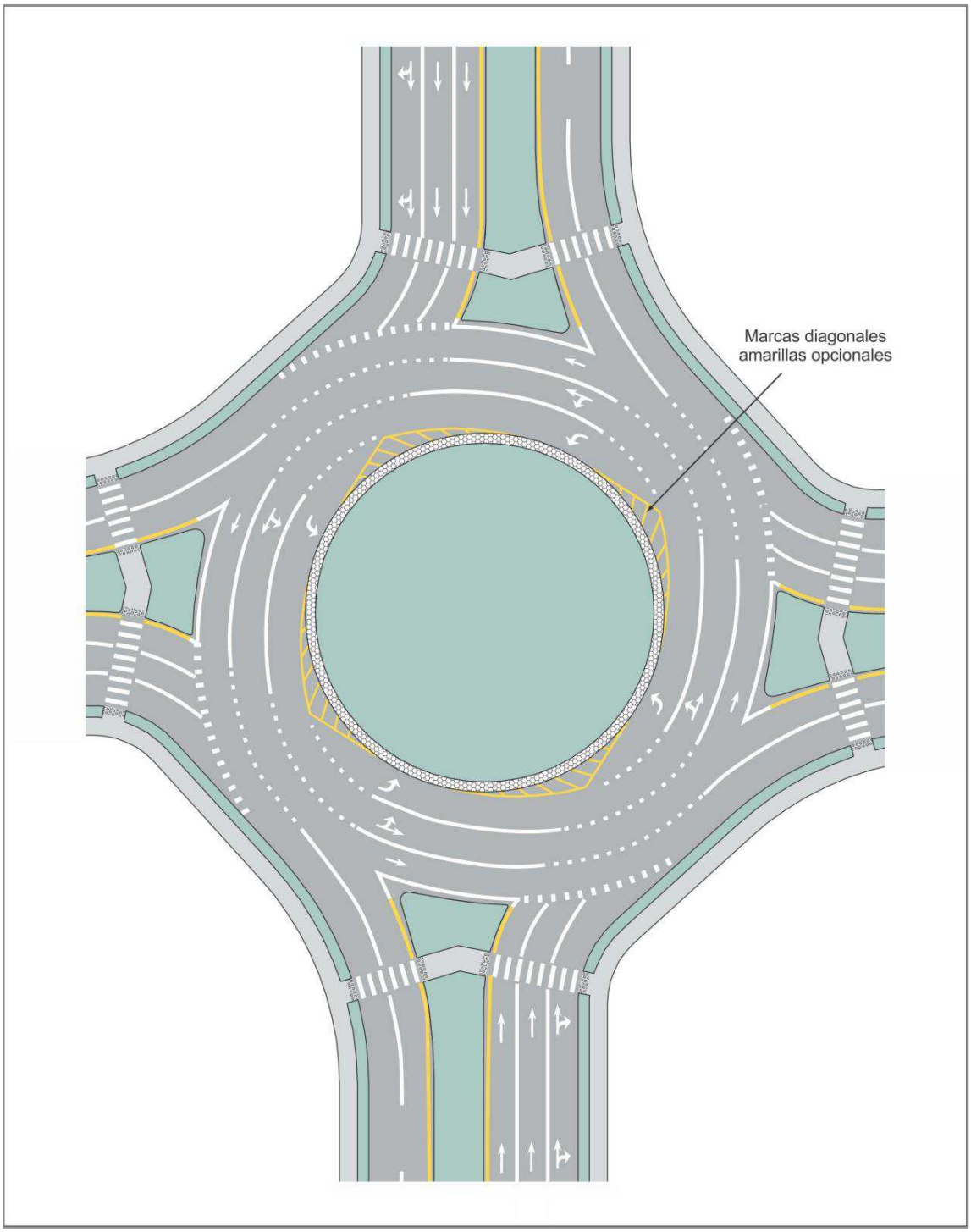


Figura 3.32 Ejemplo de demarcación para intersecciones tipo para dos Rotondas o Glorietas vinculadas

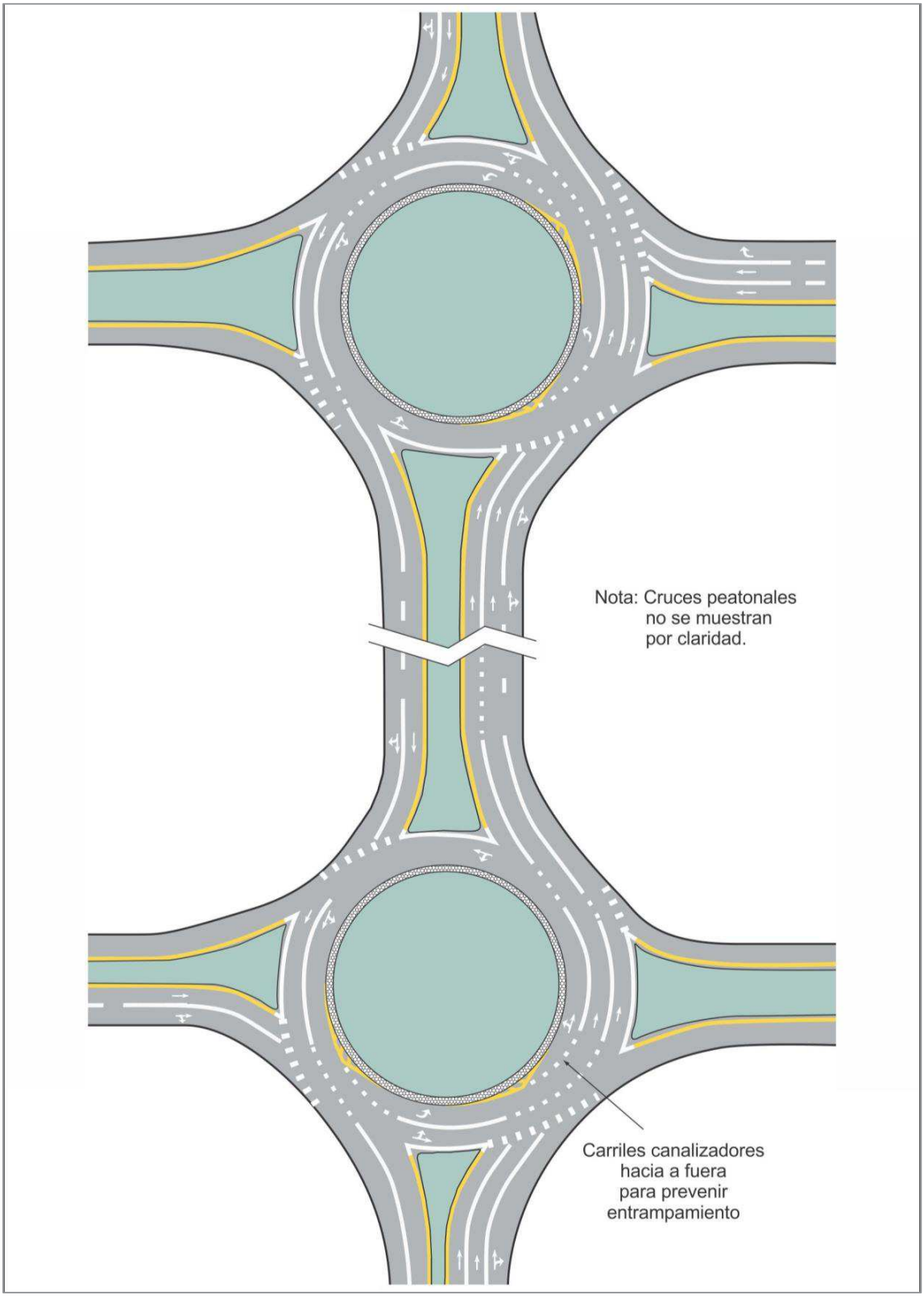
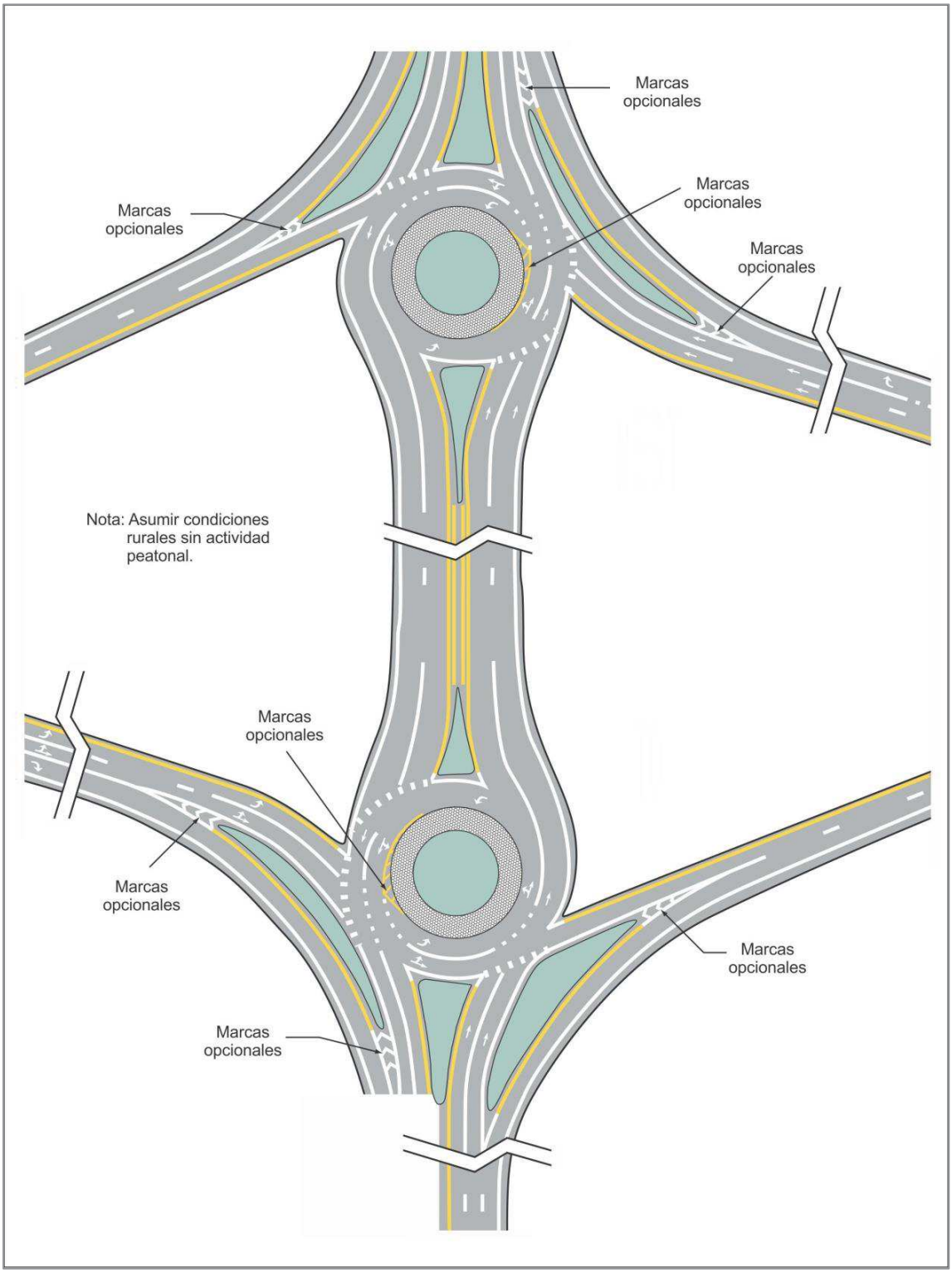


Figura 3.33 Ejemplo de demarcación para una intersecciones tipo diamante con rotondas o glorietas en los terminales de las rampas

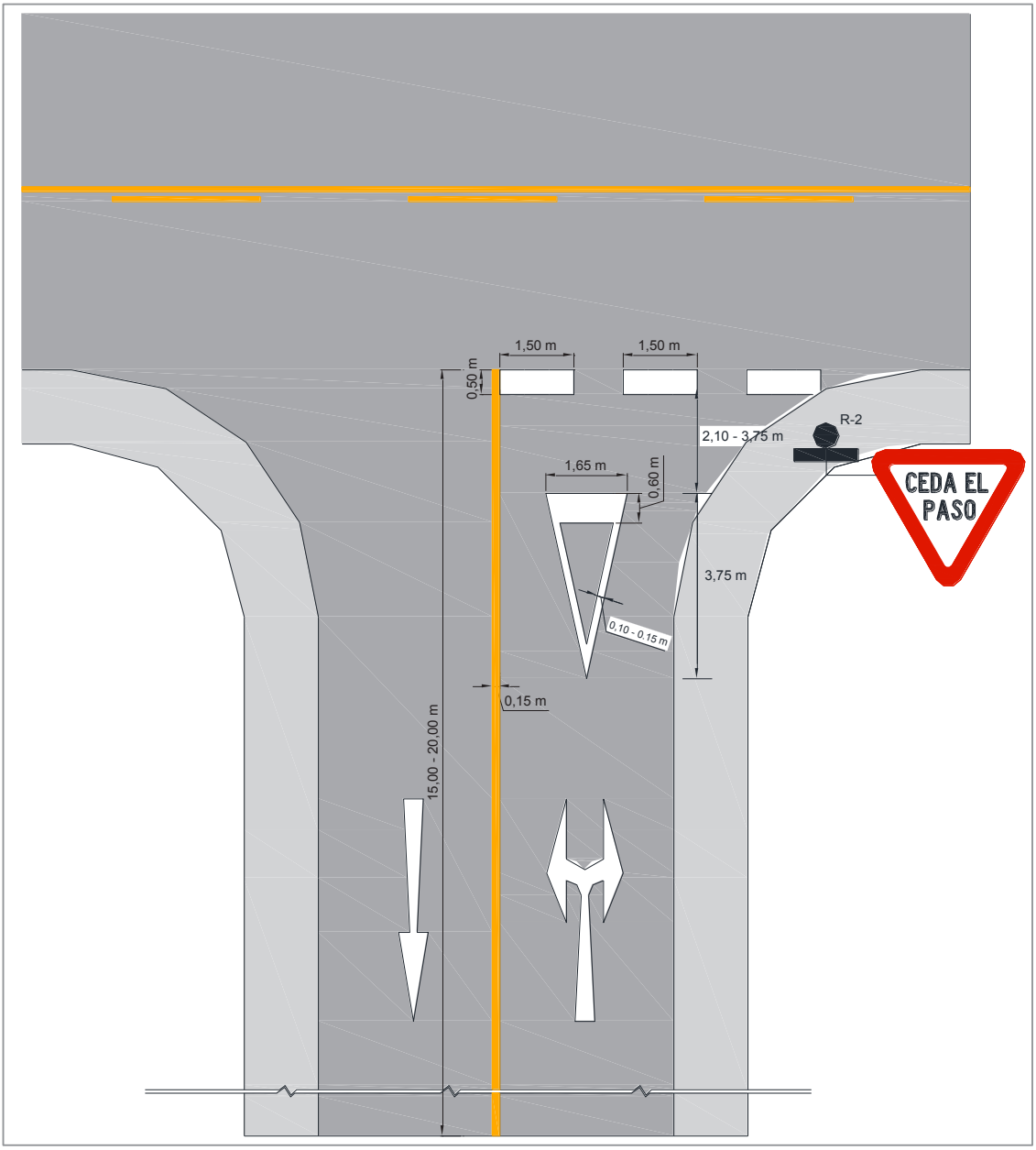


3.5.7.1.12 Otras demarcaciones

A continuación se incluye en la presente norma, un conjunto de marcas, símbolos, letras y leyendas correspondientes a otras demarcaciones en el pavimento.

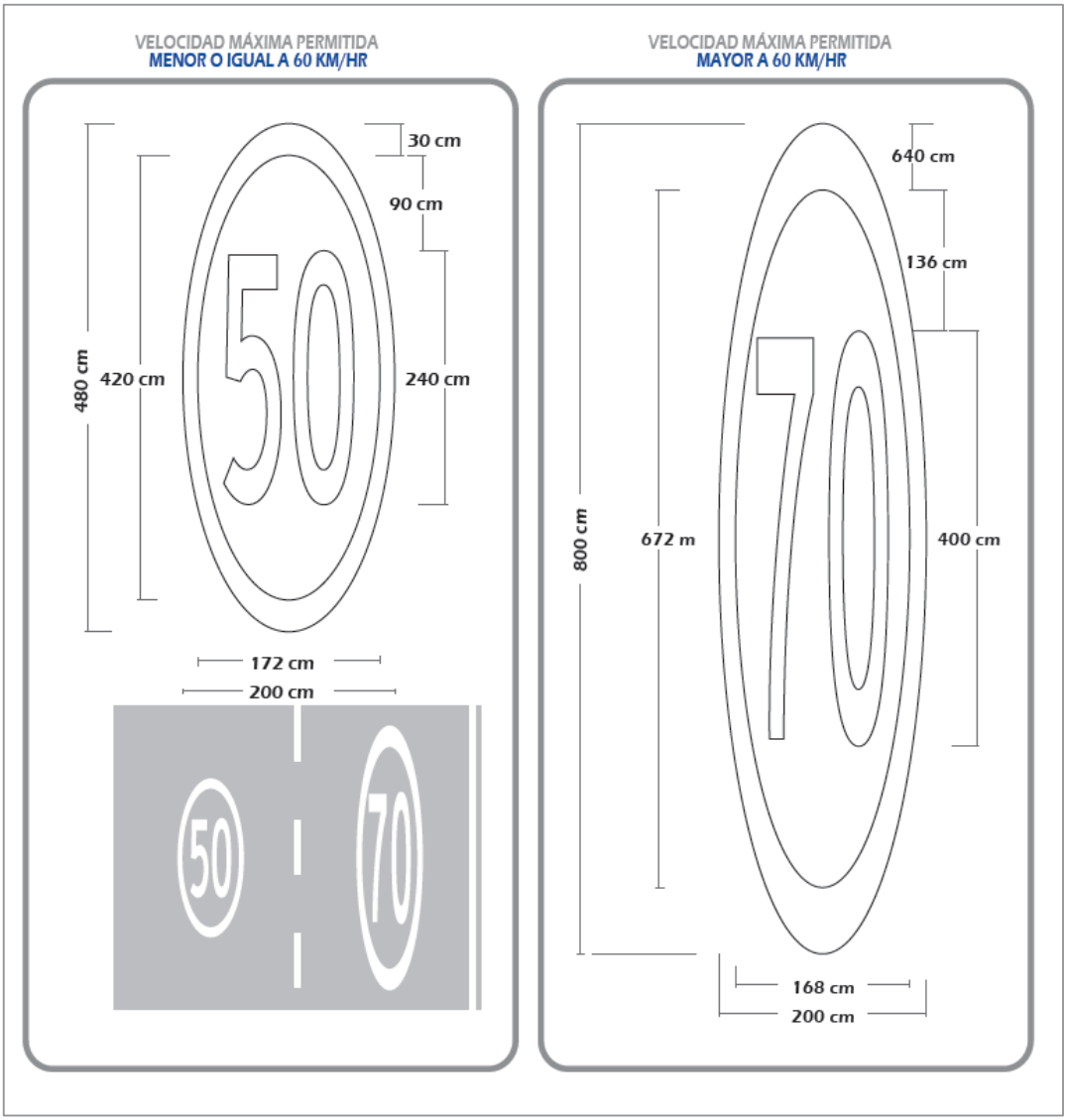
Demarcación "CEDA EL PASO": es un símbolo que se demarca en el pavimento como complemento de la señal vertical (R-2) "ceda el paso". Sus dimensiones se muestran en la **Figura 3.34**.

Figura 3.34 Dimensiones de demarcación "CEDA EL PASO"



Demarcación "VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA": Símbolo que se demarca en el pavimento, para indicar la Velocidad Máxima Permitida en determinado carril, como complemento de la Señal Vertical (R-30) "VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA". Su color es blanco y sus dimensiones se detallan en la **Figura 3.35**.

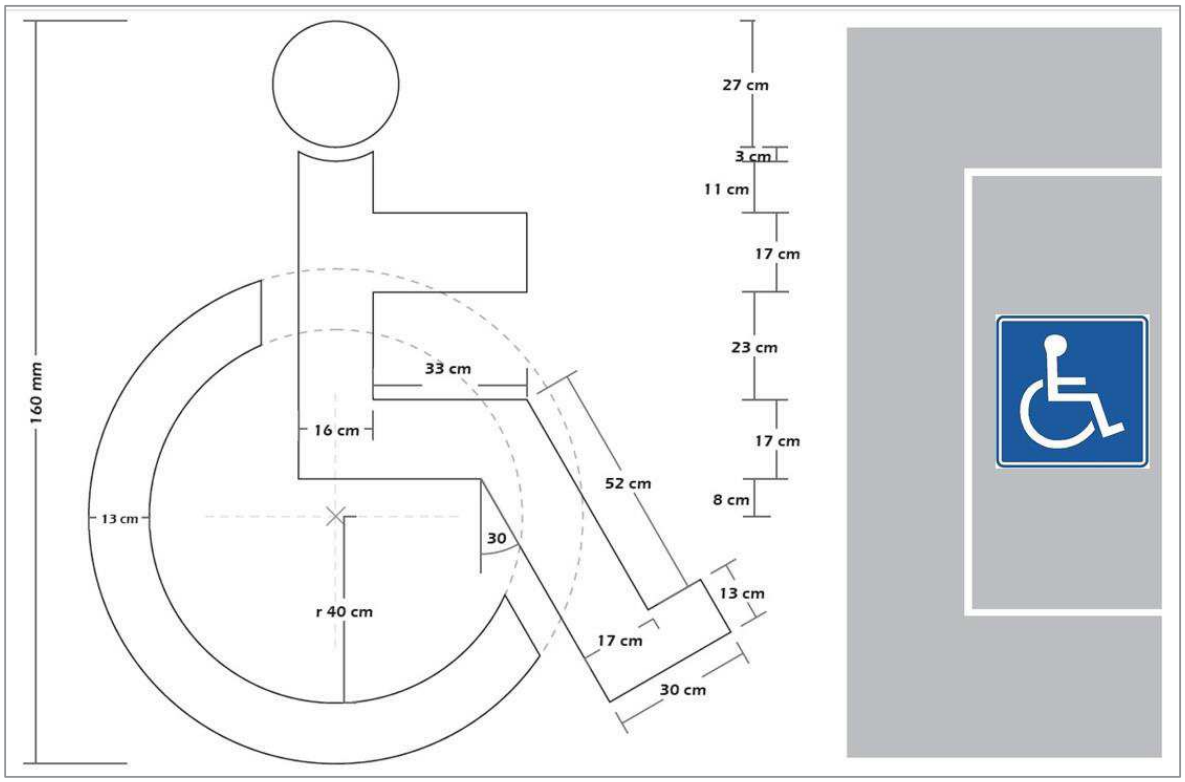
Figura 3.35 Dimensiones de demarcación "VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA"



Demarcación "ESTACIONAMIENTO EXCLUSIVO PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA": Símbolo que se demarca en el pavimento para indicar el lugar exclusivo de estacionamiento para personas con movilidad reducida, incluyendo a madres gestantes y/o niños en brazos, y personas de la tercera edad, como complemento de la Señal Vertical (I-21) "PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA".

Su color es blanco y sus dimensiones se detallan en la **Figura 3.36**.

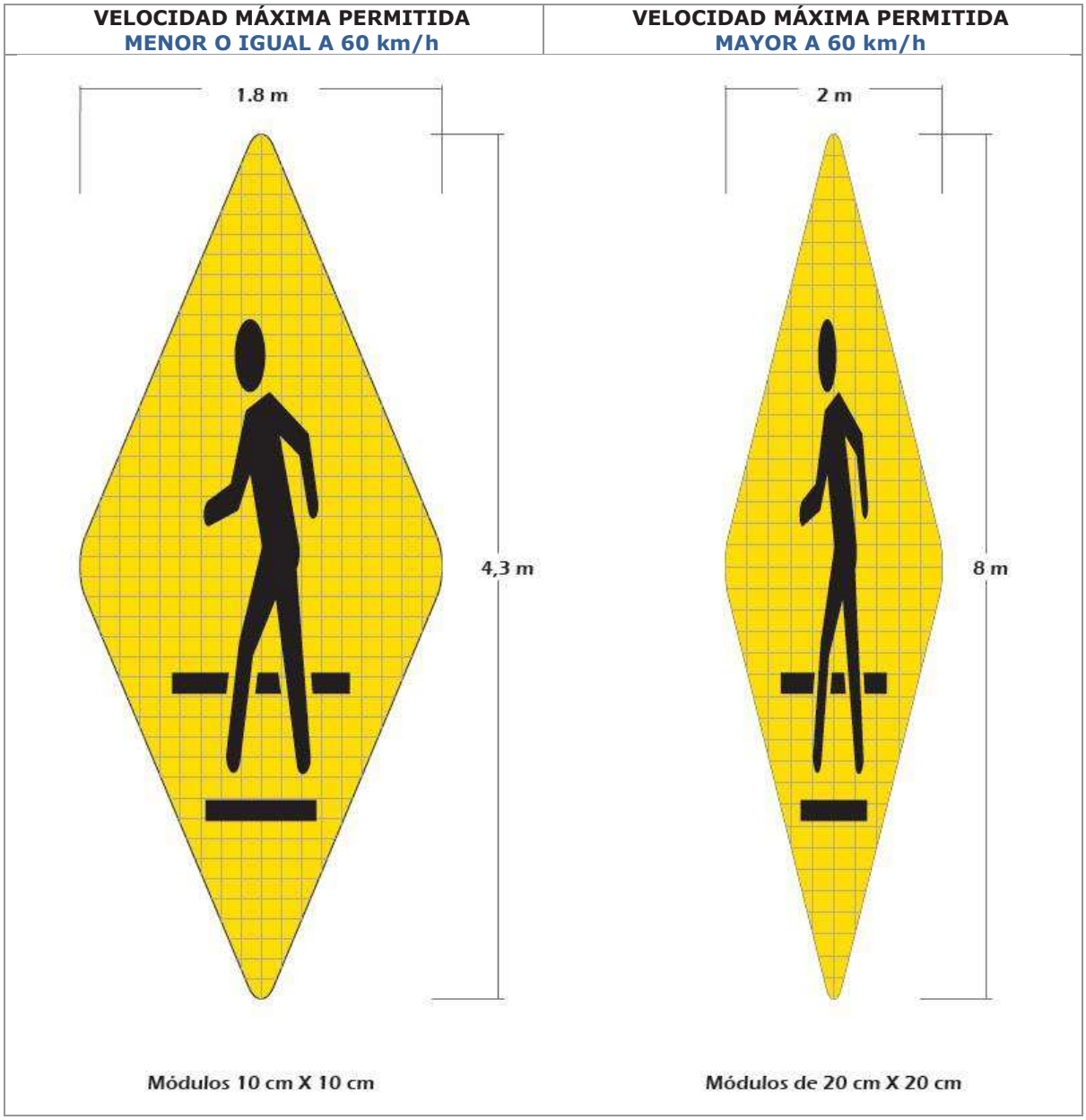
Figura 3.36 Ejemplo de demarcación y dimensiones de estacionamiento exclusivo para personas con movilidad reducida, madres gestantes y/o niños en brazos, y personas de la tercera edad



Demarcación "ZONA DE PEATONES": Símbolo que se demarca en el pavimento para advertir la probable presencia de peatones en la vía, como complemento de las Señales Verticales (P-48) "ZONA DE PEATONES", (P-48A) "PROXIMIDAD DE CRUCE PEATONAL" y (P-48B) "UBICACIÓN DEL CRUCE PEATONAL".

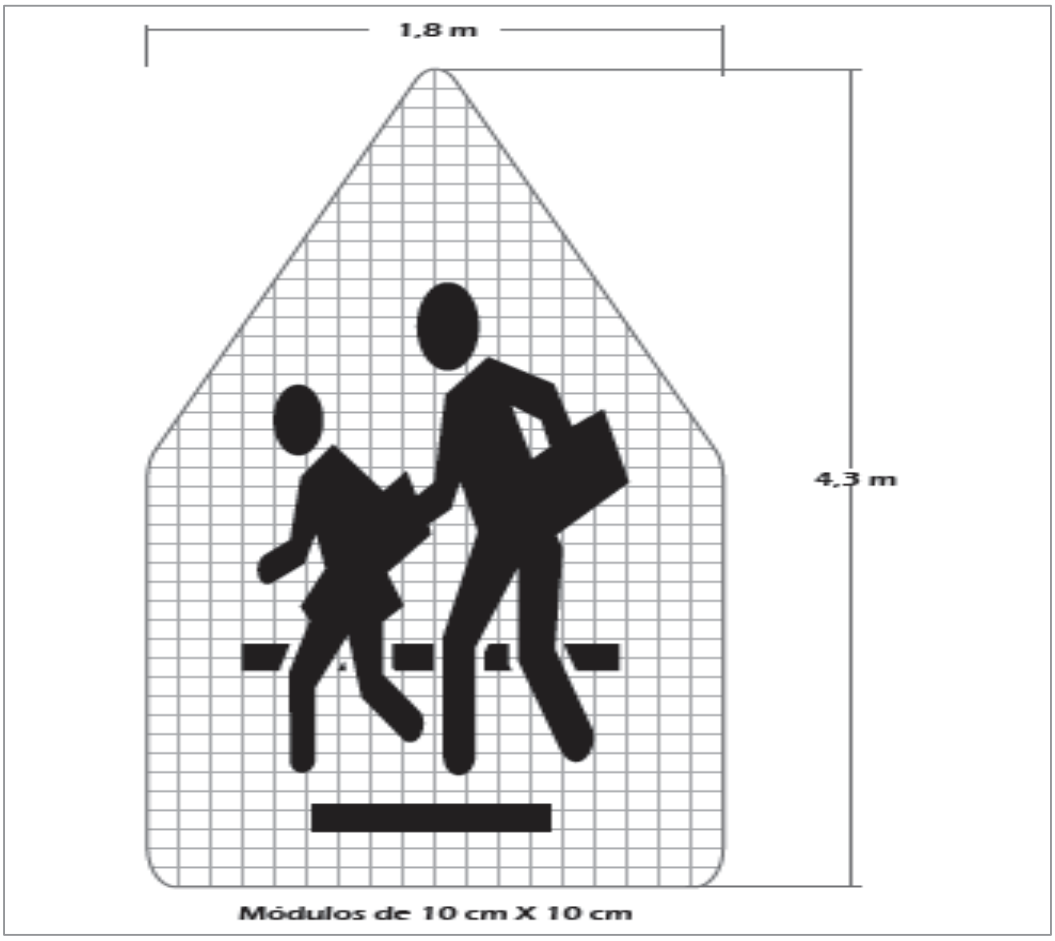
Es de color negro con fondo amarillo. Sus dimensiones se detallan en la **Figura 3. 37**.

Figura 3.37 Dimensiones de demarcación (P-48) "ZONA DE PEATONES", (P-48A) "PROXIMIDAD DE CRUCE PEATONAL" y (P-48B) "UBICACIÓN DEL CRUCE PEATONAL"



Demarcación "ZONA ESCOLAR": Símbolo que se demarca en el pavimento para advertir la probable presencia de escolares en la vía, como complemento de la Señal Vertical (P-49) "ZONA ESCOLAR". Es de color negro con fondo amarillo. Sus dimensiones se detallan en la **Figura 3.38**.

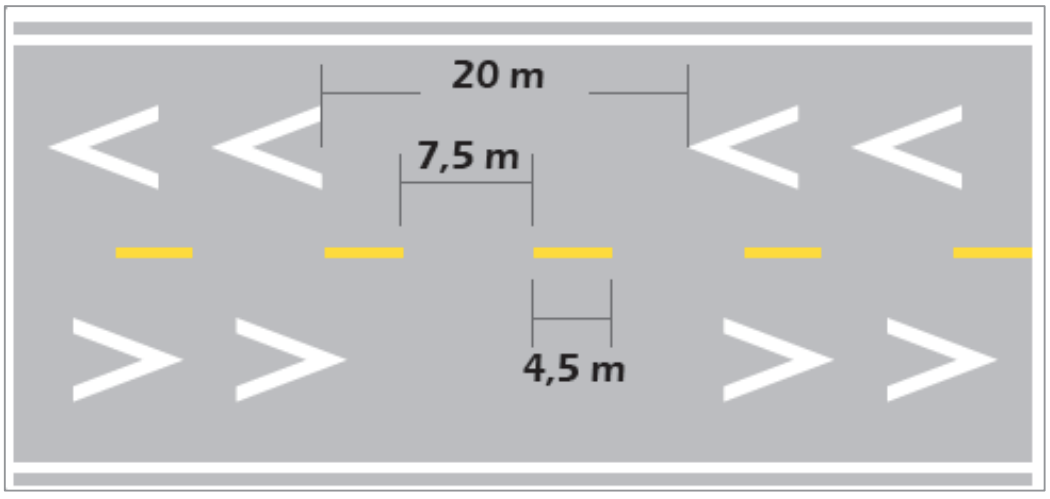
Figura 3.38 Dimensiones de demarcación "ZONA ESCOLAR"



Demarcación "DISTANCIADORES": Símbolo que se demarca en el pavimento para advertir al Conductor la distancia mínima que debe mantener al vehículo que lo antecede, con la finalidad de disponer del tiempo suficiente para reaccionar en caso de frenadas o disminuciones de velocidad sorpresivas. Son de forma de punta de flecha.

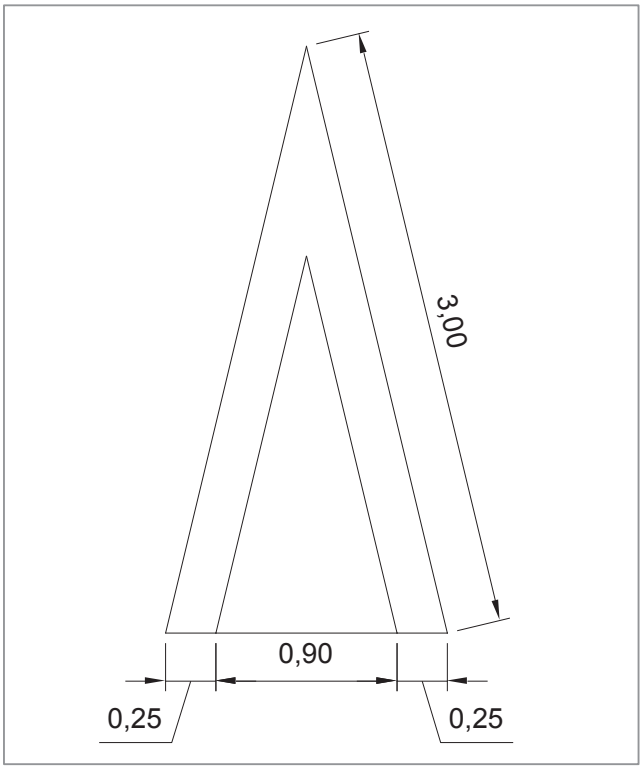
En la **Figura 3.39**, se muestra un ejemplo de demarcación de "DISTANCIADORES".

Figura 3.39 Ejemplo de demarcación de "DISTANCIADORES"



En la **Figura 3.40**, se muestra las dimensiones de la demarcación de "DISTANCIADORES".

Figura 3.40 Dimensiones de demarcación de "DISTANCIADORES"



En la **Tabla 3.4**, se muestra la separación de la demarcación de "DISTANCIADORES" en función a la velocidad máxima de la vía.

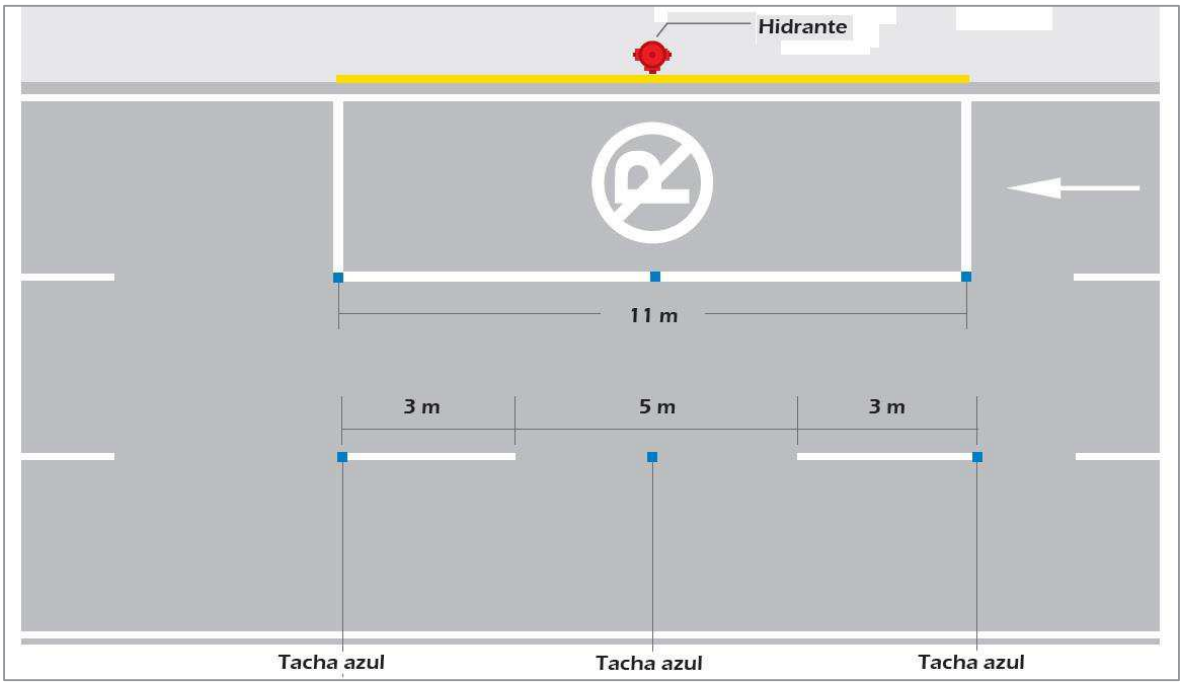
Tabla 3.4 Separación entre "DISTANCIADORES" en función a la velocidad máxima de la vía

Separación entre distanciadores		
Velocidad Máxima de la Vía (Km/h)	**Separación entre distanciadores en ascenso (m)**	**Separación de distanciadores en descenso (m)**
30 - 60	20	25
70	25	35
80	35	45
90	45	55
100	55	65
110	60	70
120	65	75

Demarcación "INDICADORES DE UBICACIÓN DE GRIFO CONTRA INCENDIOS": Símbolo que se demarca en el pavimento, como punto de referencia para facilitar la ubicación de Grifos Contra Incendios o Hidrantes. Por lo general se trata de tres tachas continuas retrorreflectivas de color azul, instaladas en la Línea Central de la vía.

En la **Figura 3.41**, se muestra un ejemplo de demarcación de ubicación de Grifos Contra Incendios

Figura 3.41 Ejemplo de demarcación de ubicación de Grifos Contra Incendios



3.5.7.1.13 Palabras, símbolos y leyendas

Las palabras, símbolos y leyendas utilizadas en la demarcación plana del pavimento, tienen por finalidad guiar, advertir y regular el tránsito vehicular y peatonal.

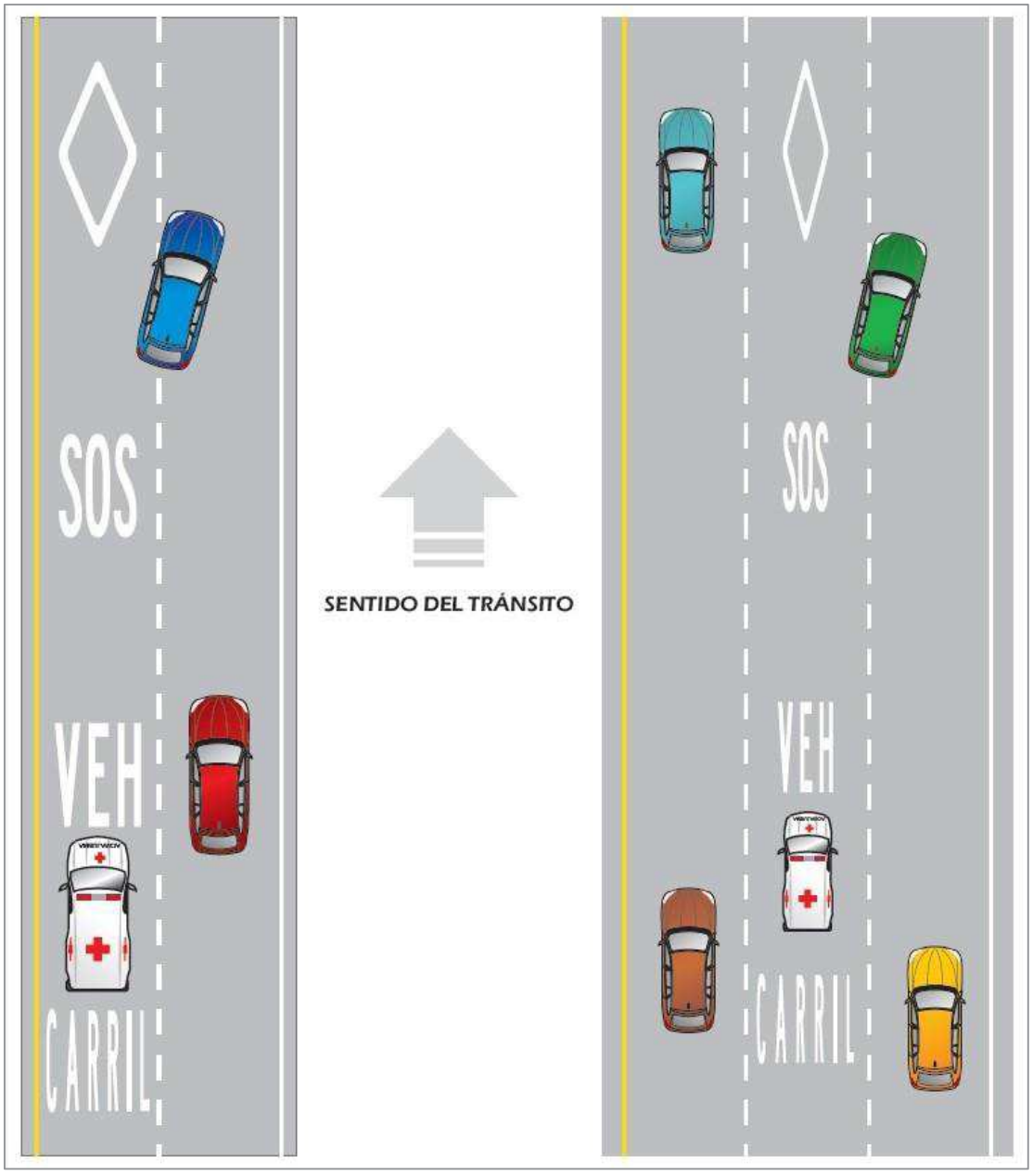
Los mensajes deben ser concisos con no más de tres palabras. La demarcación en letras y símbolos no podrá ser usada para mensajes mandatorios, excepto cuando sirvan de apoyo y/o complemento de las señales.

El diseño de las letras y símbolos deberá adoptar la forma alargada en dirección del movimiento del tránsito vehicular debido al ángulo desde el cual son vistas por el conductor que se aproxima.

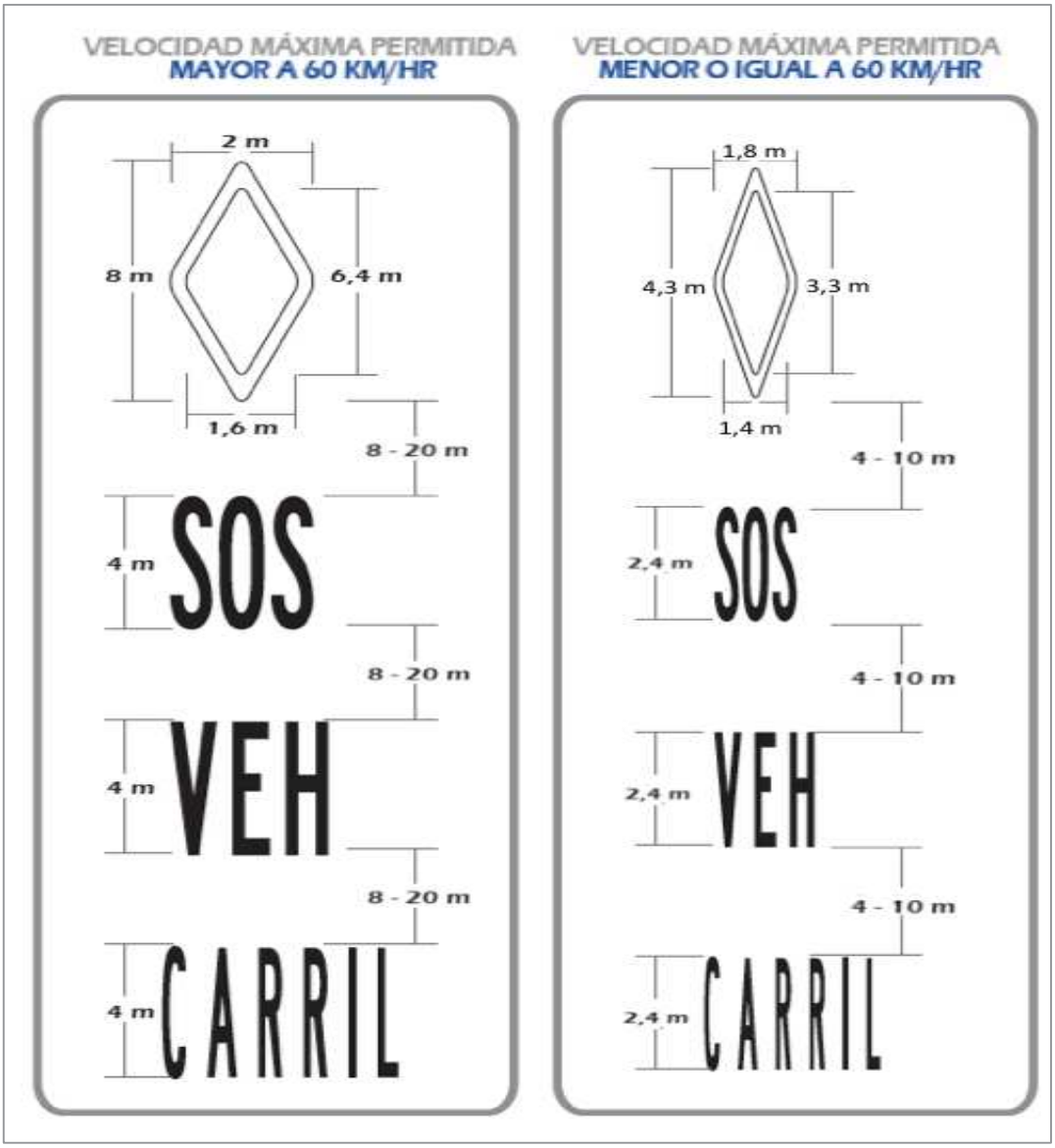
El tamaño de las letras y símbolos será como mínimo de 2.00 m., si el mensaje es de más de una palabra, se debe leer hacia arriba, es decir, la primera palabra del mensaje, debe encontrarse delante que las demás. La distancia o espacio entre líneas de las palabras debe ser por lo menos cuatro veces el tamaño de las letras.

En la **Figura 3.42**, se muestra un ejemplo de demarcación en el pavimento de palabras, símbolos y leyendas.

Figura 3.42 Ejemplo de demarcación en el pavimento de palabras, símbolos y leyendas



(Continua) Figura 3.42 Ejemplo de demarcación en el pavimento de palabras, símbolos y leyendas



Uno de los símbolos más utilizados son las flechas, que son señales de reglamentación que tienen por finalidad, indicar el o los sentidos de circulación del tránsito permitidos en o desde el carril o calzada donde estén ubicadas.

Según las maniobras asociadas a ellas, las flechas son las siguientes:

- **Flecha recta.**
- **Flecha de giro.**

  Flecha de giro a la derecha e izquierda.

  Flecha de giro en "U".

  Flecha de incorporación.

  Flecha de incorporación a carriles de tránsito exclusivo.

- **Flecha recta y de giro.**

  Flecha recta y de salida.

Todas las intersecciones deben estar demarcadas con palabras, símbolos y leyendas. En lo que respecta a flechas, debe demarcarse con flechas rectas, de giros y/o una combinación de estas, a fin de permitir una adecuada maniobra en cada uno de los carriles.

La primera flecha debe ubicarse como mínimo a dos (2) metros de la línea de pare, cruce peatonal o antes de la esquina o vía que cruza.

Asimismo, deben complementarse con por lo menos dos flechas ubicadas entre sí como mínimo a 15.00 m. de distancia, en las zonas inmediatamente anteriores tanto a las salidas como a los accesos.

A continuación, en las figuras siguientes se muestran las flechas rectas, de giro o una combinación de estas con sus respectivas dimensiones.

Figura 3.43 Dimensiones de flecha recta

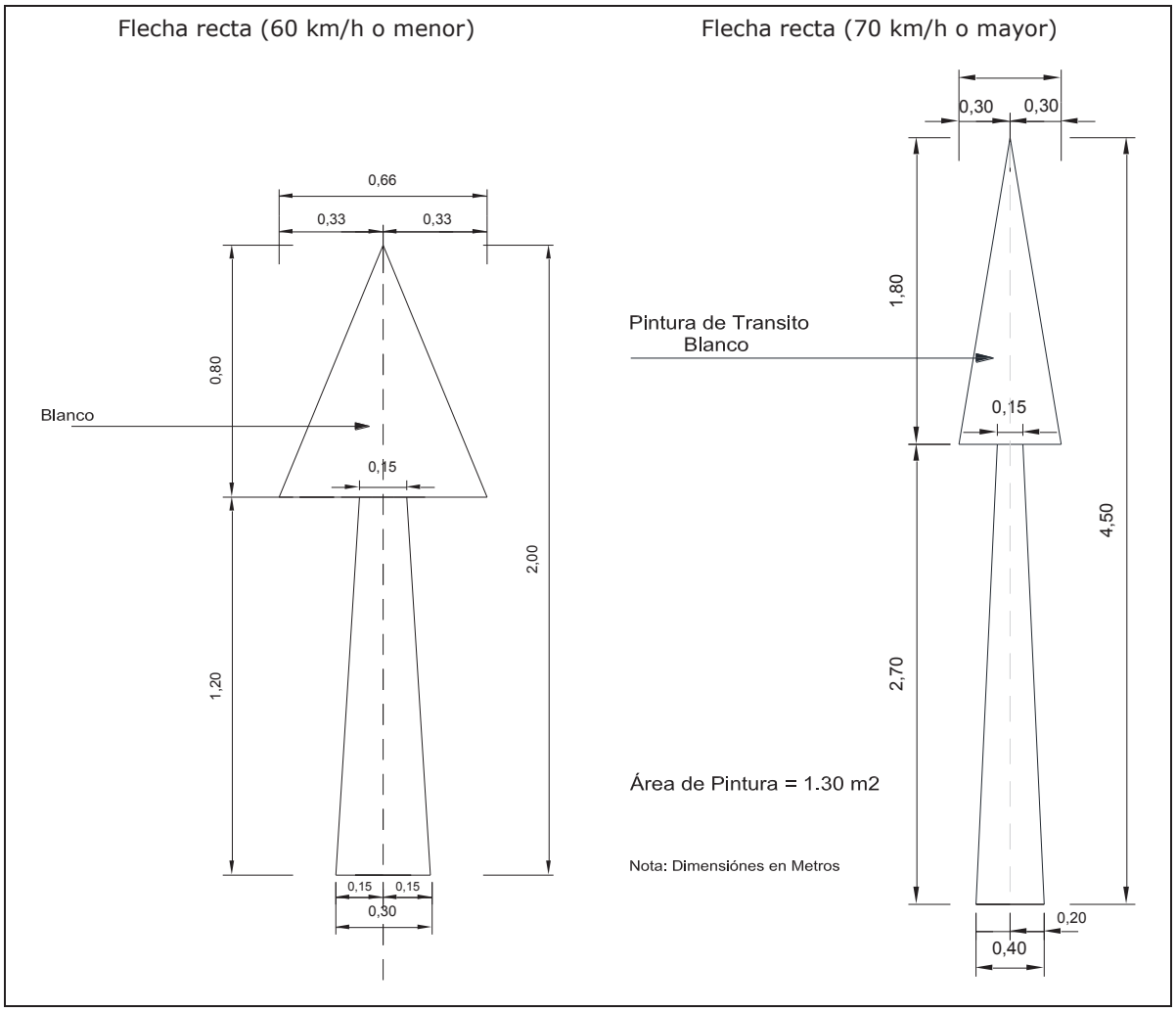


Figura 3.44 Dimensiones de flecha de giro

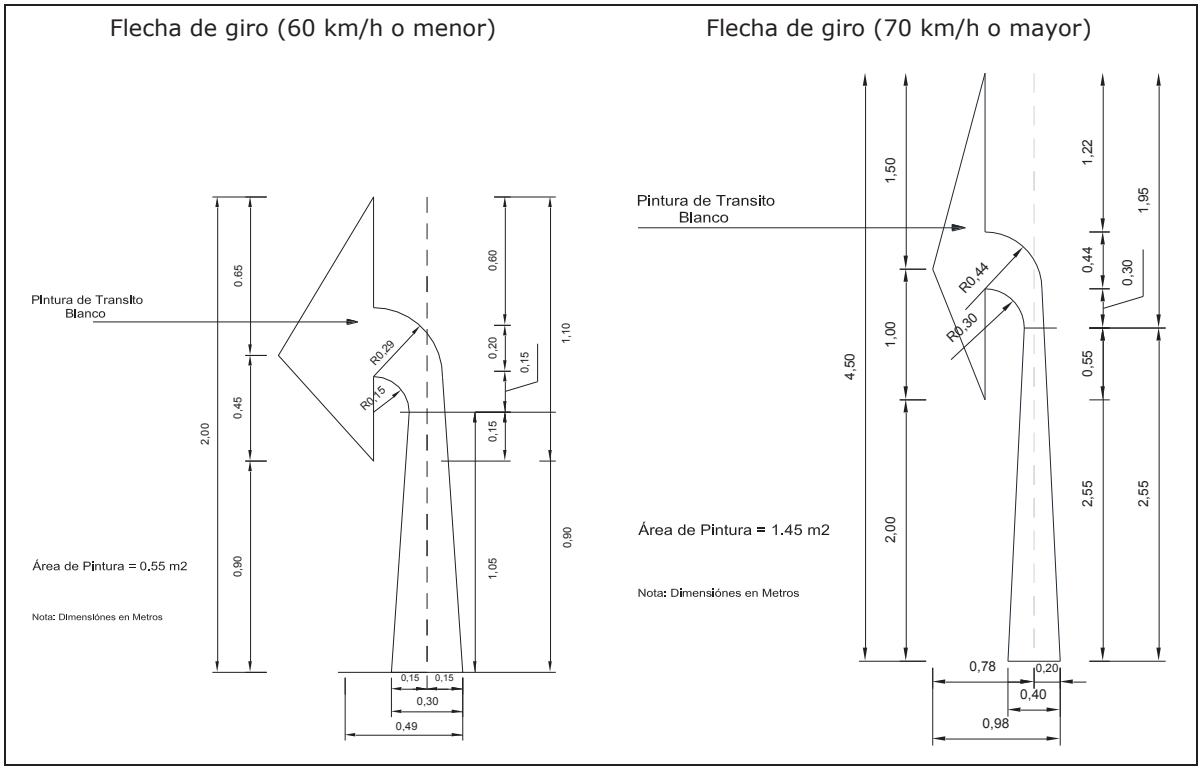


Figura 3.45 Dimensiones de flecha de giro reforzada con la palabra "SOLO"

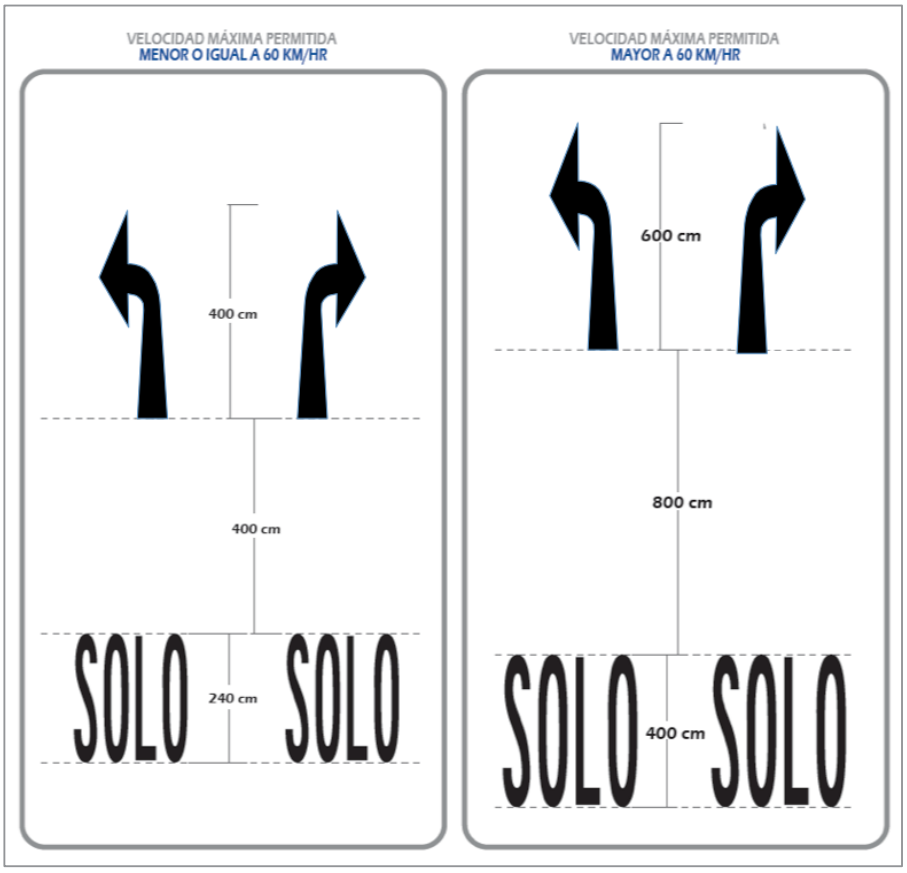


Figura 3.46 Dimensiones de flecha de giro a la derecha e izquierda

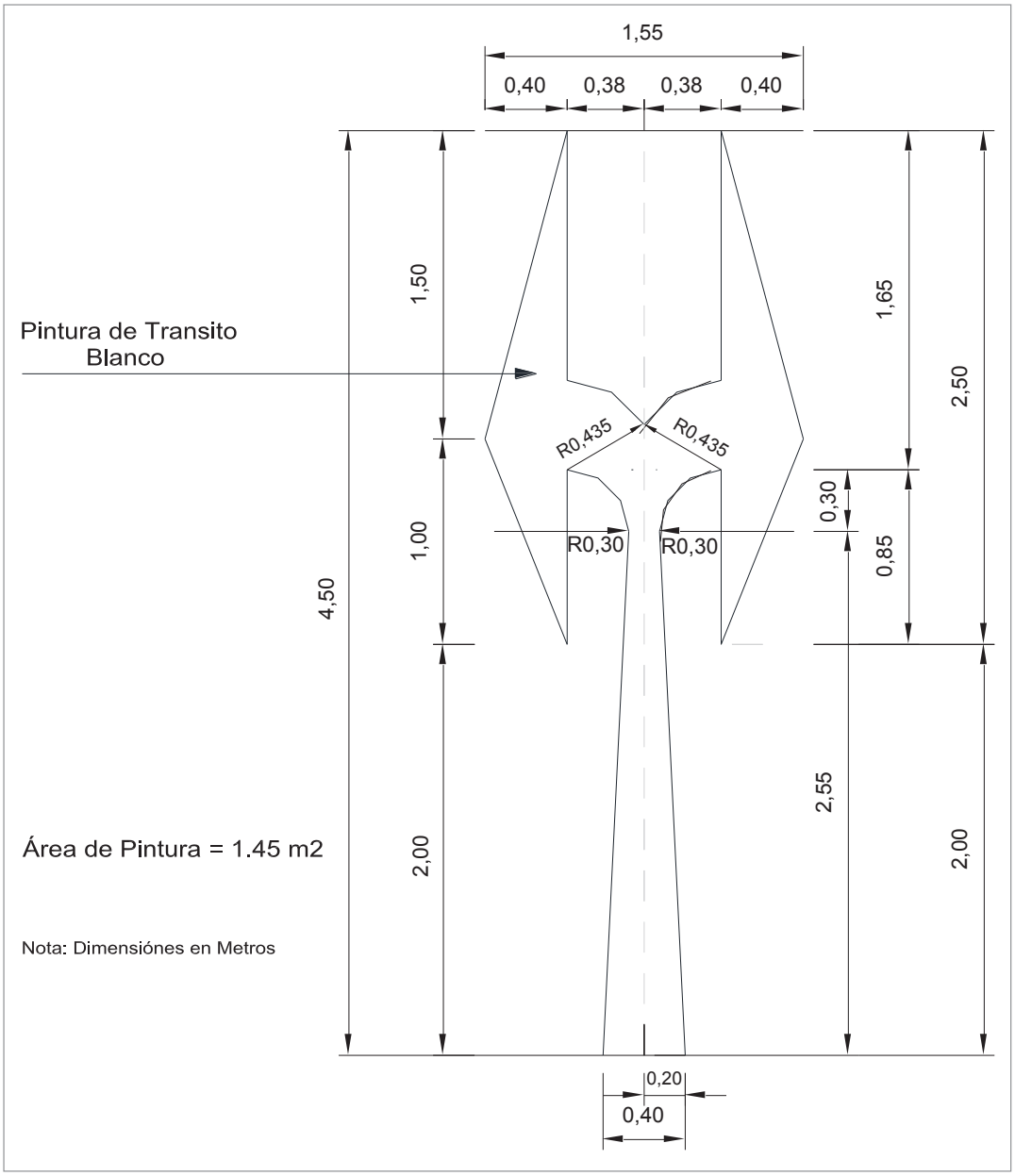
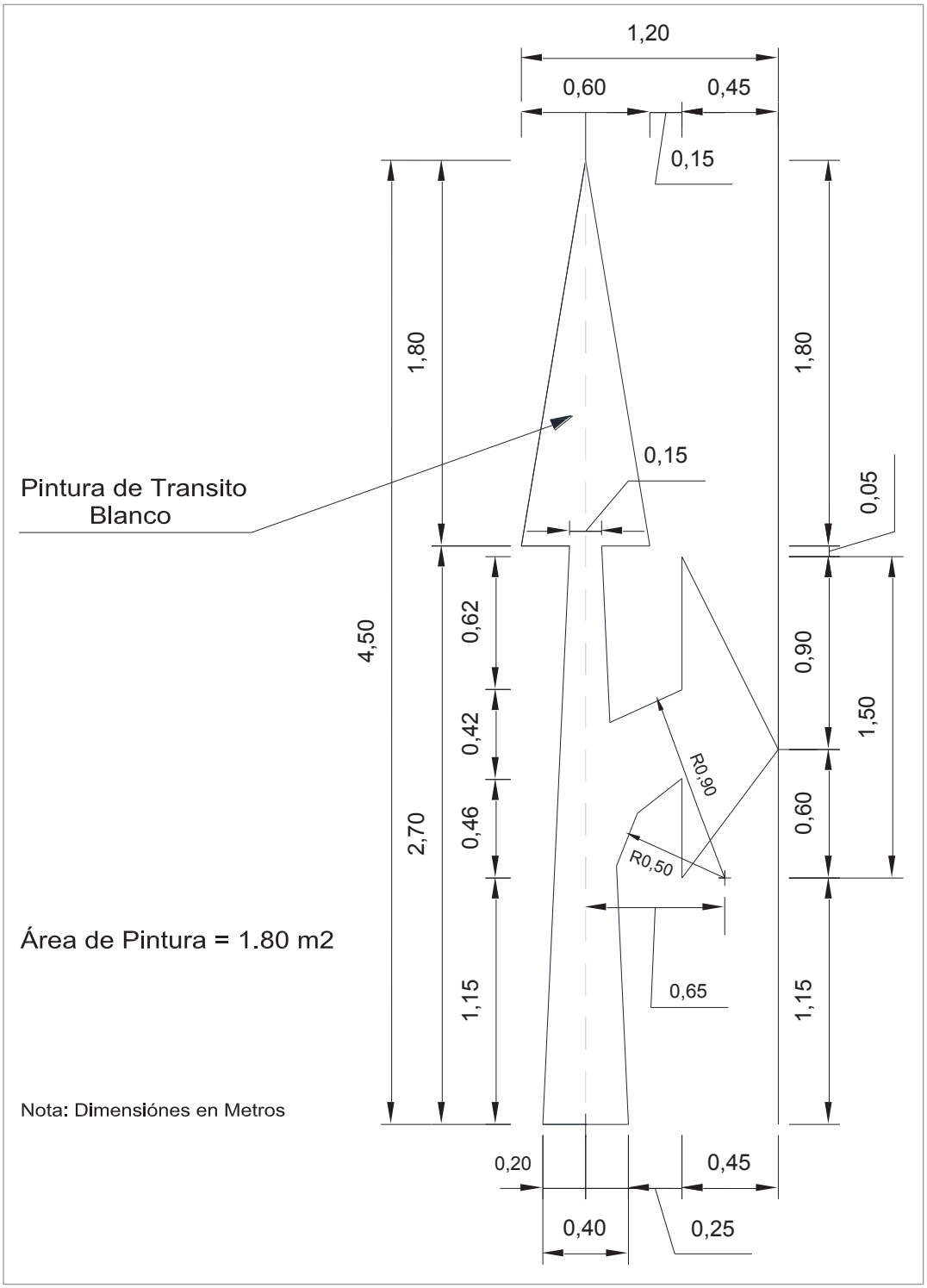


Figura 3.47 Dimensiones de combinación de flecha recta y de giro

Flecha recta y de giro (70 km/h o mayor)



Para velocidades menores, disminuir las dimensiones en un 30%, en múltiplo de 5.

Figura 3.48 Dimensiones de flecha de giro en "U"

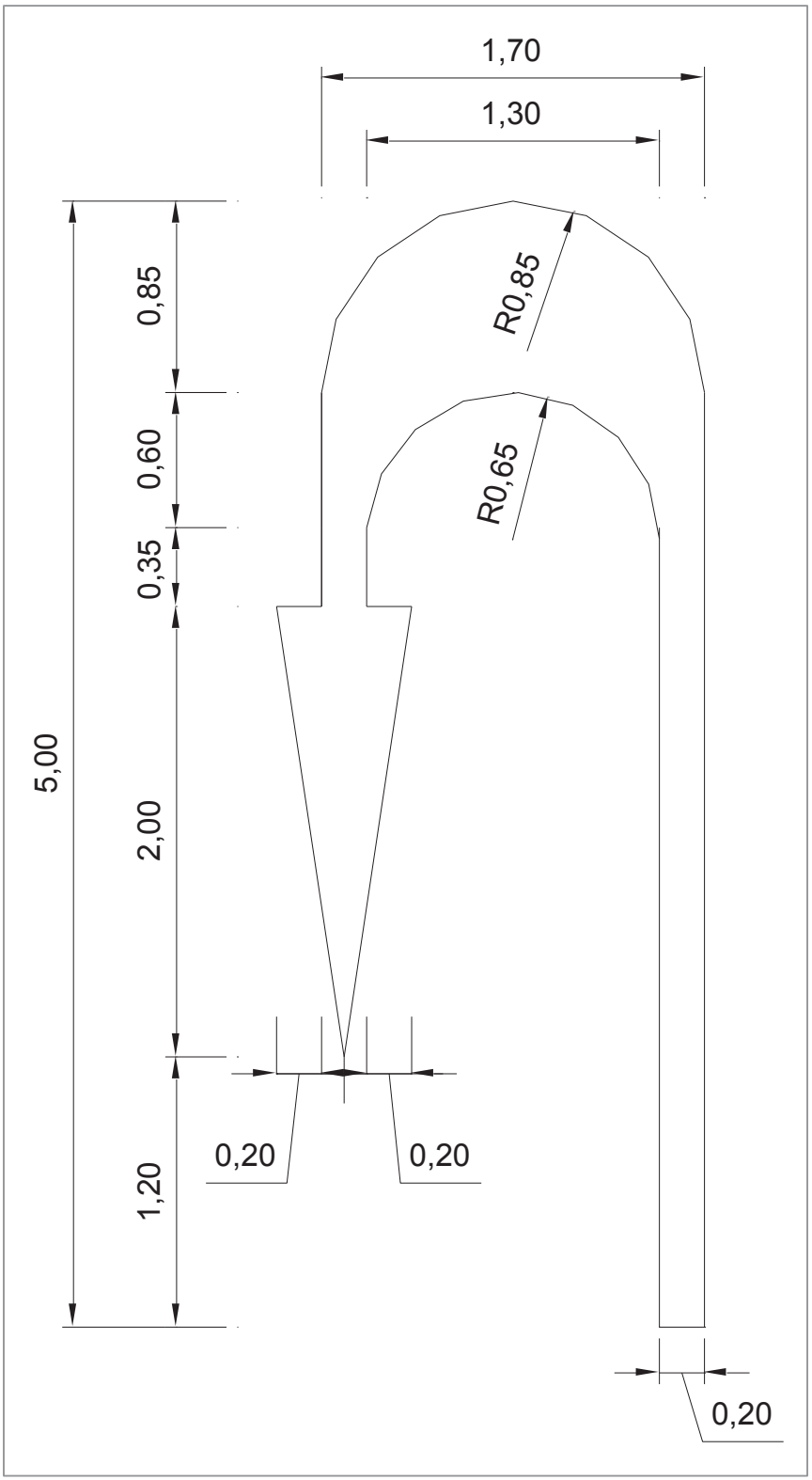
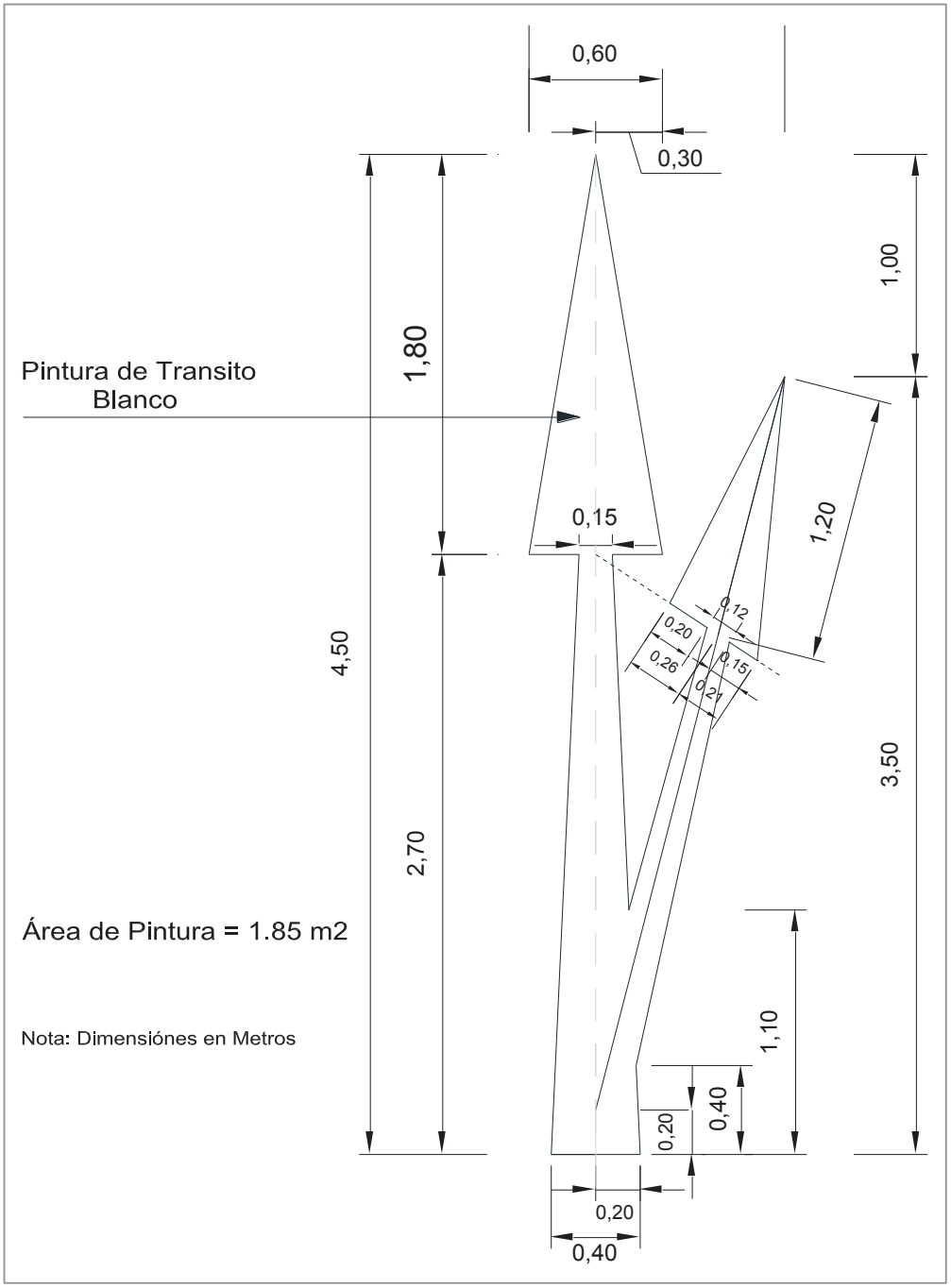


Figura 3.49 Dimensiones de flecha recta y de salida

Flecha recta y salida (70 km/h o mayor)



Para velocidades menores, disminuir las dimensiones en un 30%, en múltiplo de 5.

Figura 3.50 Dimensiones de flecha de incorporación

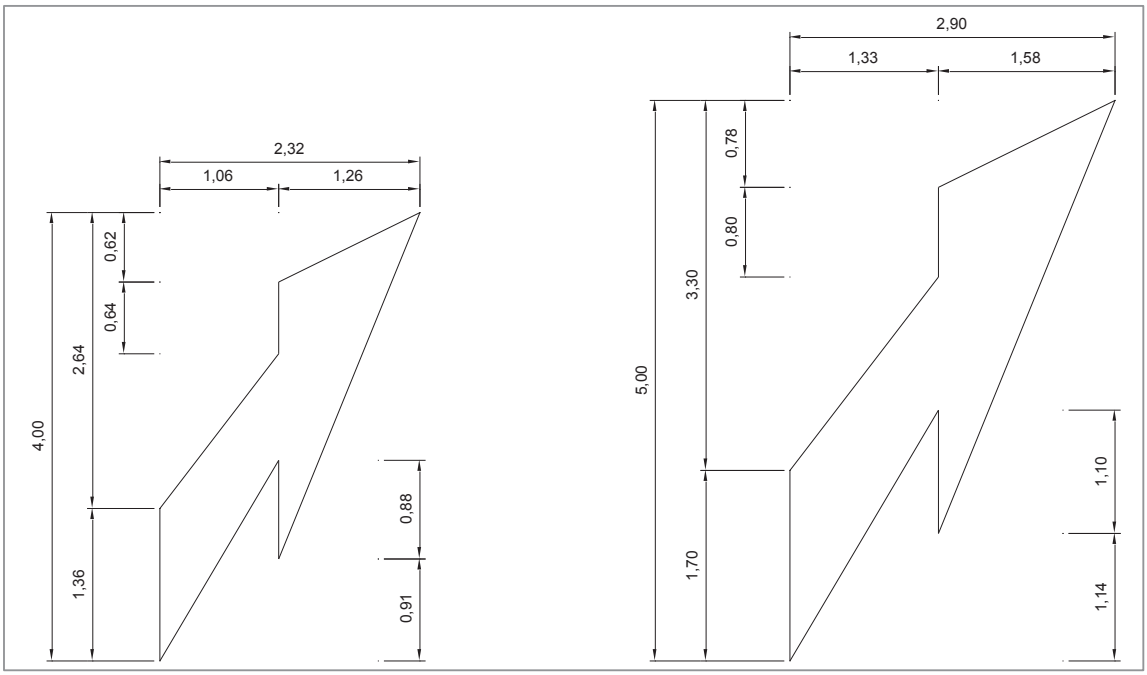


Figura 3.51 Dimensiones de flecha incorporación a carriles exclusivos

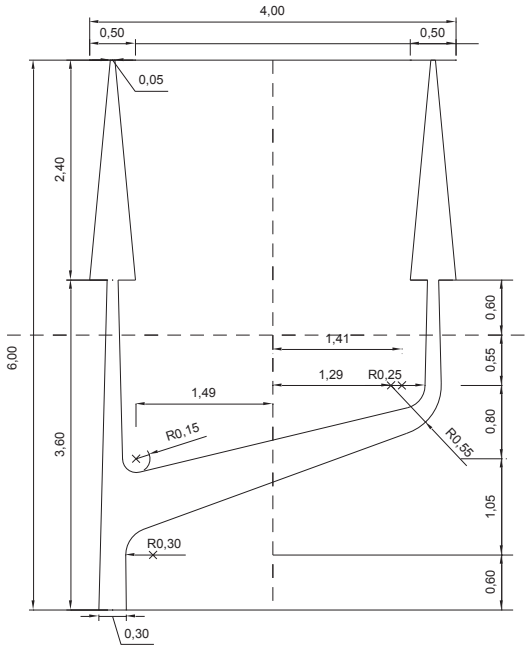
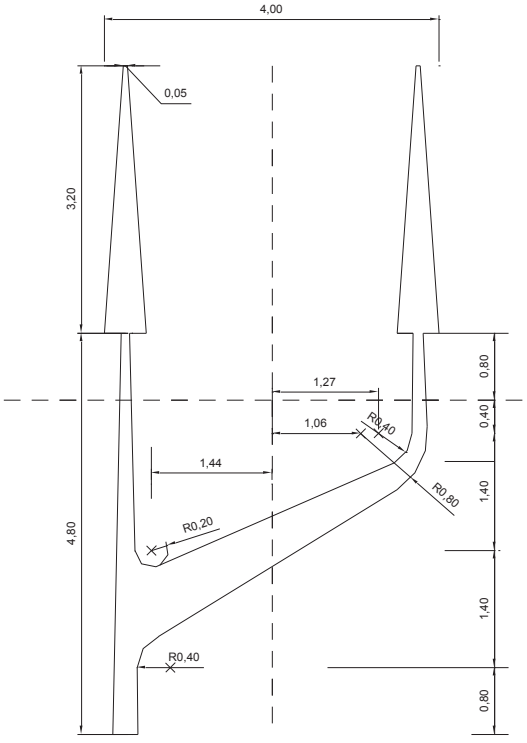
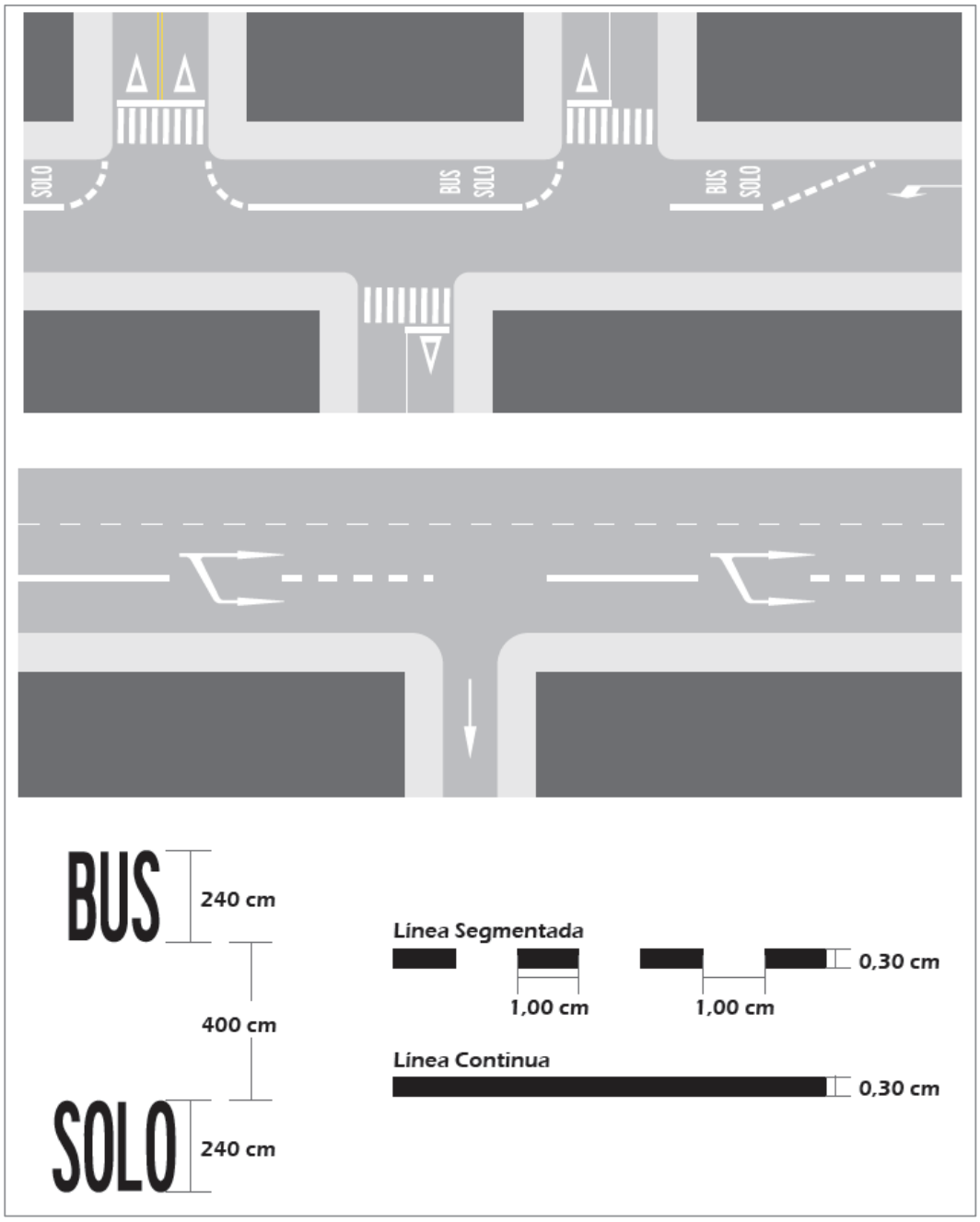
VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA MENOR O IGUAL A 60 km/h	VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA MAYOR A 60 km/h
	

Figura 3.52 Ejemplo de aplicación de incorporación a carriles exclusivos



Las leyendas son marcas reglamentarias (en el pavimento) que tienen por finalidad regular y guiar al Conductor, mediante palabras escritas que facilitan su comprensión, tales como "PARE", "CEDA EL PASO", "SOLO" y otras.

En lo posible estas leyendas deben ir en una sola línea, no obstante en caso de requerirse más de una, la ubicación de la última palabra debe ser la más lejana en el sentido de circulación.

El espacio de separación entre palabras y líneas de carril debe ser como mínimo de 0.30 m.

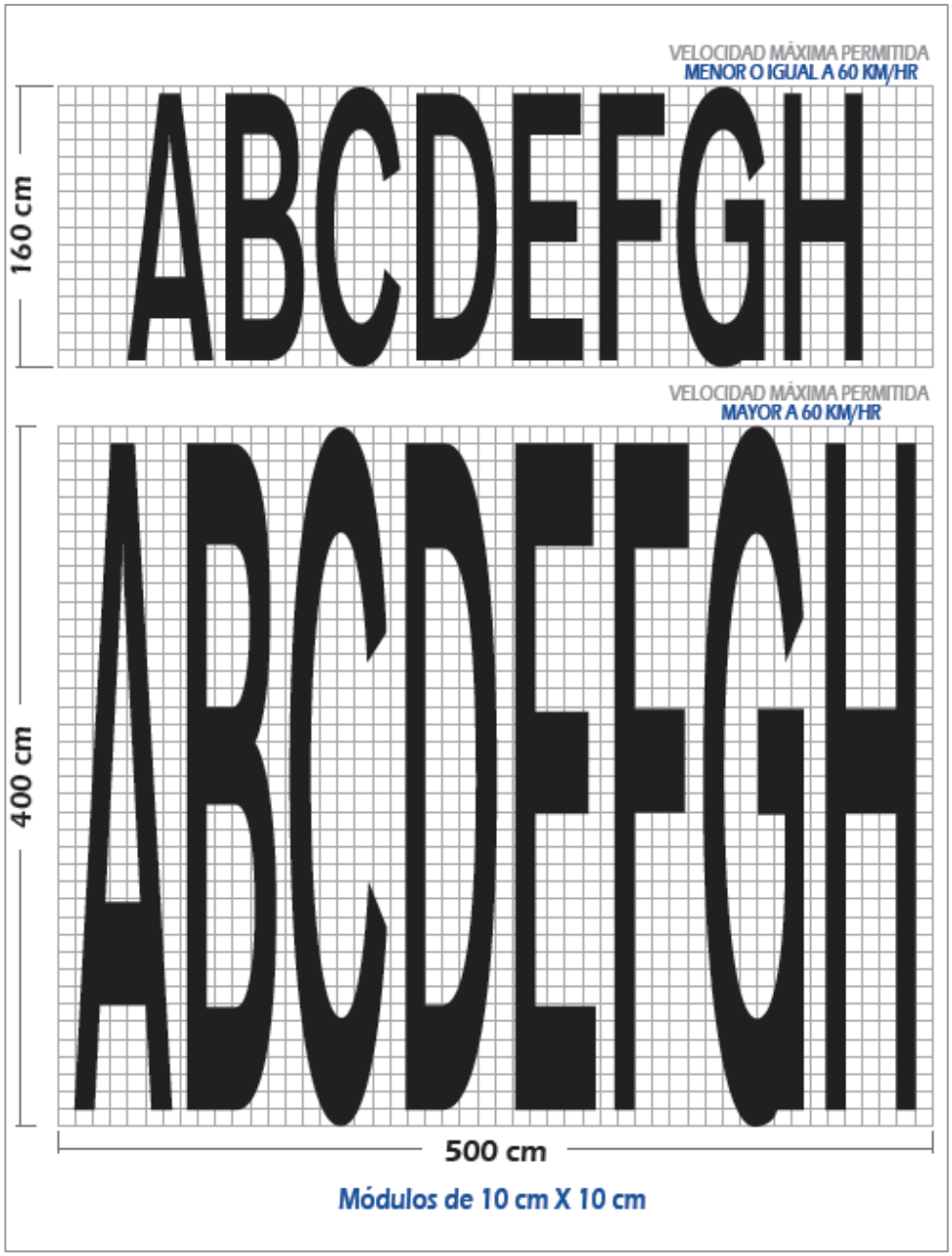
En la **Tabla 3.5**, se muestran las dimensiones (altura) de las letras y números de las leyendas.

Tabla 3.5 Dimensiones (altura) de las letras y números de las leyendas

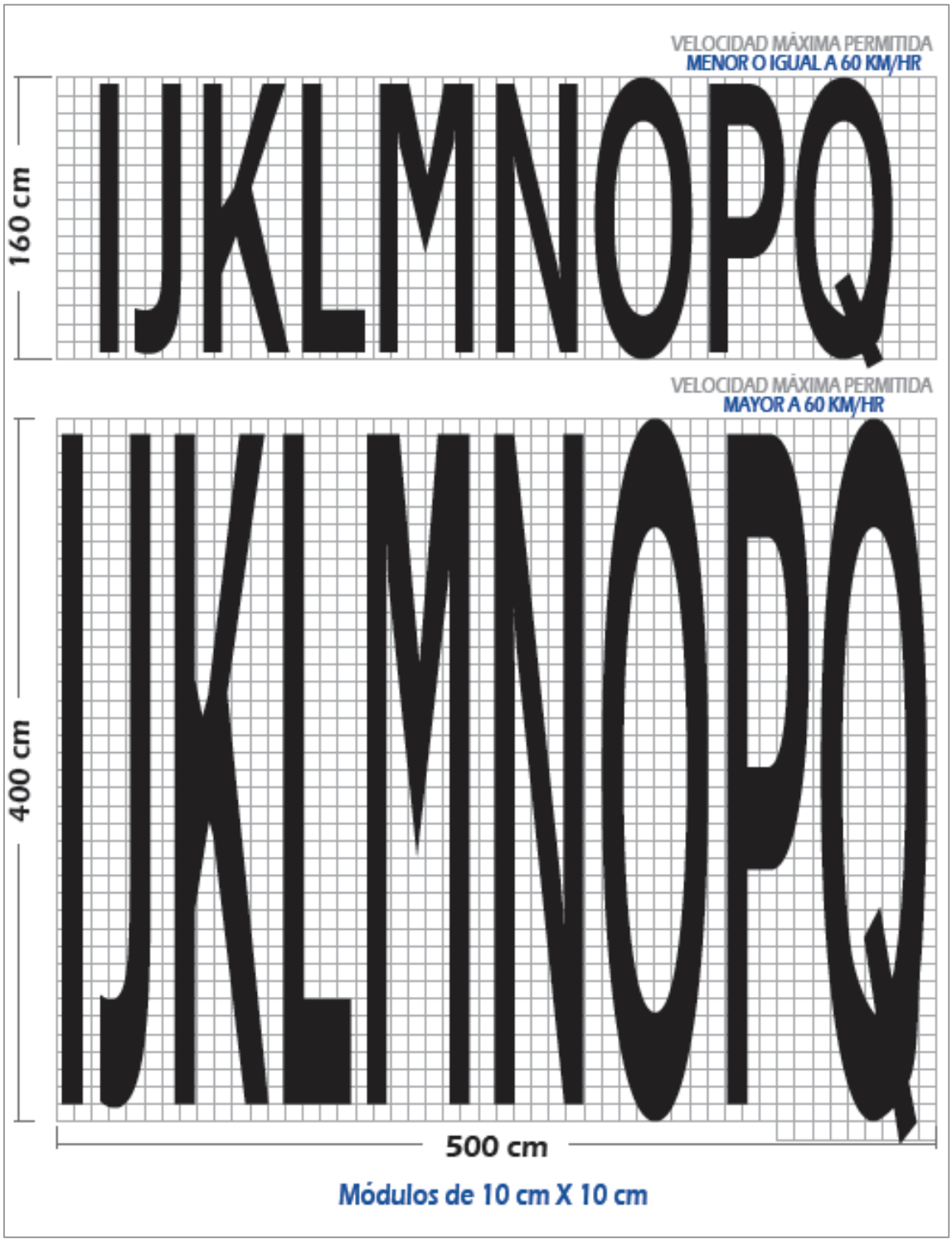
Dimensiones de la demarcación de leyendas	
Velocidad máxima permitida (Km/h)	**Altura de Letras (cm)**
Menor o igual a 60	160
Mayor a 60	400

En la siguiente figura, se muestran gráficamente en una cuadricula de 0.10 X 0.10 m., las dimensiones (altura) de las letras y números, en tanto que las otras dimensiones deben obtenerse gráficamente según corresponda.

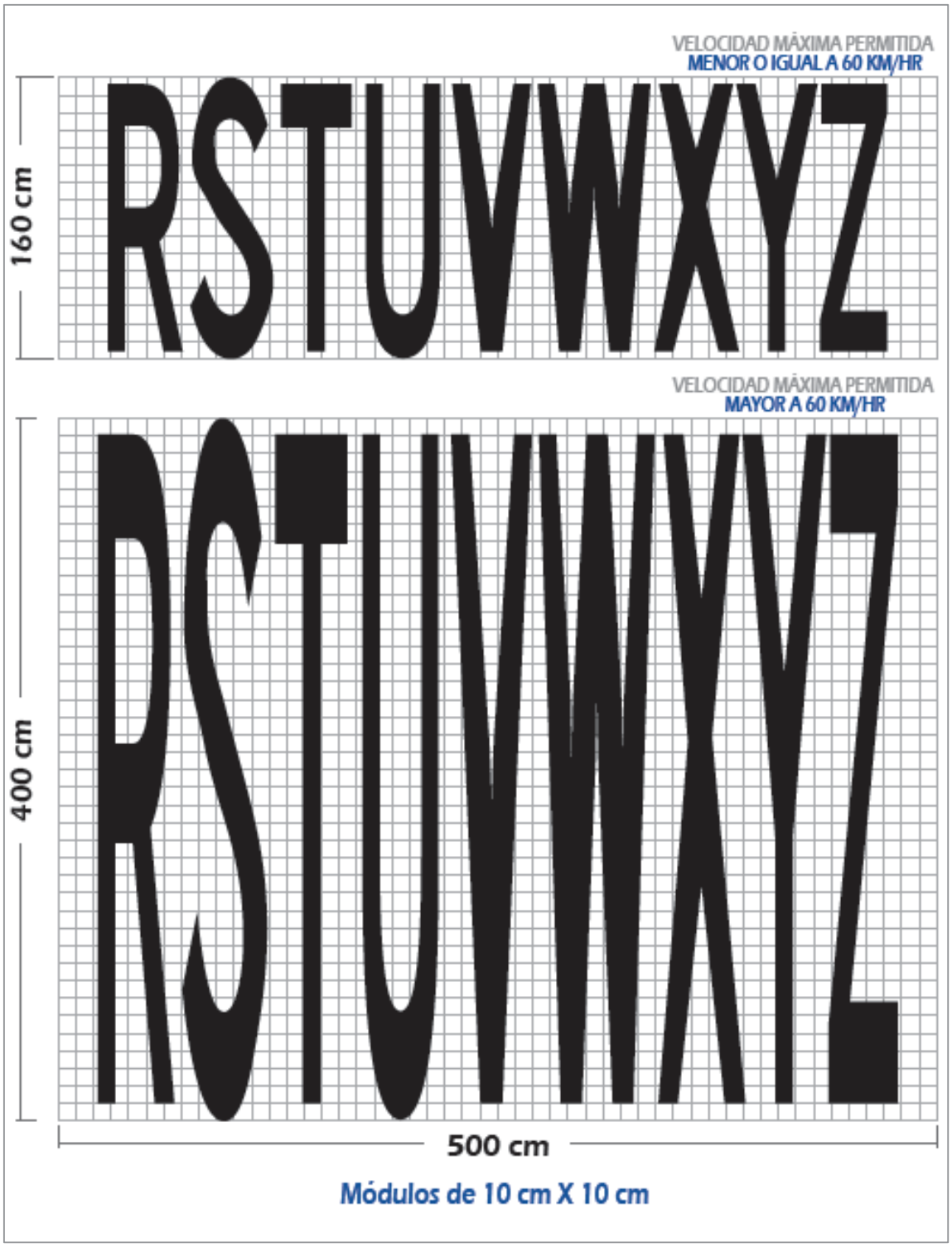
Figura 3.53 Dimensiones de la demarcación de leyenda



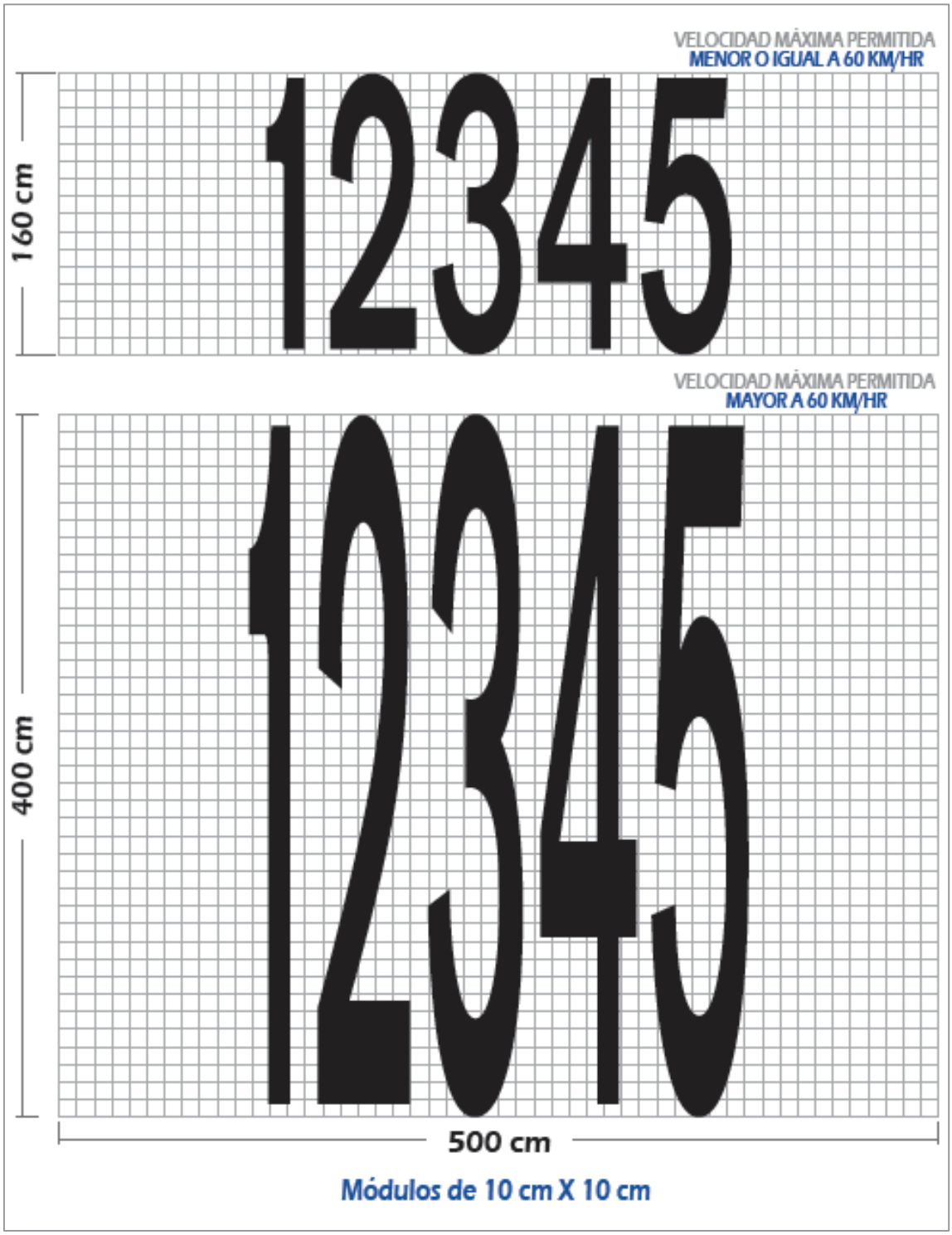
(Continua) Figura 3.53 Dimensiones de la demarcación de leyenda



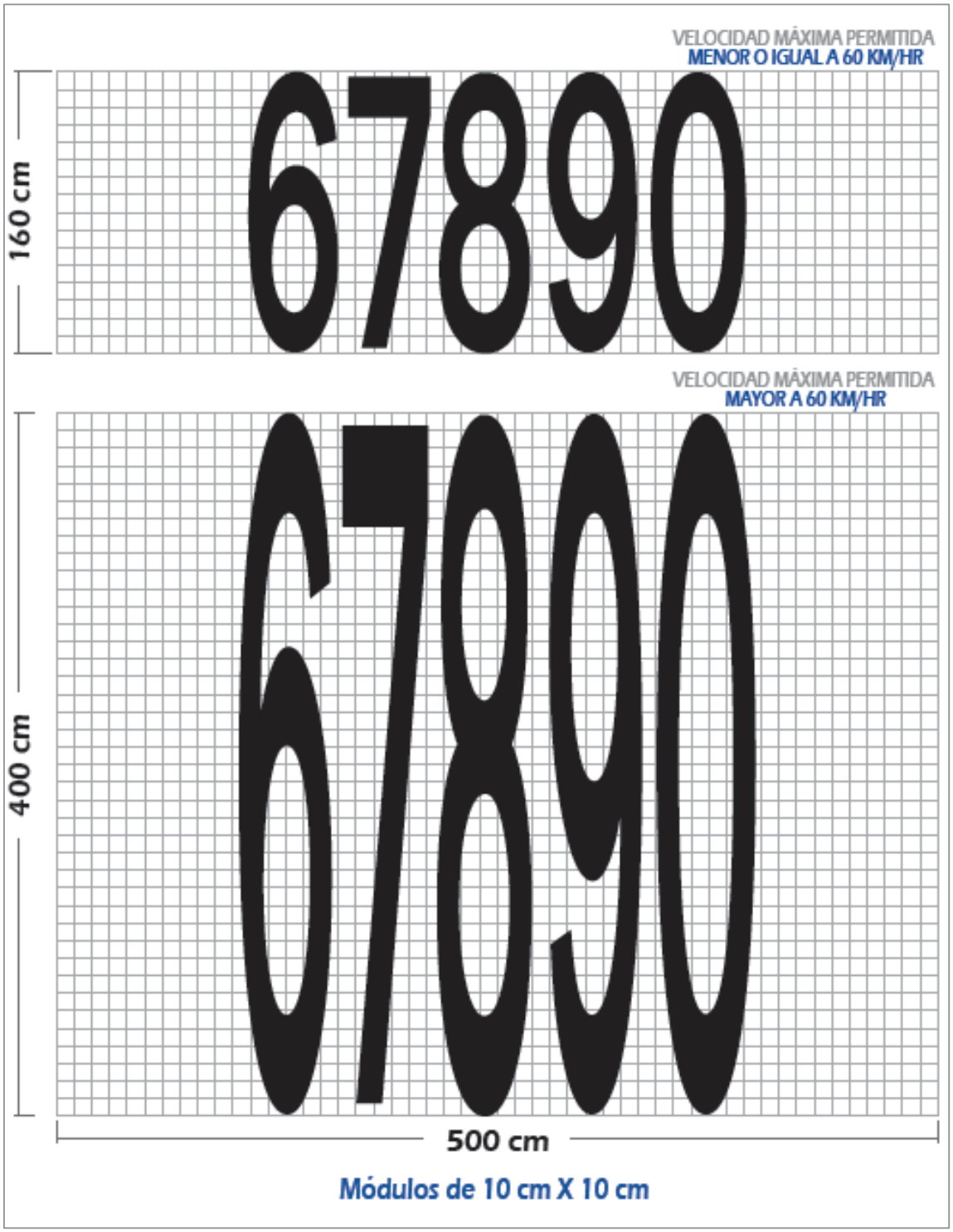
(Continua) Figura 3.53 Dimensiones de la demarcación de leyenda



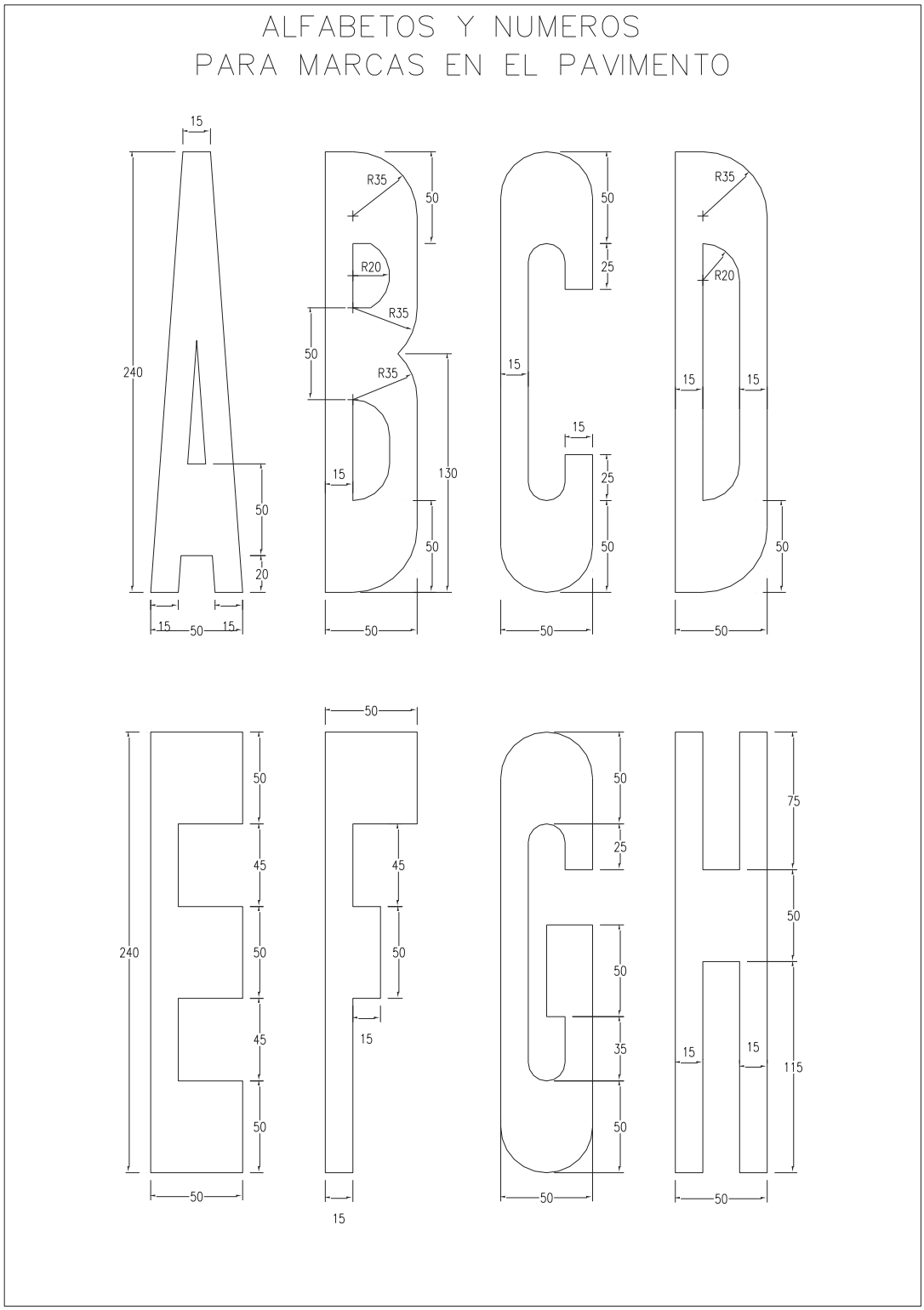
(Continua) Figura 3.53 Dimensiones de la demarcación de leyenda



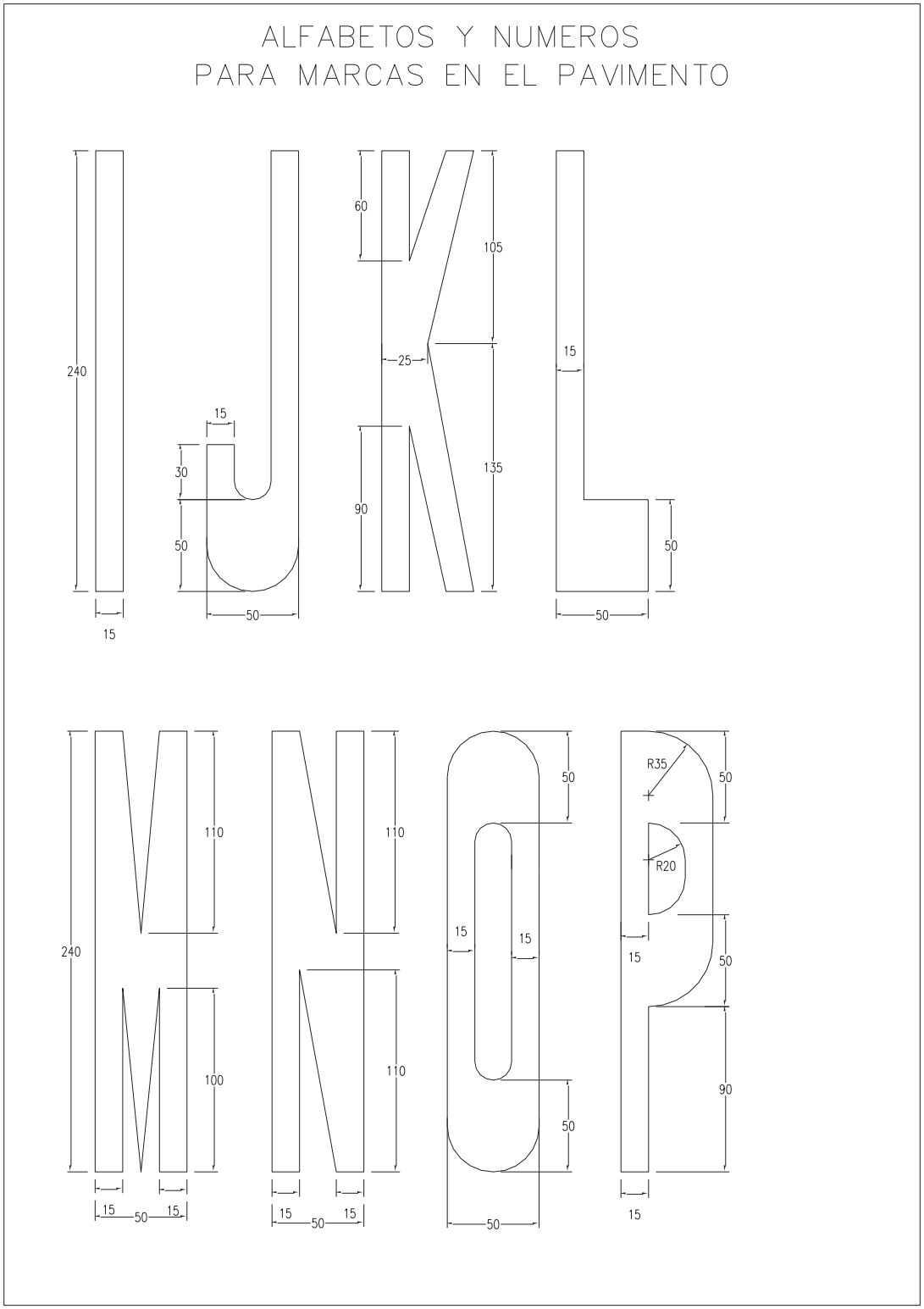
(Continua) Figura 3.53 Dimensiones de la demarcación de leyenda



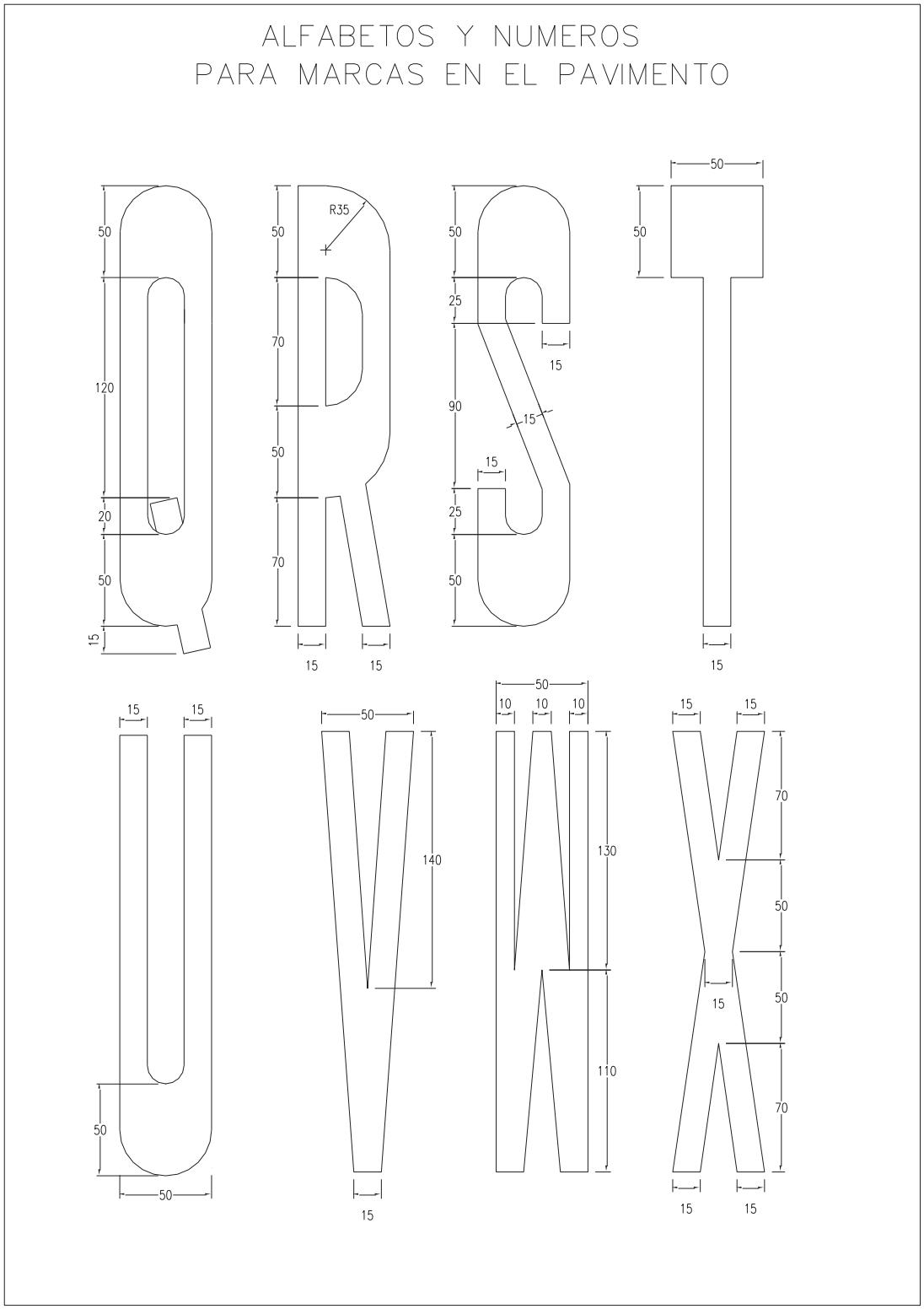
(Continua) Figura 3.53 Dimensiones de la demarcación de leyenda



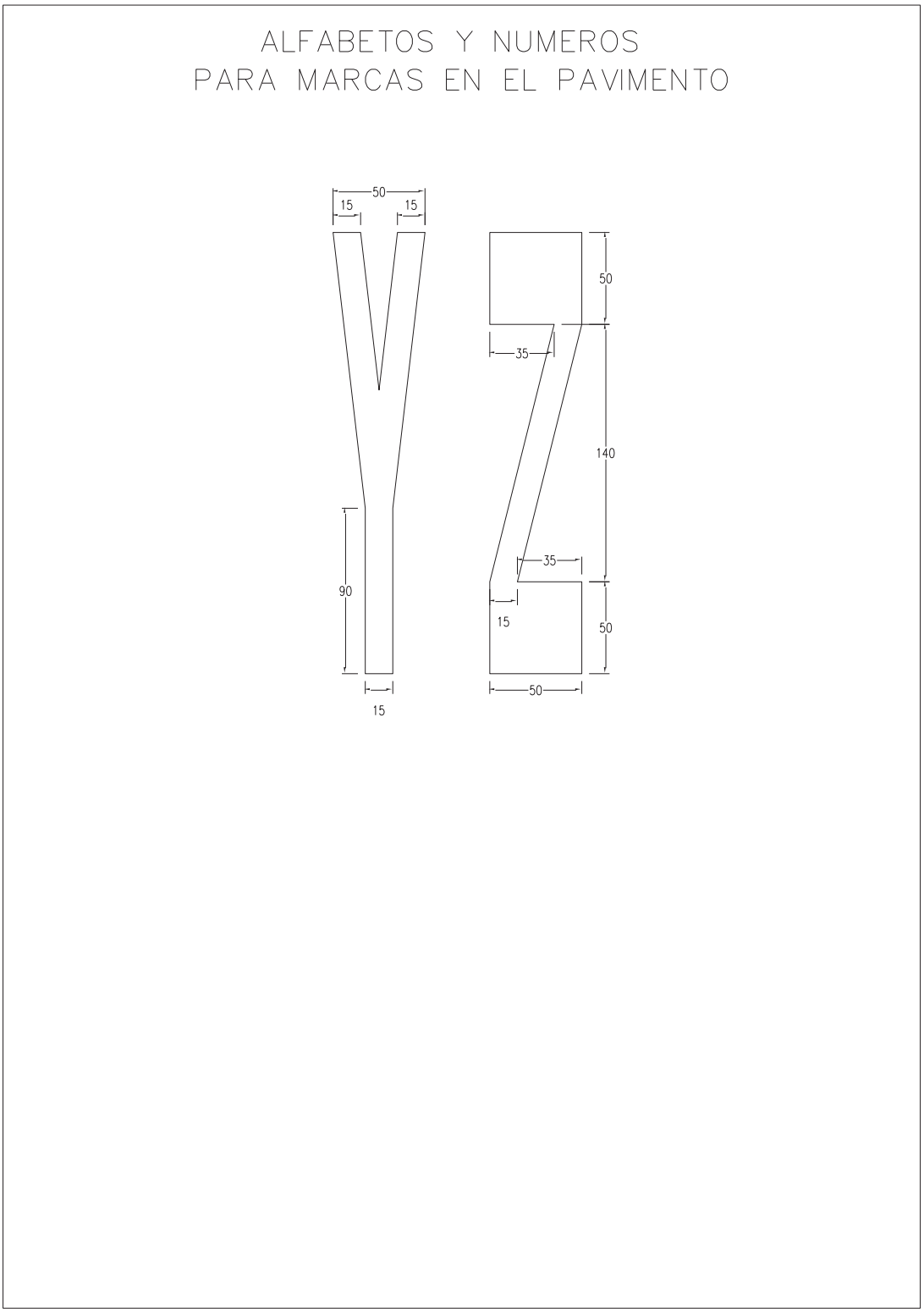
(Continua) Figura 3.53 Dimensiones de la demarcación de leyenda



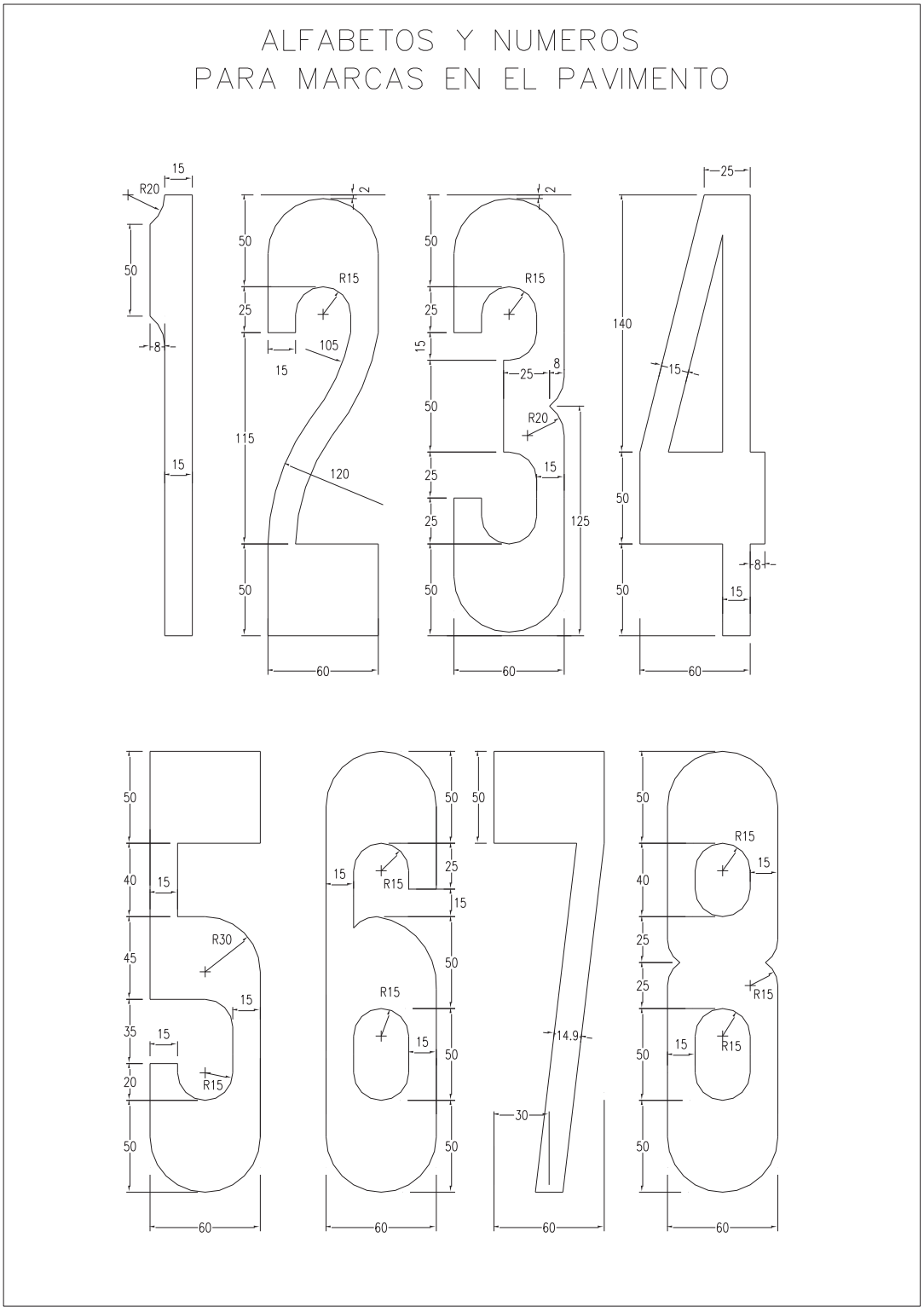
(Continua) Figura 3.53 Dimensiones de la demarcación de leyenda



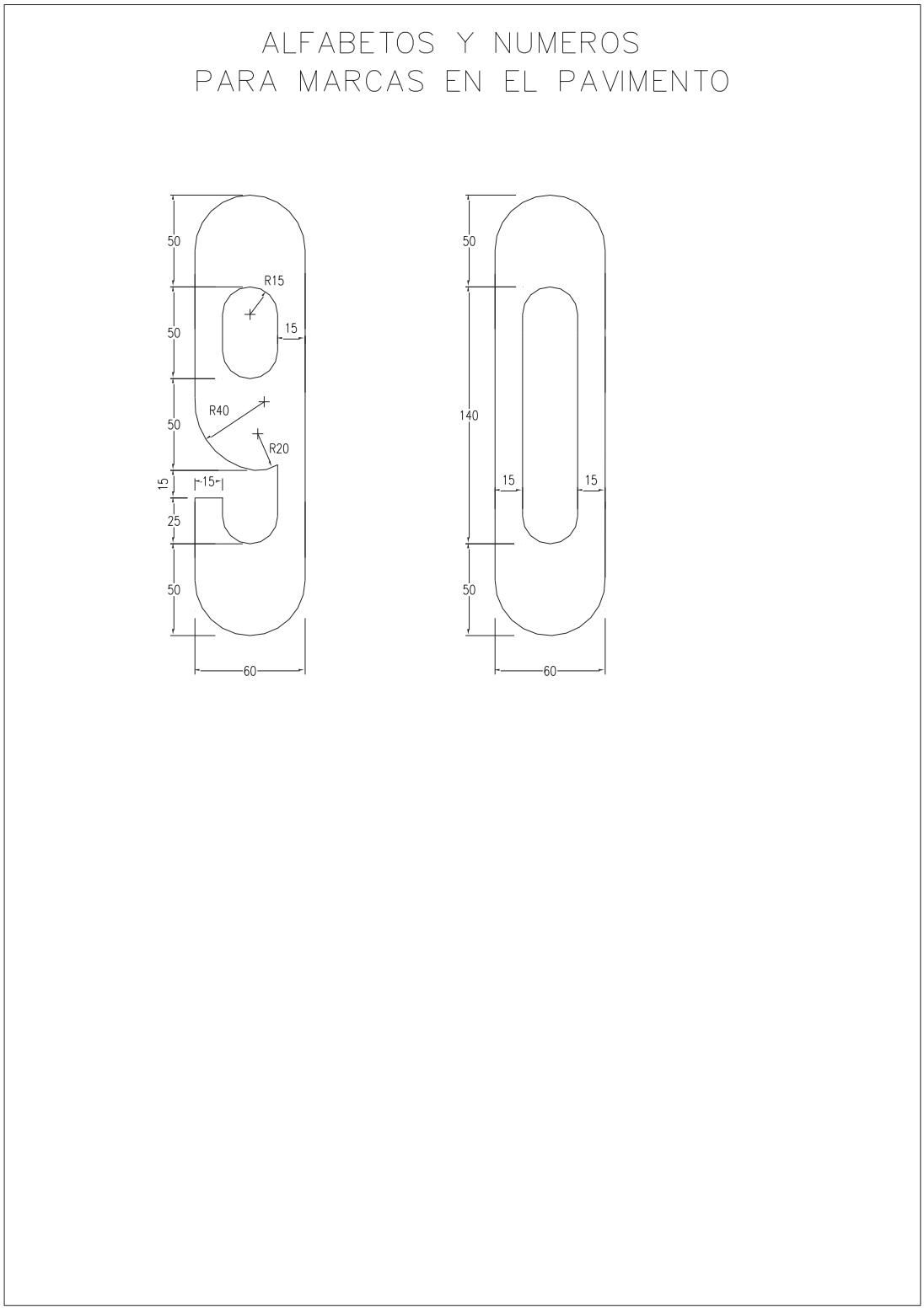
(Continua) Figura 3.53 Dimensiones de la demarcación de leyenda



(Continua) Figura 3.53 Dimensiones de la demarcación de leyenda



(Continua) Figura 3.53 Dimensiones de la demarcación de leyenda



3.5.7.2 Marcas elevadas en el pavimento

Son delineadores que se colocan en forma longitudinal y transversal en el pavimento, y tienen por función principal complementar las marcas planas en el pavimento.

Las marcas elevadas en el pavimento se clasifican en delineadores de piso y delineadores elevados.

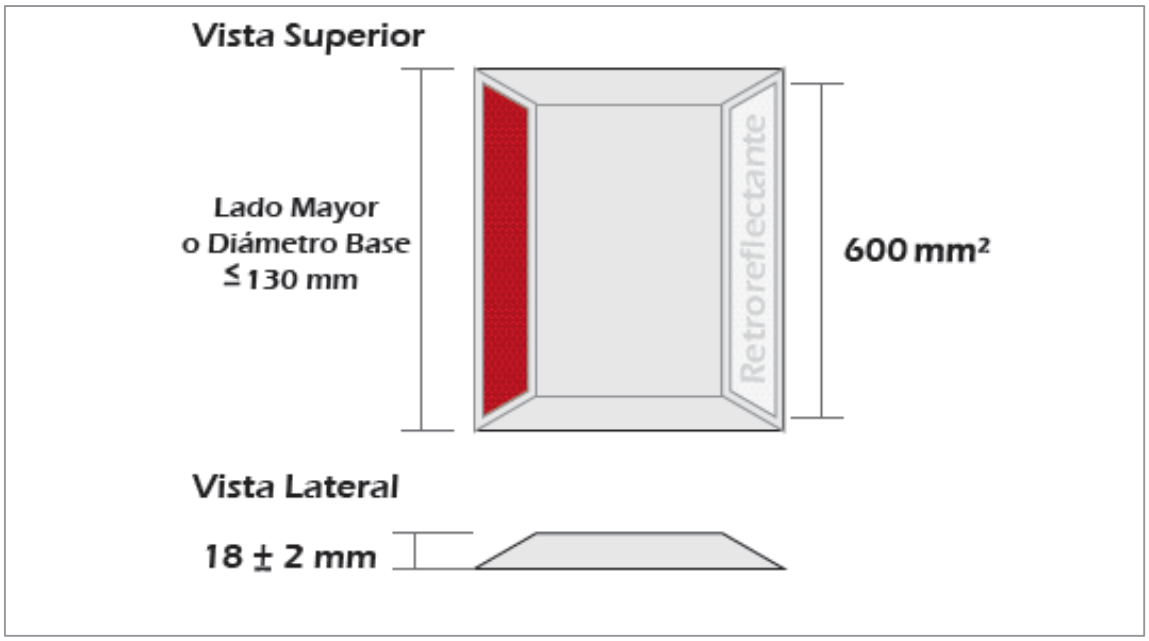
3.5.7.2.1 Delineadores de piso

3.5.7.2.1.1 Tachas retrorreflectivas

Son aquellas que cuentan con un material retrorreflectivo en una o dos de sus caras que enfrentan el sentido del tráfico, pero también pueden ser iluminadas internamente en forma continua. En el caso de advertir la presencia de un reductor de velocidad o cruce peatonal, estas tachas podrán ser destellantes o intermitentes.

Los materiales, su clasificación, dimensiones, uso de colores y otras especificaciones técnicas deberán cumplir con lo establecido en el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG vigente), y en el caso de ser iluminadas, deberá realizarse de acuerdo a lo establecido en las **Subsección 01.02** Especificaciones Especiales del Manual antes mencionado.

Figura 3.54 Ejemplo de Tacha retrorreflectiva u "ojo de gato"



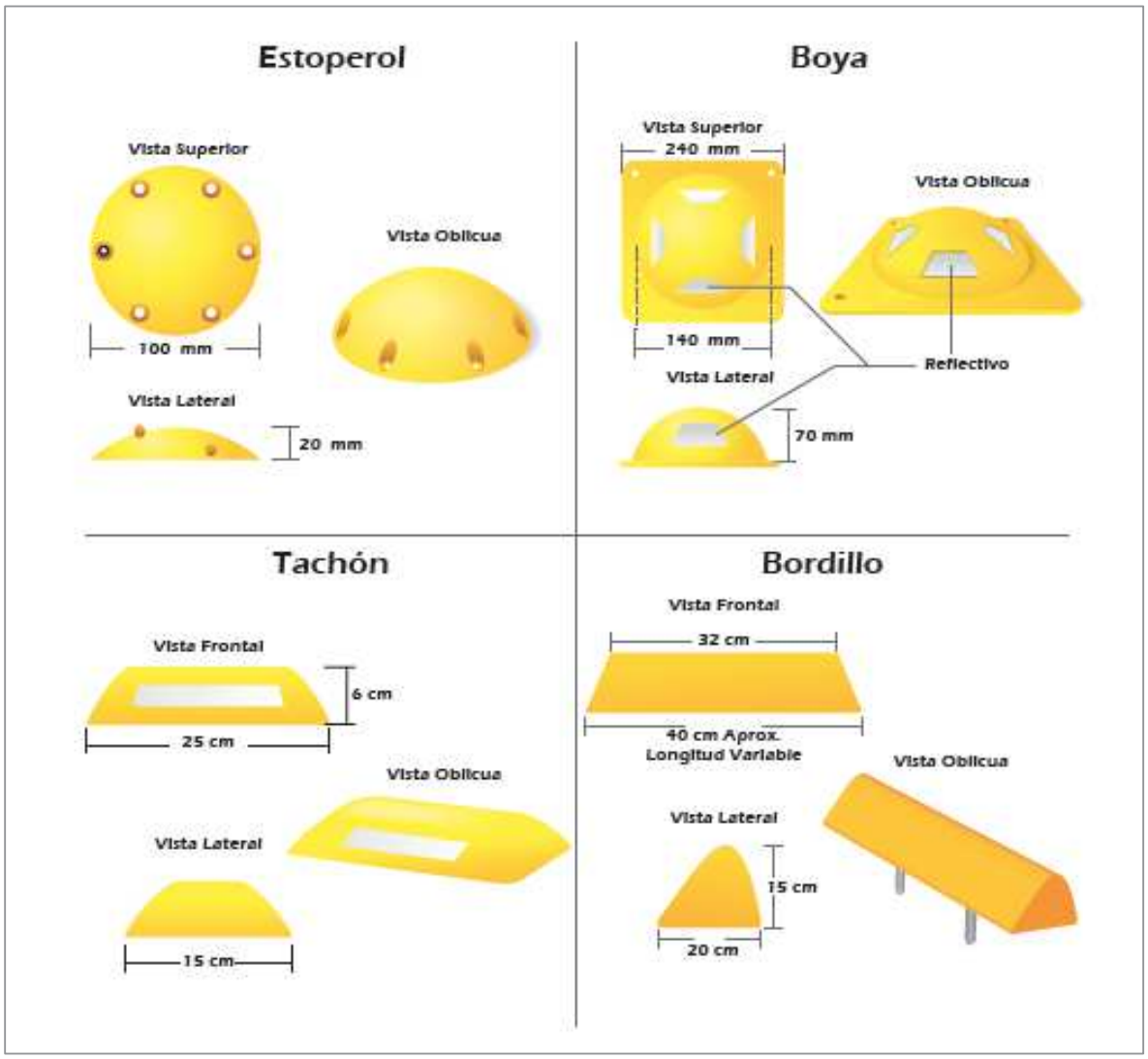
Las tachas retrorreflectivas se deben instalar al lado derecho a 0.05 m. de las demarcaciones planas continuas y en el caso de demarcaciones planas segmentadas se colocará al centro de la brecha o el tramo discontinuo. En caso de no existir berma pavimentada se instalará pegada al lado izquierdo de la línea de calzada.

El espaciamiento entre las tachas retrorreflectivas de cualquier vía es función del patrón utilizado para la línea de carril, de acuerdo a lo indicado en la **Tabla 3.2** del presente Manual (**Numeral 3.5.6**).

3.5.7.2.1.2 Otros delineadores de piso

En la **Figura 3. 55** se muestran ejemplos de otros delineadores de piso y sus dimensiones, tales como "Estoperoles" de sección circular, "Boyas", "Tachones" y "Bordillos", los cuales pueden tener o no materiales retrorreflectivos.

Figura 3.55 Ejemplos de otros delineadores de piso



Asimismo en las **Figuras 3.56 y 3.57**, se muestran ejemplos y dimensiones de otros delineadores de piso, tales como demarcaciones resaltadas o de bajo relieve que tienen efectos sonoros o vibratorios.

Figura 3.56 Ejemplo de demarcación resaltada

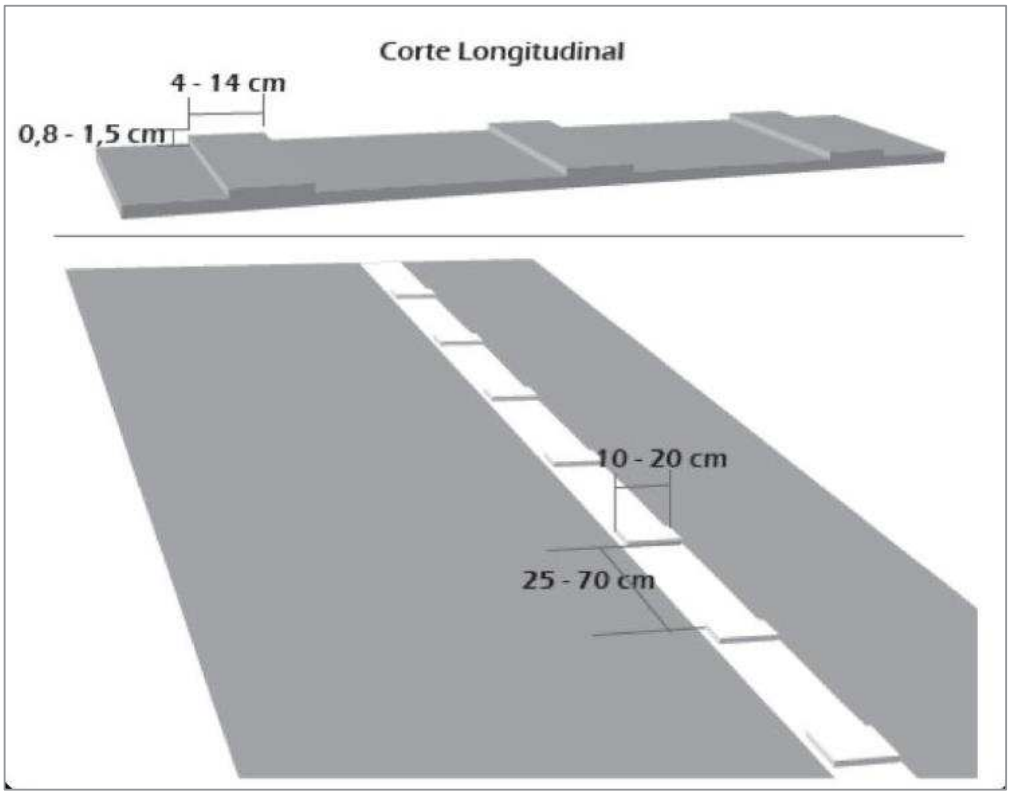
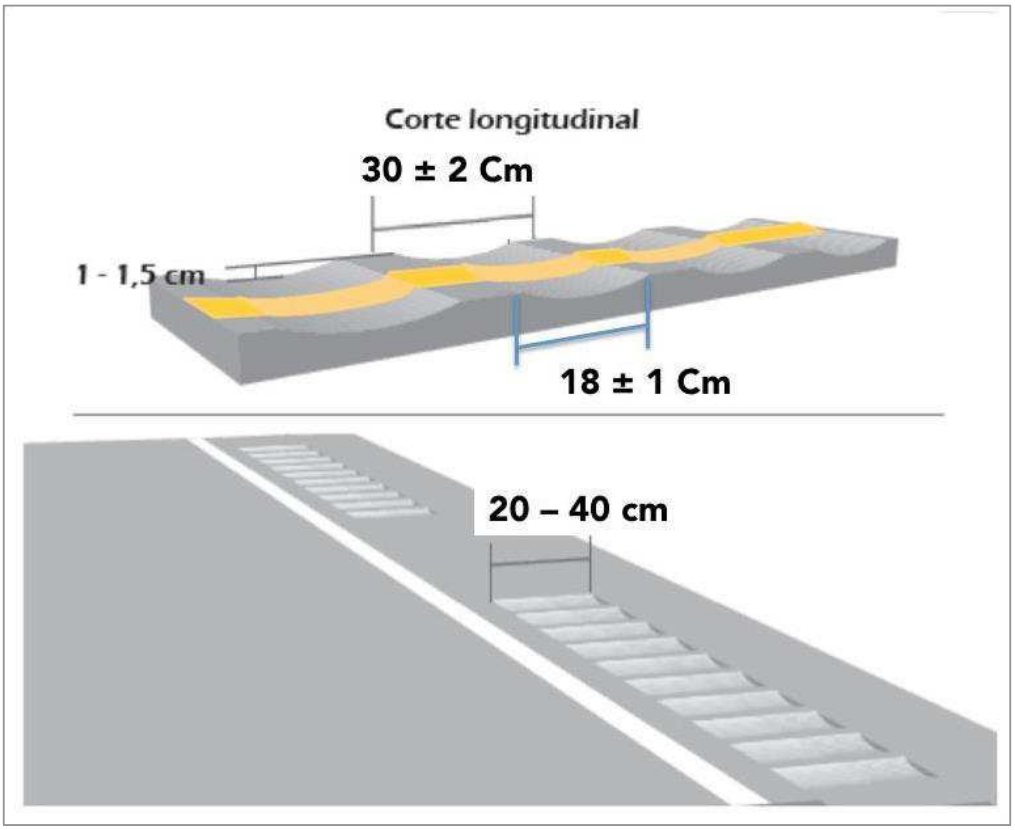


Figura 3.57 Ejemplo de demarcación bajo relieve



3.5.7.2.2 Delineadores elevados

3.5.7.2.2.1 Postes delineadores

Conocidos también como hitos de arista, se colocan en forma longitudinal al borde de la vía, deben tener materiales retrorreflectivos y pueden ser de sección plana, circular, rectangular, ovalada o en forma de "A", como las mostradas en la **Figura 3.58**.

Los materiales podrán ser de concreto, plástico, fibra de vidrio o similar. La altura del material retrorreflectivo debe ser uniforme y puede variar entre 0.90 m. - 1.20 m. para vías rurales y 0.75 m. – 1.05 m para vías urbanas, y tendrá como mínimo un área de 25 cm^2, tal como se muestra en la **Figura 3.59**.

Figura 3.58 Ejemplo de tipos de sección de postes delineadores

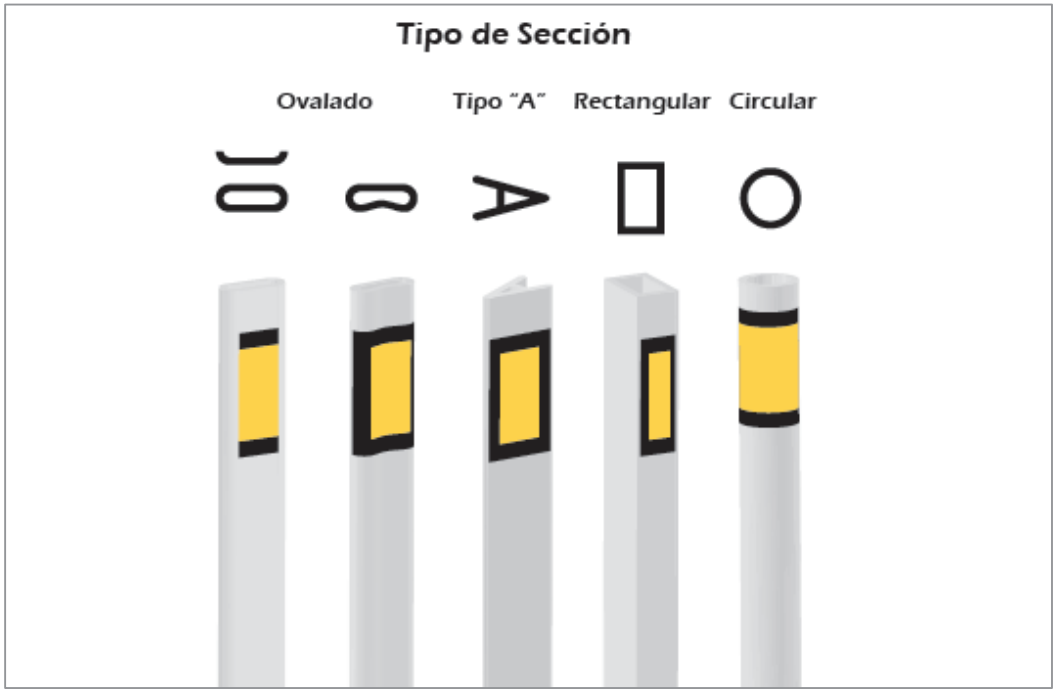
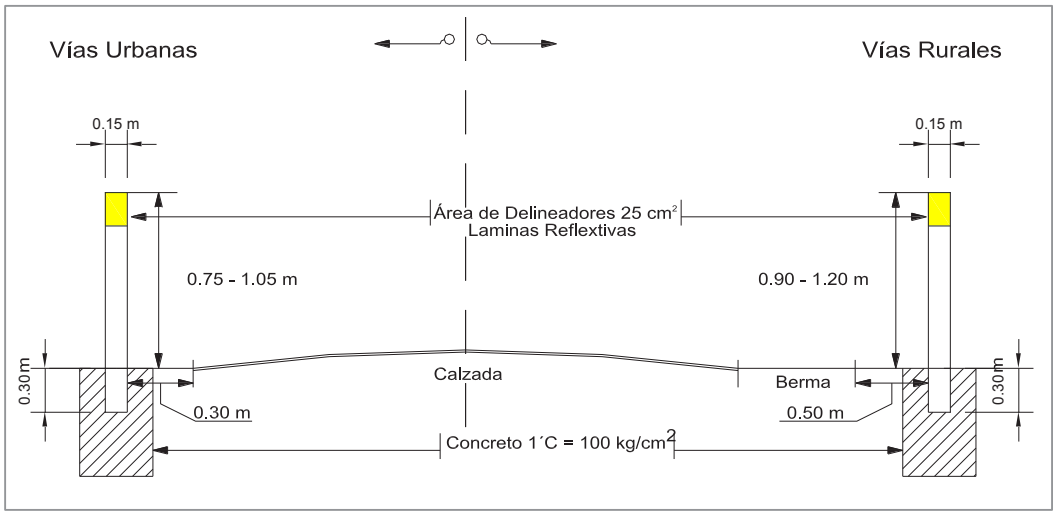


Figura 3.59 Ejemplo de altura y área mínima de material retrorreflectivo en postes delineadores



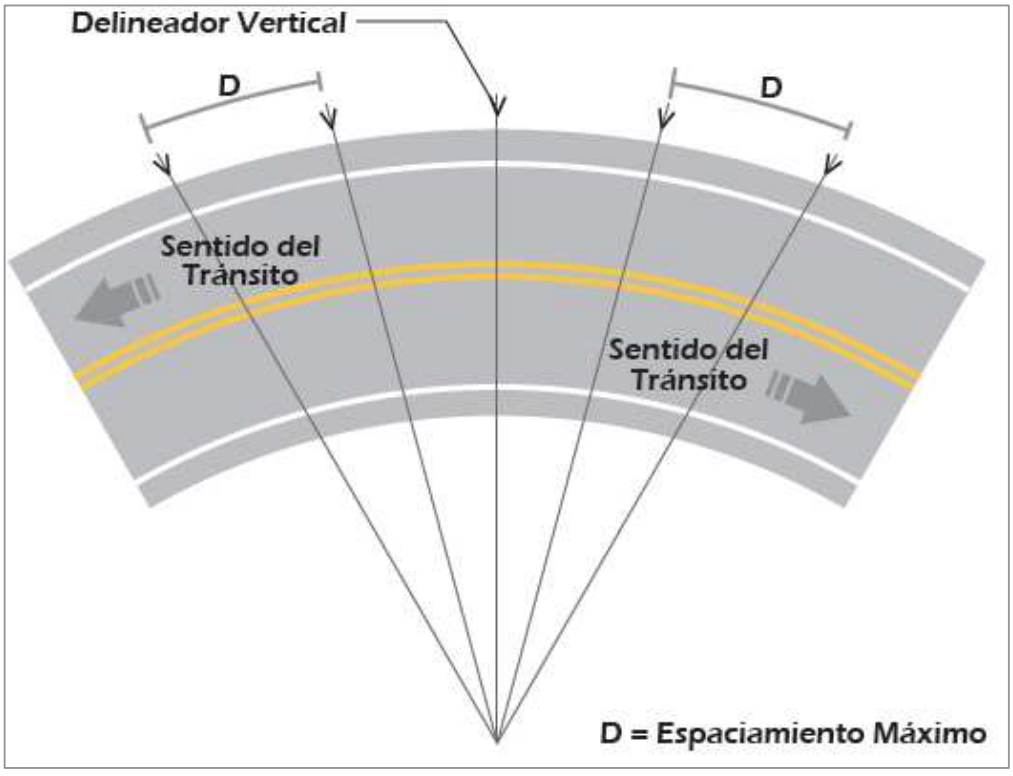
El espaciamiento de los postes delineadores en función al radio de curvatura de la vía, será de acuerdo a lo establecido en la **Tabla 3.6**. En tramos rectos requeridos el espaciamiento será de 25 m. o de acuerdo al Patrón de la demarcación discontinua de línea de carril.

Tabla 3.6 Espaciamiento de postes delineadores

Espaciamiento de Delineadores	
Radio de la Curva Horizontal (m)	**Espaciamiento (m)**
30	4.00
40	5.00
50	6.00
60	7.00
70	8.00
80	9.00
100	10.00
150	12.50
200	15.00
250	17.00
300	18.50
400	20.00
450	21.50
500	23.00
>500	24.00

En la **Figura 3.60** se muestra un ejemplo esquemático de ubicación de postes delineadores en una curva horizontal.

Figura 3.60 Ejemplo esquemático de ubicación de postes delineadores en curva horizontal

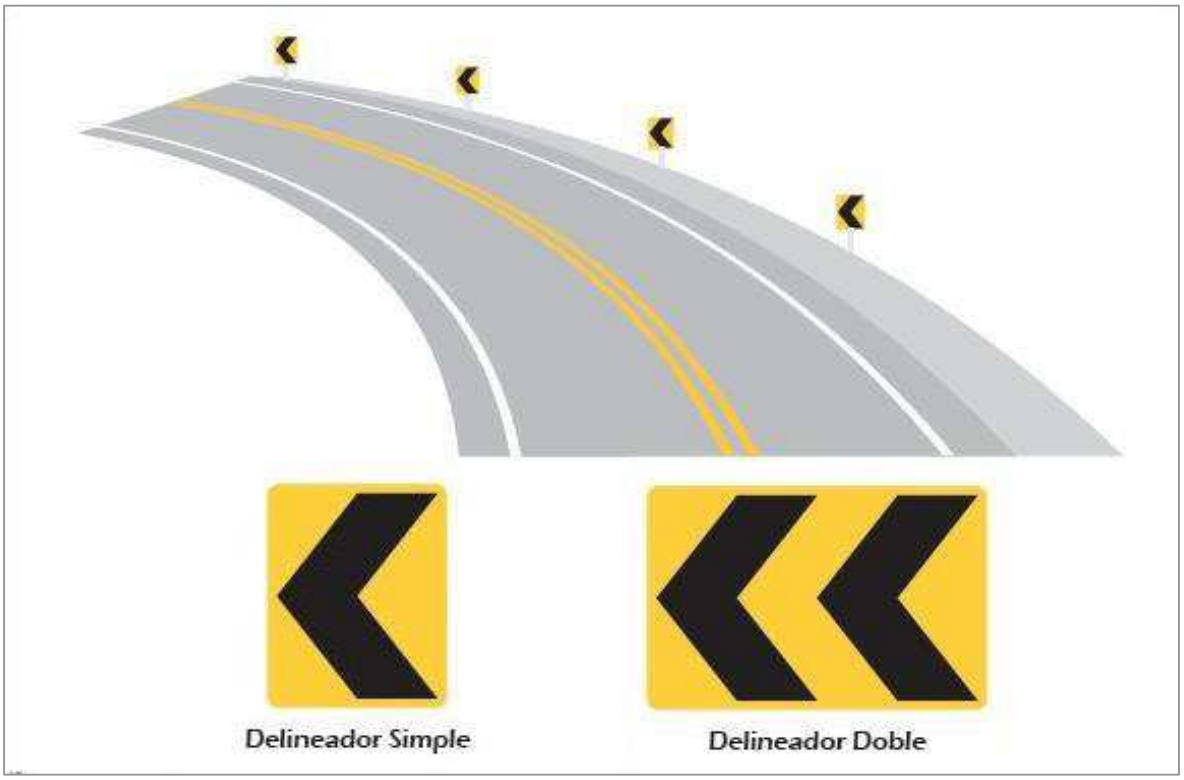


3.5.7.2.2.2 Señal de delineador de curva horizontal (P-61) - "CHEVRON"

Delineador conformado por el conjunto de señales tipo "CHEVRON", ubicados en lado exterior de la curva en forma perpendicular a la visual del Conductor, pueden ser simples o dobles.

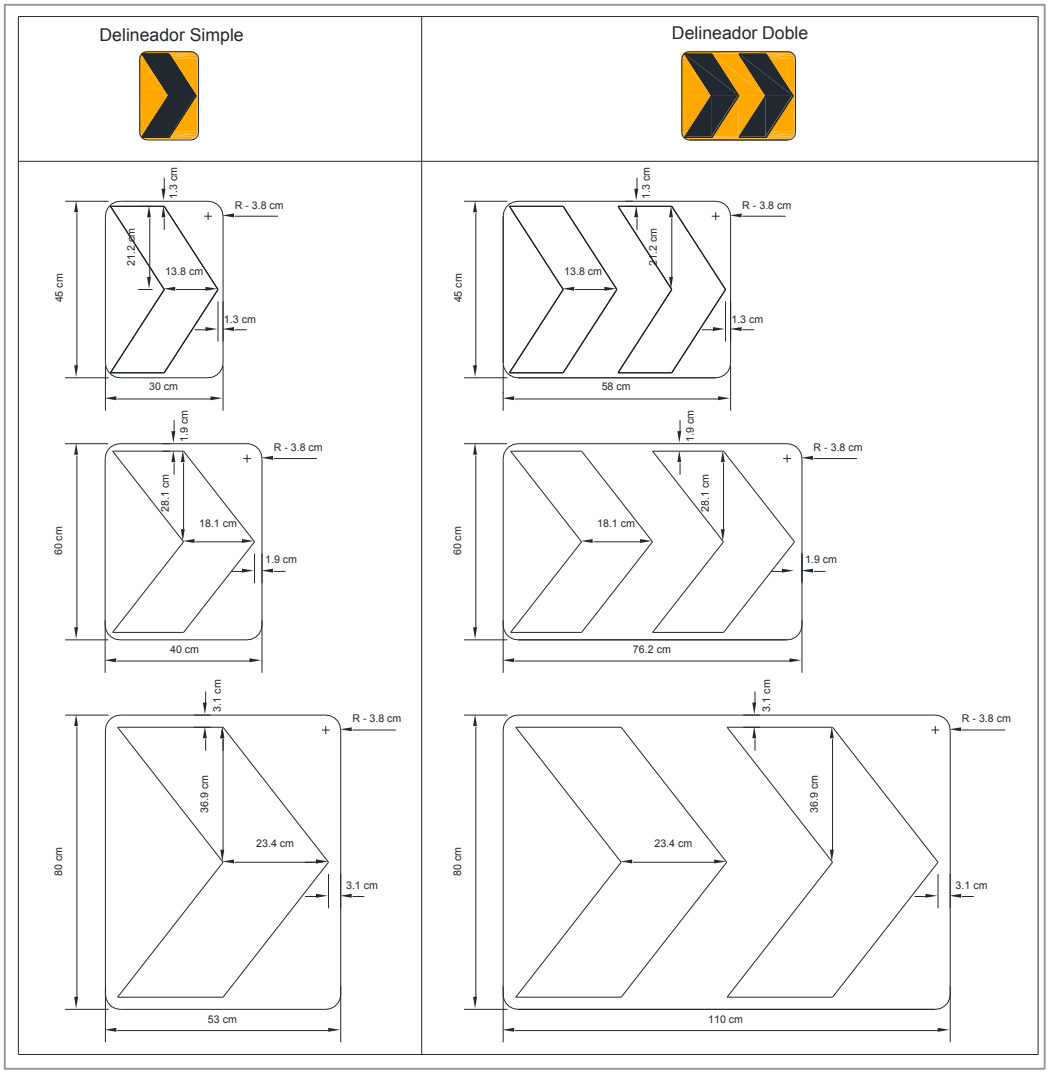
En la **Figura 3.61**, se muestra un ejemplo de señales de delineador de curva horizontal "CHEVRON"

Figura 3.61 Ejemplo de señales de delineador de curva horizontal "CHEVRON"



En la **Figura 3.62**, se muestra las dimensiones de los delineadores simples y dobles, en función a la velocidad máxima permitida en la vía.

Figura 3.62 Dimensiones de los delineadores simples y dobles, en función a la velocidad máxima permitida en la vía



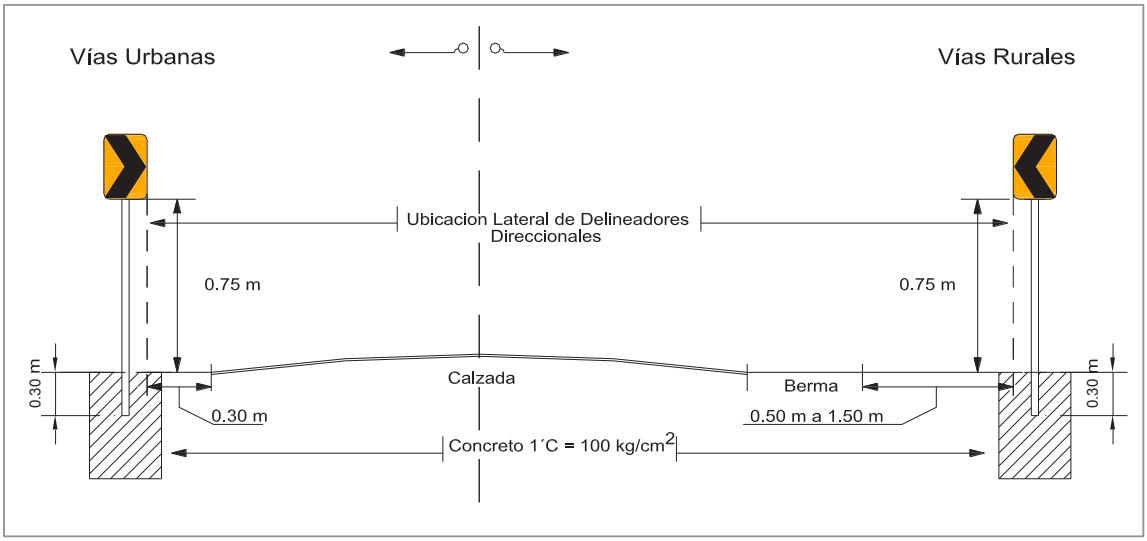
En la **Tabla 3.7**, se muestra el espaciamiento de los delineadores "CHEVRON" en función al radio de curvatura horizontal de la vía.

Tabla 3.7 Espaciamiento de delineadores "CHEVRON" en función al radio de curvatura horizontal

Espaciamiento de chevrones	
Radio de la Curva Horizontal (m)	**Espaciamiento (m)**
15	5
50	10
75	12
100	15
150	20
200	22
250	24
300	27

En la **Figura 3.63**, se muestra un ejemplo de ubicación de delineadores "CHEVRON".

Figura 3.63 Ejemplo de ubicación de delineadores "CHEVRON"

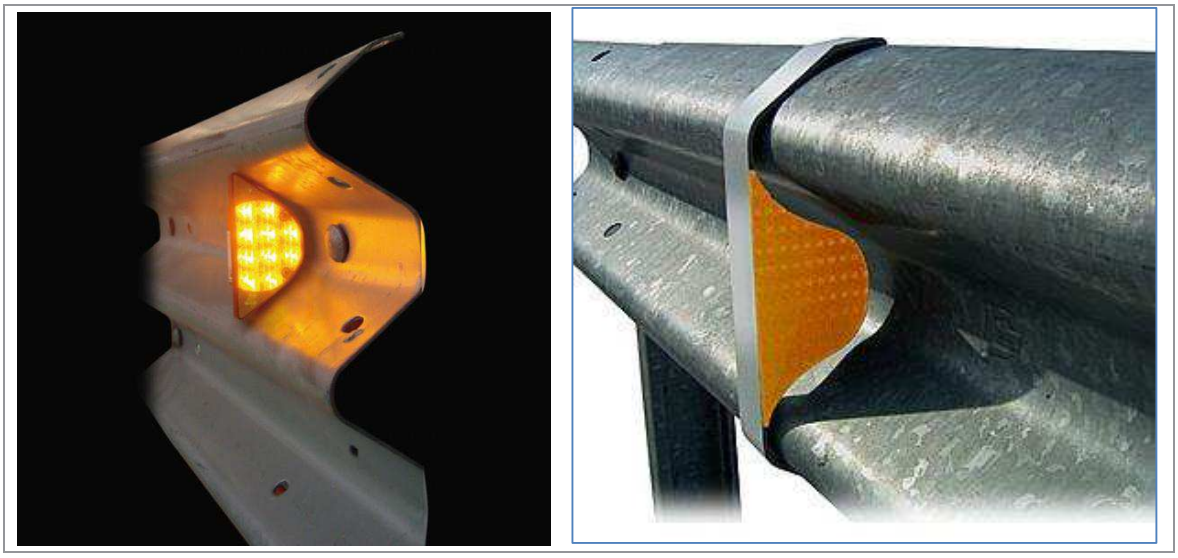


3.5.7.2.2.3 Delineador de placa "CAPTAFAROS"

Delineador conformado por el conjunto de placas con láminas retrorreflectivas que van adosadas a otros elementos de la vía, tales como guardavías, barreras de seguridad, muros de contención y otros. Pueden ser de forma triangular, rectangular o trapezoidal.

En la **Figura 3.64**, se muestra un ejemplo de ubicación de delineadores de placa "CAPTAFAROS".

Figura 3.64 Ejemplo de ubicación de delineadores de placa "CAPTAFAROS"



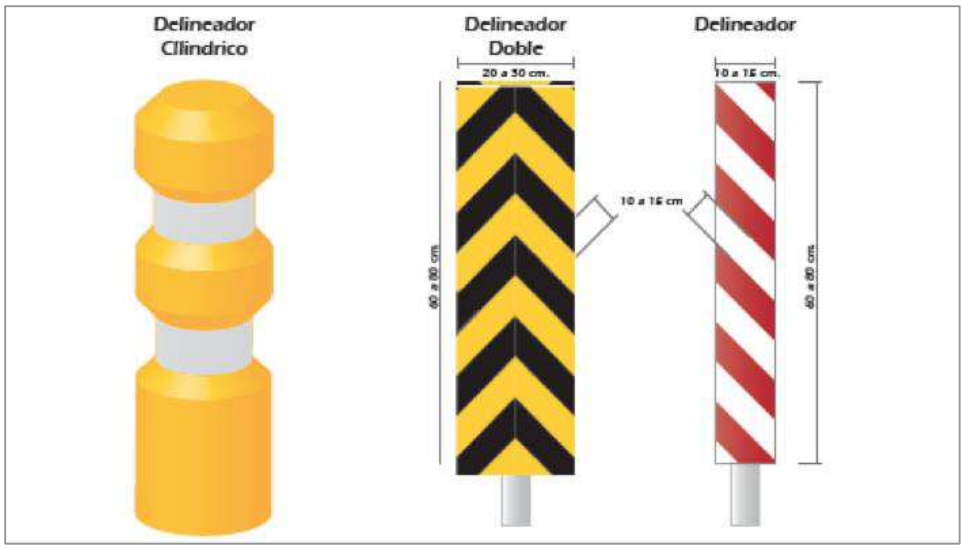
3.5.7.2.2.4 Delineadores "MARCADORES EN ZONAS SINGULARES"

Delineadores que tienen por finalidad advertir al Conductor sobre la existencia de estructuras de canalización en la vía, tales como refugios peatonales, acceso a puentes y túneles, islas centrales, bifurcaciones, fin de áreas de estacionamiento y otros.

Los materiales retrorreflectivos de los "MARCADORES EN ZONAS SINGULARES" deben tener como mínimo un coeficiente de retrorreflectancia Tipo IV.

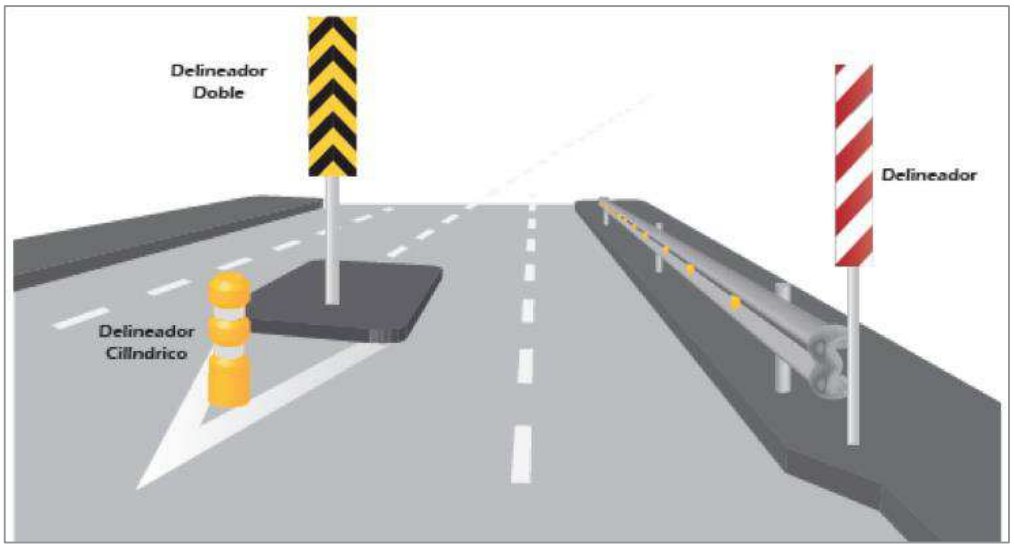
En la **Figura 3.65**, se muestra ejemplos de tipos de delineadores "MARCADORES EN ZONAS SINGULARES".

Figura 3.65 Ejemplos de tipos de delineadores "MARCADORES EN ZONAS SINGULARES"



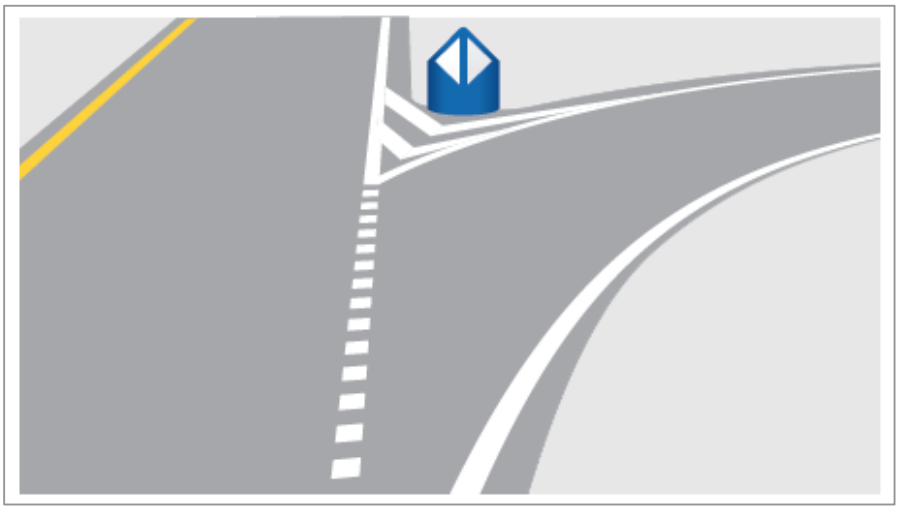
En la **Figura 3.66**, se muestra un ejemplo de demarcación de delineadores "MARCADORES EN ZONAS SINGULARES".

Figura 3.66 Ejemplo de demarcación de delineadores "MARCADORES EN ZONAS SINGULARES"



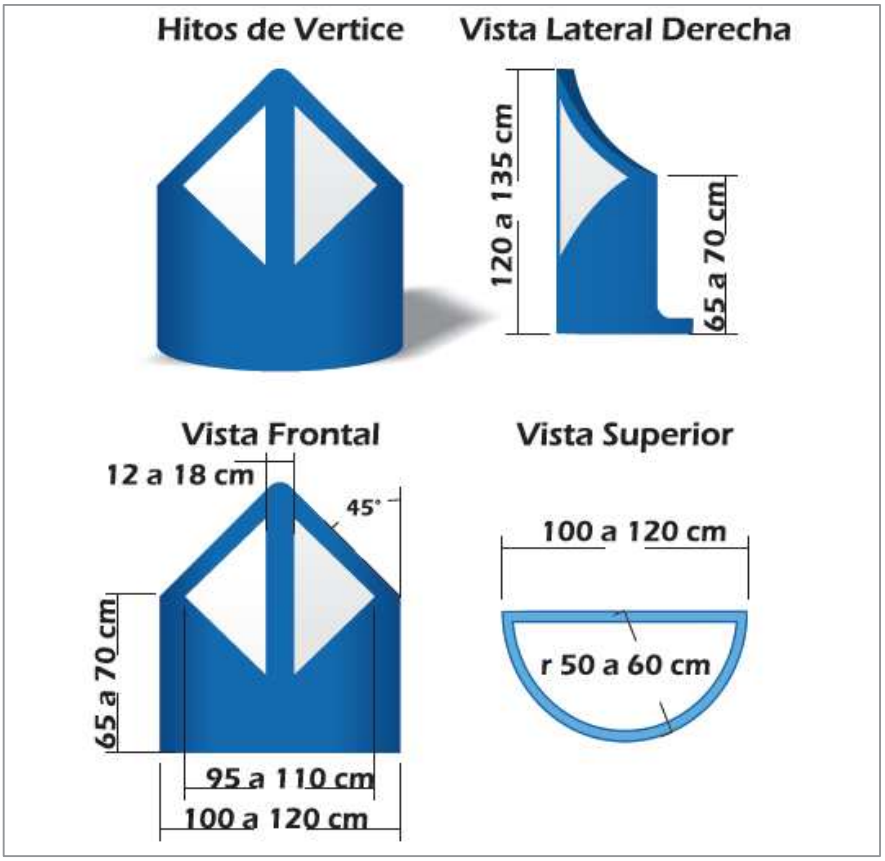
En la **Figura 3.67**, se muestra un ejemplo de demarcación de delineador tipo "Hito de Vértice" que se utiliza para indicar bifurcaciones o vértices de separación de flujos que circulan en el mismo sentido.

Figura 3.67 Ejemplo de demarcación de delineador tipo "Hito de Vértice"



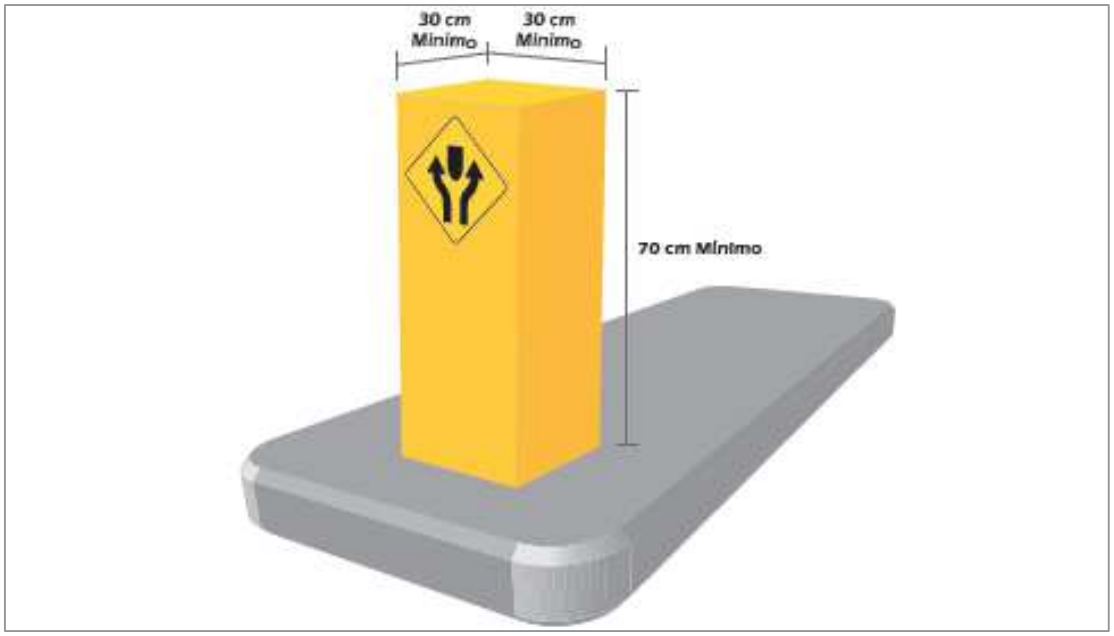
En la **Figura 3.68**, se muestra un ejemplo de dimensiones del delineador tipo "Hito de Vértice" en sus diferentes vistas.

Figura 3.68 Ejemplo de dimensiones del delineador tipo "Hito de Vértice" en sus diferentes vistas



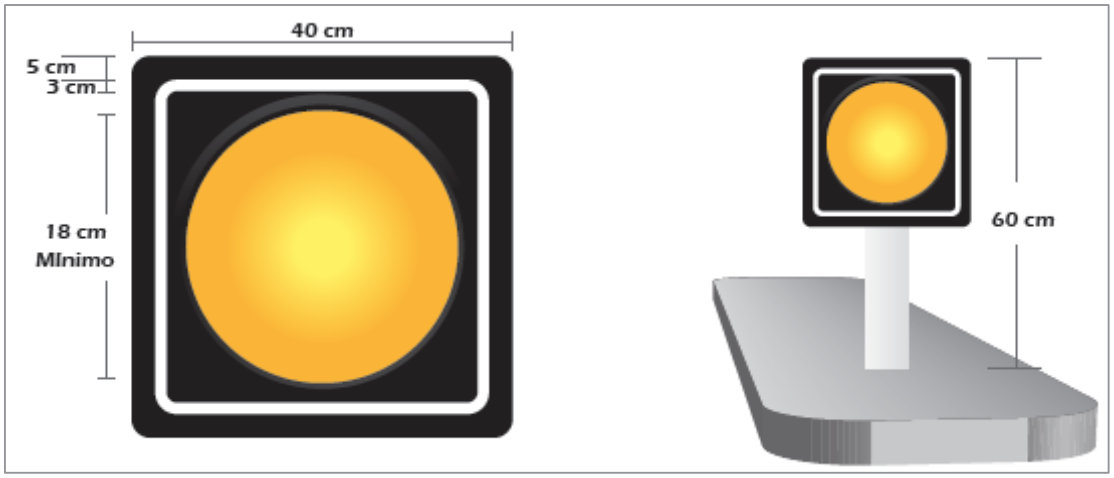
En la **Figura 3.69**, se muestra un ejemplo de demarcación de delineador tipo "Hito Luminoso" que se utiliza para destacar la presencia de una isla peatonal o reforzar una restricción de ancho de la vía.

Figura 3.69 Ejemplo de demarcación de delineador tipo "Hito Luminoso"



En la **Figura 3.70**, se muestra un ejemplo y dimensiones de delineadores "MARCADORES EN ZONAS SINGULARES" con luces que pueden ser continuas o intermitentes.

Figura 3.70 Ejemplo y dimensiones de delineadores con luces



En la **Figura 3.71**, se muestra un ejemplo de delineadores "Tubulares Flexibles" que tienen por finalidad reforzar demarcaciones en "ZONAS DE PROHIBIDO ADELANTAR" y otras restricciones.

Figura 3.71 Ejemplo de delineadores "Tubulares Flexibles"

CAPÍTULO 4

DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO DE CASOS ESPECIALES

4.1 DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO EN ZONAS ESCOLARES

4.1.1 Generalidades

Los dispositivos de control del tránsito en las zonas escolares deben contribuir a la protección de los escolares en su movilidad diaria a sus centros educativos.

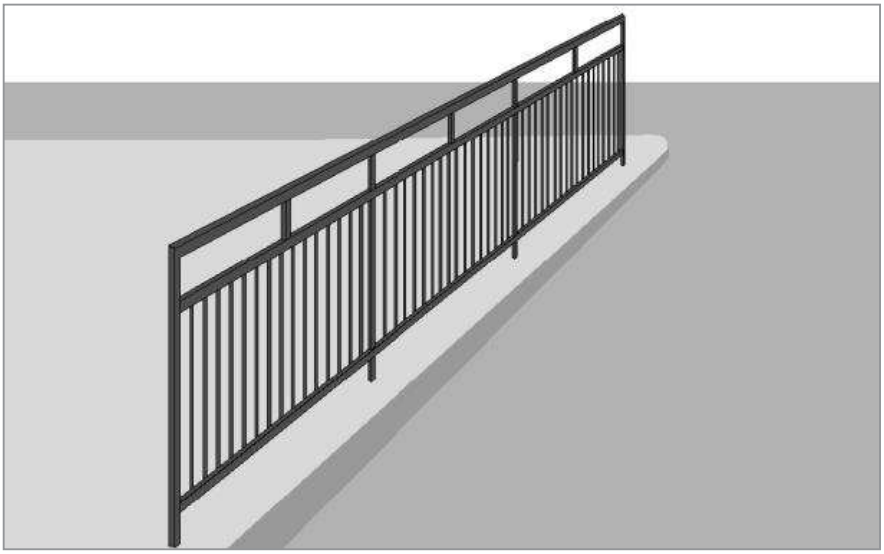
Con tal finalidad los dispositivos de control del tránsito en las zonas de entorno de centros educativos, deben diseñarse de tal manera que contribuyan efectivamente a la seguridad de los escolares, poniendo énfasis en los siguientes aspectos principales:

4.1.2 Visibilidad

La señalización vertical y horizontal correspondiente debe ser visible tanto de día como de noche, ello implica entre otros, que los materiales de las señales mantengan su diseño original y tengan mantenimiento periódico.

Siendo el estacionamiento de vehículos un aspecto limitante de la visibilidad en las zonas escolares, debe prohibirse éste, como mínimo 20 m. antes y después del acceso o salida del centro educativo, para lo cual se colocará la señalización correspondiente y vallas peatonales de seguridad, cuyo ejemplo se aprecia en la **Figura 4.1**.

Figura 4.1 Ejemplo de vallas peatonal escolar de seguridad



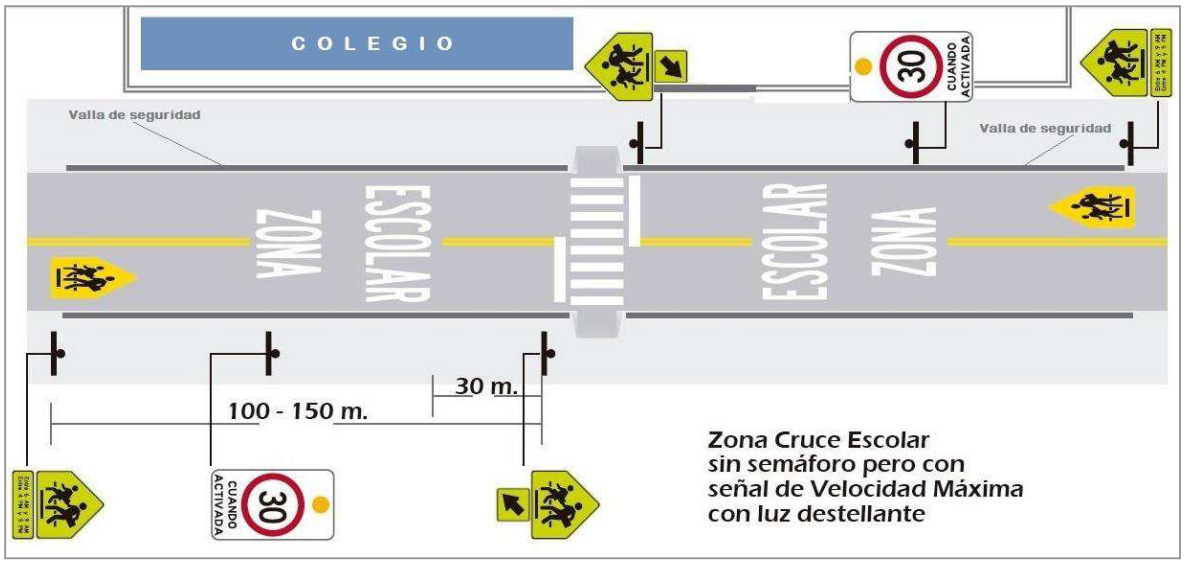
4.1.3 Señalización

La señalización vertical y horizontal así como los demás dispositivos de control del tránsito que fueran necesarios en las zonas escolares y su entorno, a que incluye de ser el caso la instalación de semáforos, debe ser diseñada e implementada de acuerdo a un estudio de ingeniería vial que tome en consideración las condiciones particulares de cada centro educativo.

Entre otros aspectos a considerar es importante lo relativo al control de velocidades, para lo cual debe implementarse baterías de reductores de velocidad acorde a la directiva vigente, así como de ser el caso el control de velocidad mediante cámaras.

En la **Figura 4.2**, se muestra un ejemplo de señalización vertical y horizontal de una Zona Escolar.

Figura 4.2 Ejemplo de señalización vertical y horizontal de una Zona Escolar



4.2 DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO EN CICLOVÍAS

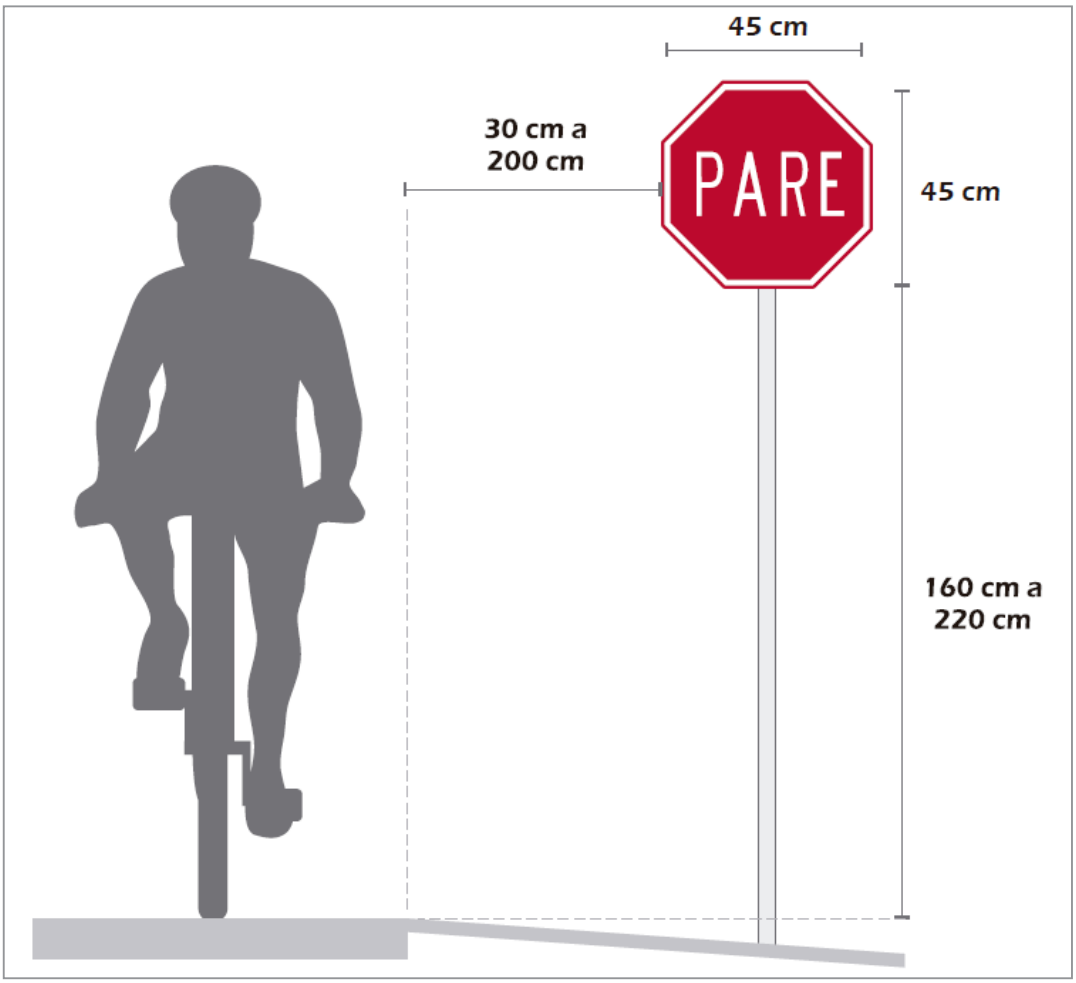
La presente sección tiene por finalidad establecer los dispositivos de control de tránsito que debe tener las ciclovías, a fin de que los usuarios de la misma transiten con seguridad y comodidad.

En tal sentido, de acuerdo a lo establecido en el presente Manual y demás normatividad aplicable, debe diseñarse e implementarse en forma integral y de acuerdo a la particularidad de cada ciclovía, los dispositivos de control del tránsito necesarios, los cuales básicamente están conformados por señalización vertical, demarcaciones en el pavimento tanto planas como elevadas, señalización informativa y demás dispositivos de control correspondientes.

Los dispositivos de control del tránsito, abarcan su implementación en la infraestructura de las ciclovías propiamente dichas, sus zonas de estacionamiento y las vías de su entorno en forma integral.

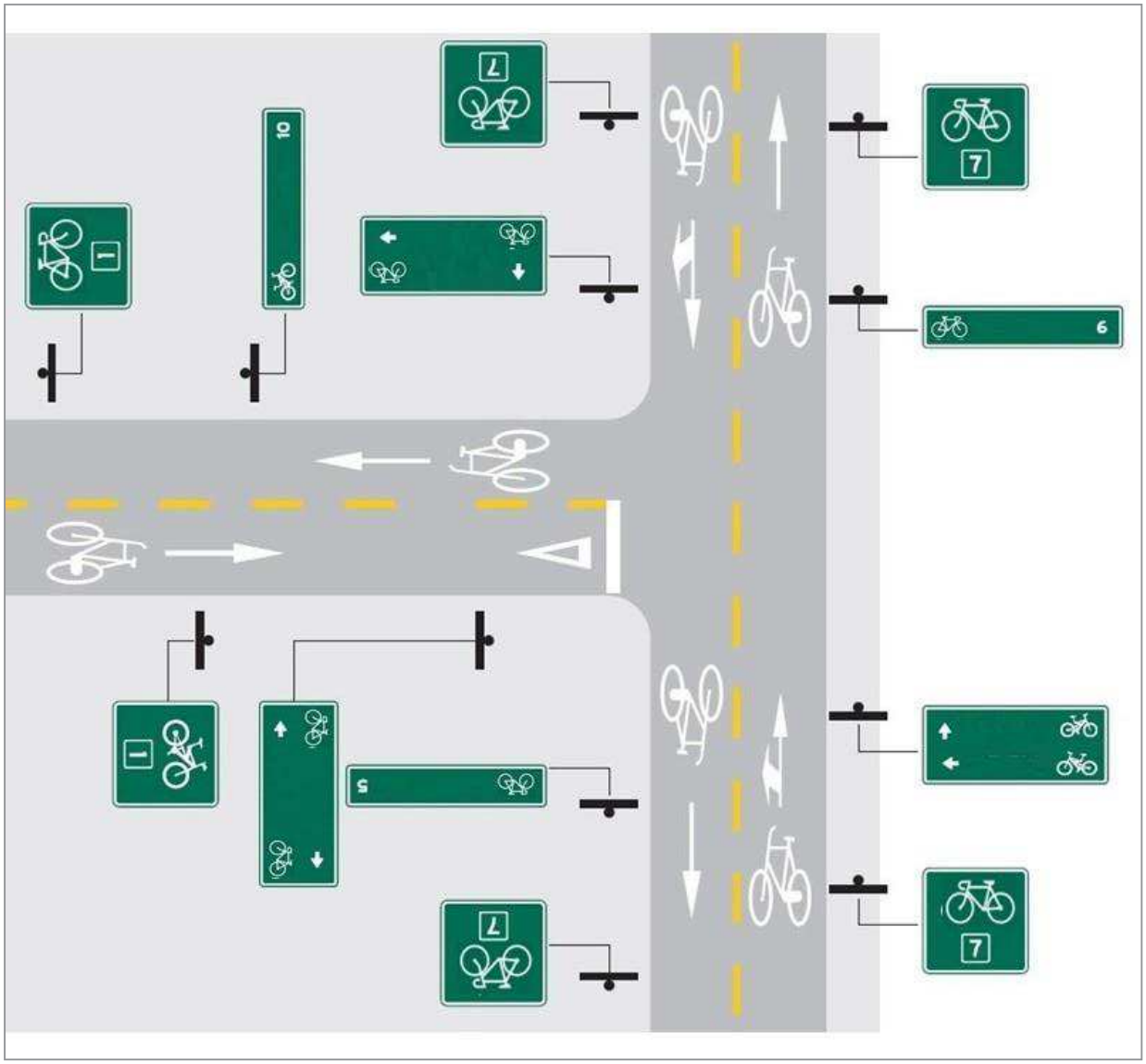
En la **Figura 4.3**, se muestra un ejemplo de ubicación de una señal vertical con respecto a la calzada de una ciclovía.

Figura 4.3 Ejemplo de ubicación de una señal vertical con respecto a la calzada de una ciclovia



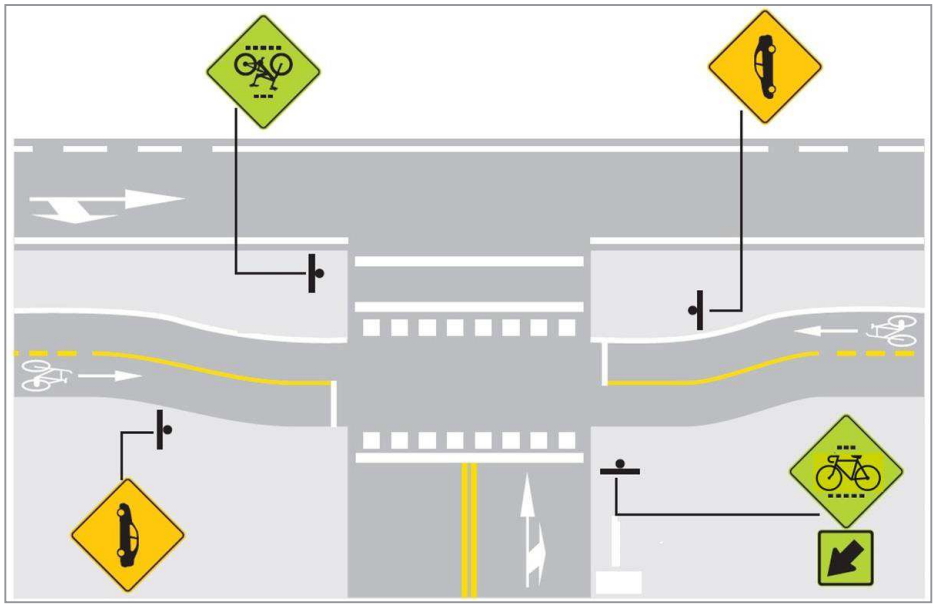
En la **Figura 4.4**, se muestra un ejemplo de aplicación de una señalización en una intersección de "CICLOVÍAS".

Figura 4.4 Ejemplo de aplicación de una señalización en una intersección de "CICLOVÍAS".



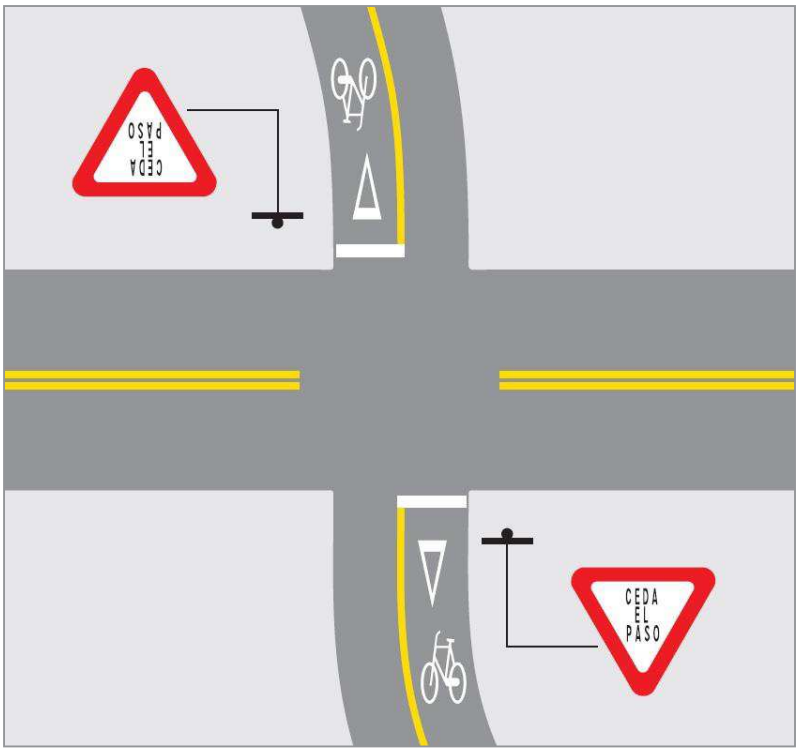
En la **Figura 4.5**, se muestra un ejemplo de aplicación de demarcación en el pavimento y señalización vertical de "CICLOVÍA" en una intersección vial.

Figura 4.5 Ejemplo de aplicación de demarcación en el pavimento y señalización vertical de "CICLOVÍA" en una intersección vial



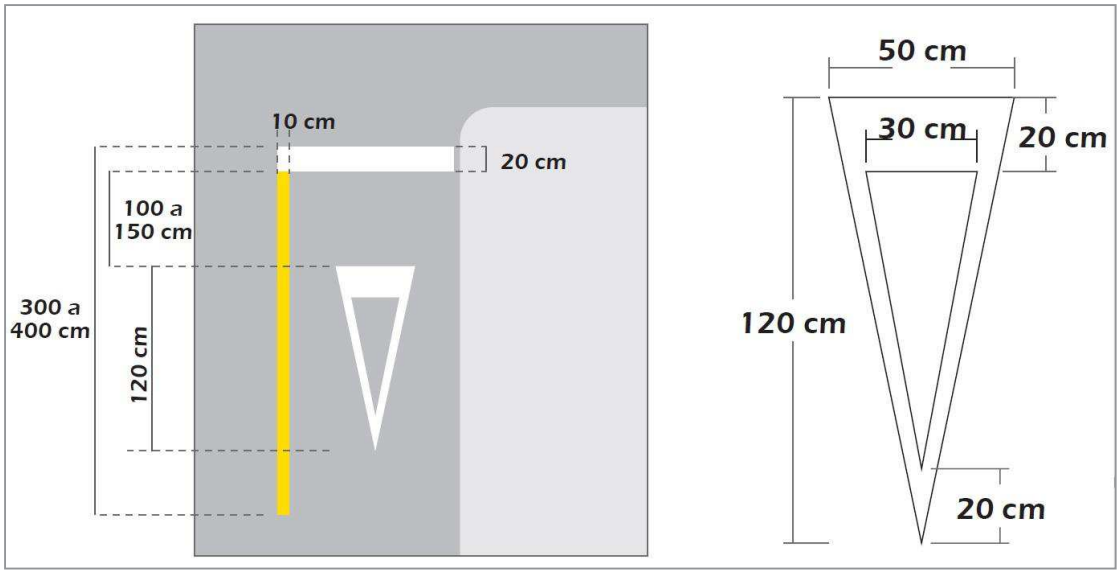
En la **Figura 4.6**, se muestra un ejemplo de aplicación de demarcación en el pavimento "CEDA EL PASO" en intersección de "CICLOVÍA" con una vía de tránsito de vehículos motorizados.

Figura 4.6 Ejemplo de aplicación de demarcación en el pavimento "CEDA EL PASO" en intersección de "CICLOVÍA" con una vía de tránsito de vehículos motorizados



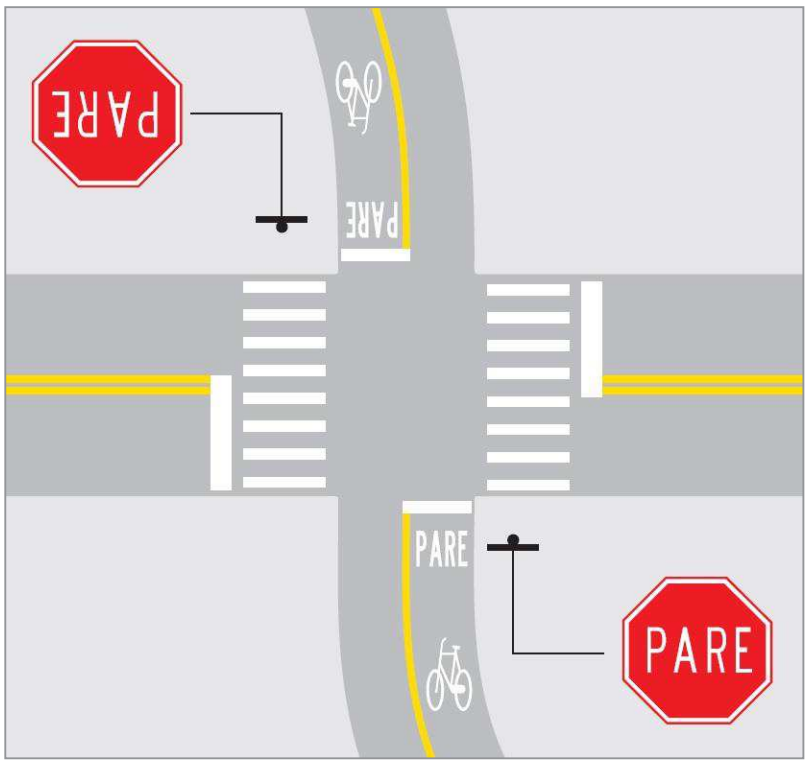
En la **Figura 4.7**, se muestra un ejemplo de dimensiones de demarcación en el pavimento "CEDA EL PASO" en intersección de "CICLOVÍA" con una vía de tránsito de vehículos motorizados.

Figura 4.7 Ejemplo de dimensiones de demarcación en el pavimento "CEDA EL PASO" en intersección de "CICLOVÍA" con una vía de tránsito de vehículos motorizados.



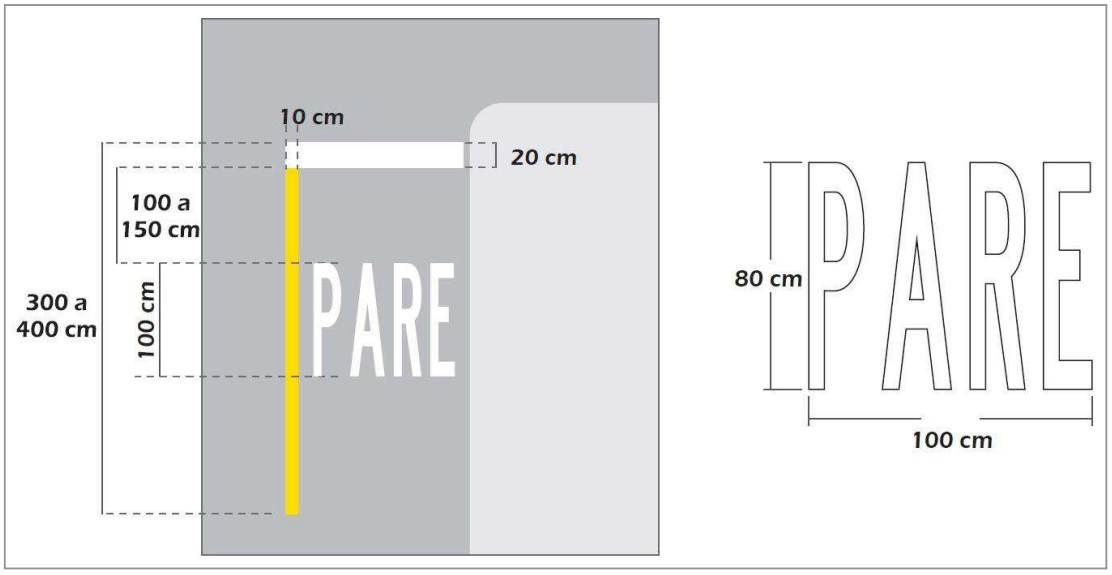
En la **Figura 4.8**, se muestra un ejemplo de aplicación de demarcación en el pavimento "PARE" en intersección de "CICLOVÍA" con una vía de tránsito de vehículos motorizados.

Figura 4.8 Ejemplo de aplicación de demarcación en el pavimento "PARE" en intersección de "CICLOVÍA" con una vía de tránsito de vehículos motorizados



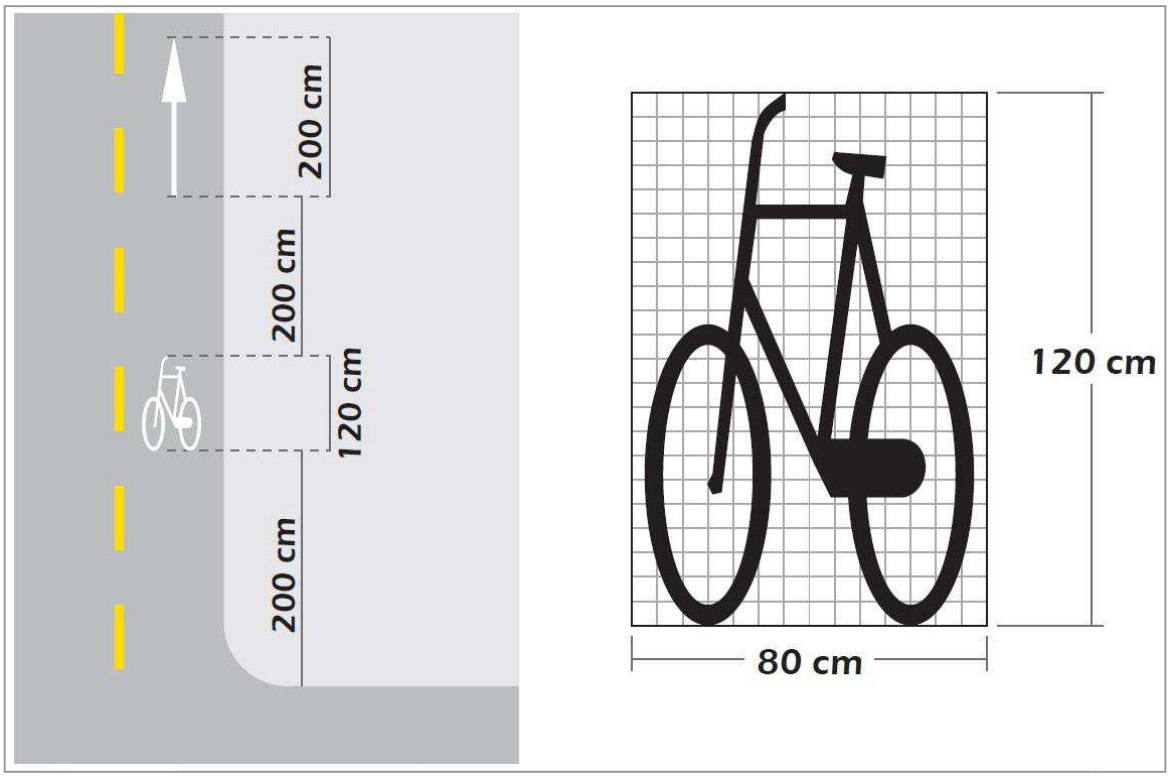
En la **Figura 4.9**, se muestra un ejemplo de dimensiones de demarcación en el pavimento "PARE" en intersección de "CICLOVÍA" con una vía de tránsito de vehículos motorizados.

Figura 4.9 Ejemplo de dimensiones de demarcación en el pavimento "PARE" en intersección de "CICLOVÍA" con una vía de tránsito de vehículos motorizados.



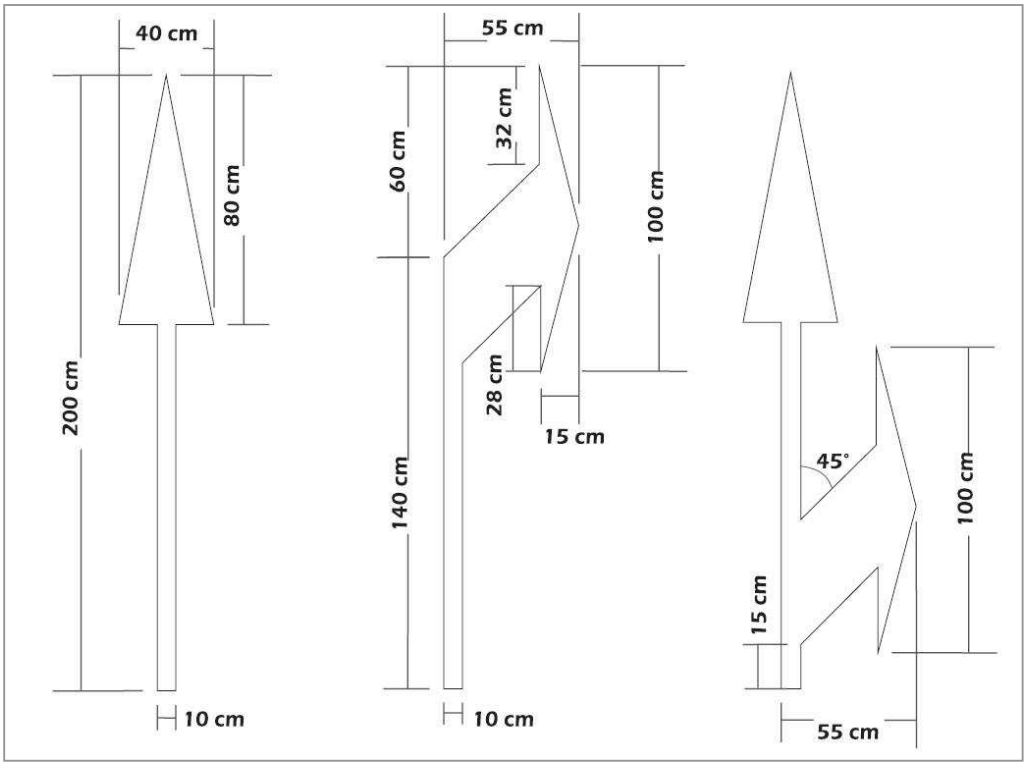
En la **Figura 4.10**, se muestra un ejemplo de demarcación en el pavimento, de las dimensiones del símbolo de una bicicleta tipo para una "CICLOVÍA".

Figura 4.10 Ejemplo de demarcación en el pavimento, de las dimensiones del símbolo de una bicicleta tipo para una "CICLOVÍA"



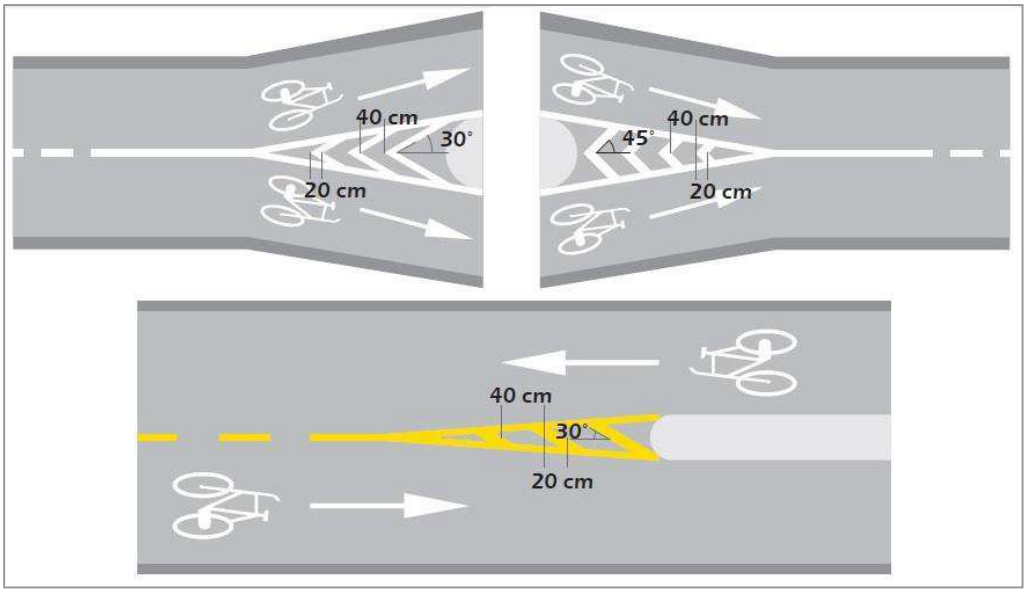
En la **Figura 4.11**, se muestra un ejemplo de dimensiones para la demarcación del símbolo tipo flecha para una "CICLOVÍA".

Figura 4.11 Ejemplo de dimensiones para la demarcación del símbolo tipo flecha para una "CICLOVÍA"



En la **Figura 4.12**, se muestra un ejemplo de demarcación de divergencias y convergencias en "CICLOVÍAS".

Figura 4.12 Ejemplo de demarcación de divergencias y convergencias en "CICLOVÍAS"



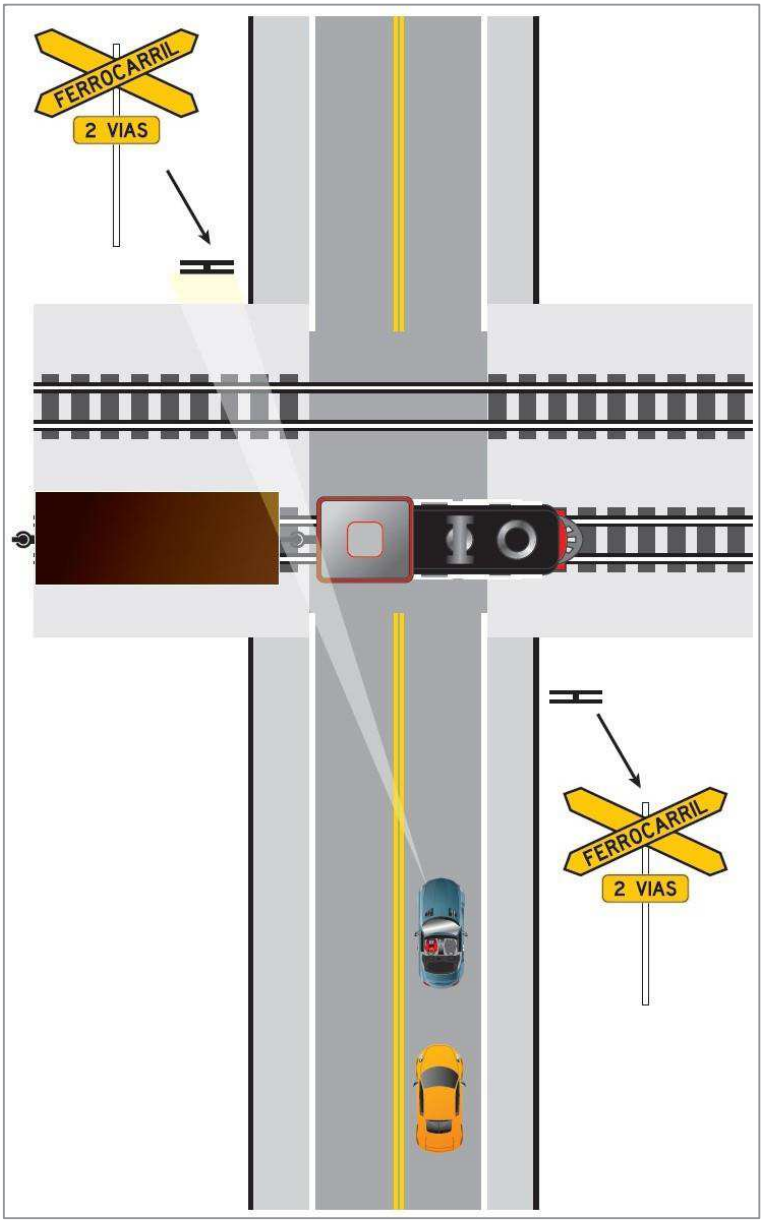
4.3 DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO PARA CRUCES A NIVEL CON FERROCARRILES

La presente sección tiene por finalidad establecer los dispositivos de control del tránsito que debe tener los cruces a nivel con ferrocarriles.

En tal sentido, de acuerdo a lo establecido en el presente Manual y demás normatividad aplicable, debe diseñarse e implementarse en forma integral y de acuerdo a la particularidad de cada cruce a nivel, los dispositivos de control del tránsito necesarios, los cuales básicamente están conformados por señalización vertical, demarcaciones en el pavimento tanto planas como elevadas, señalización informativa, sistema de control de barreras automáticas provistas de semaforización y sensores, y otros.

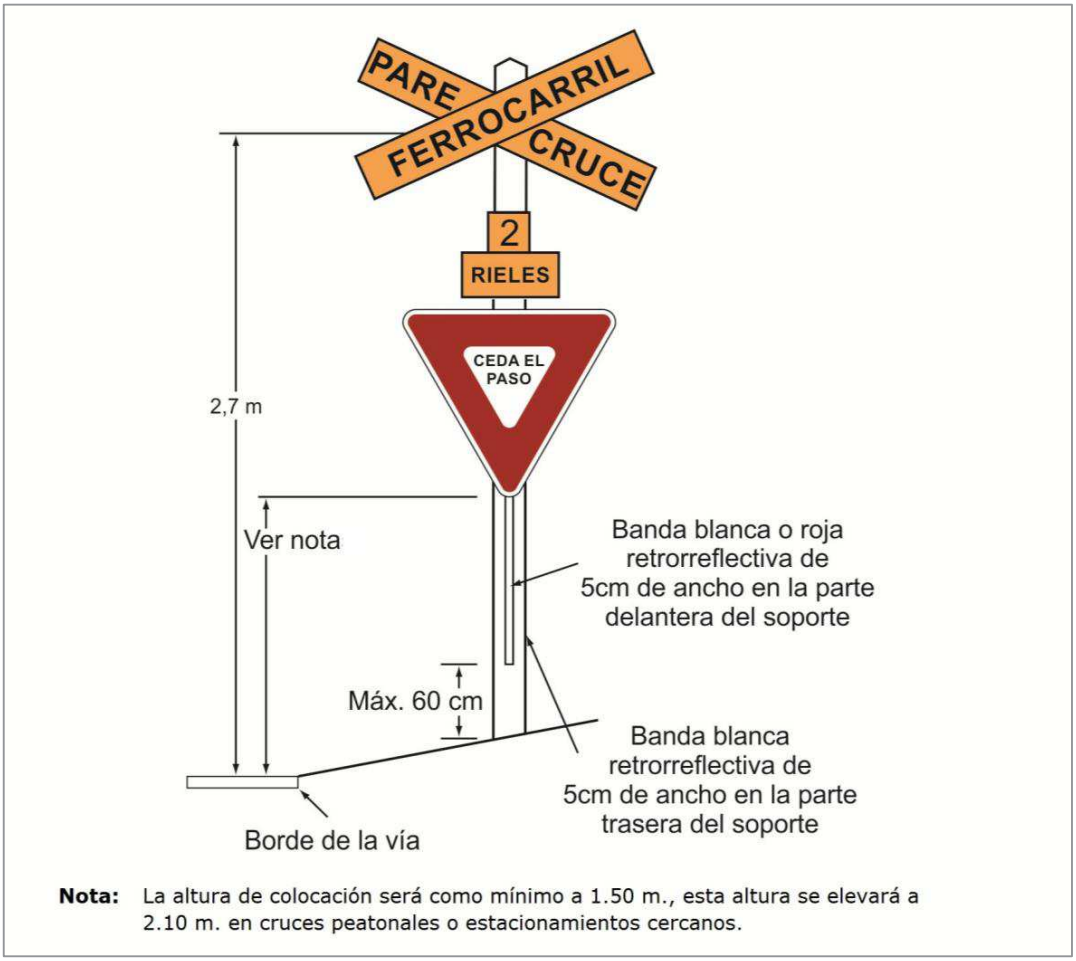
En la **Figura 4.13**, se muestra un ejemplo de señalización en cruce ferroviario a nivel.

Figura 4.13 Ejemplo de señalización en cruce ferroviario a nivel.



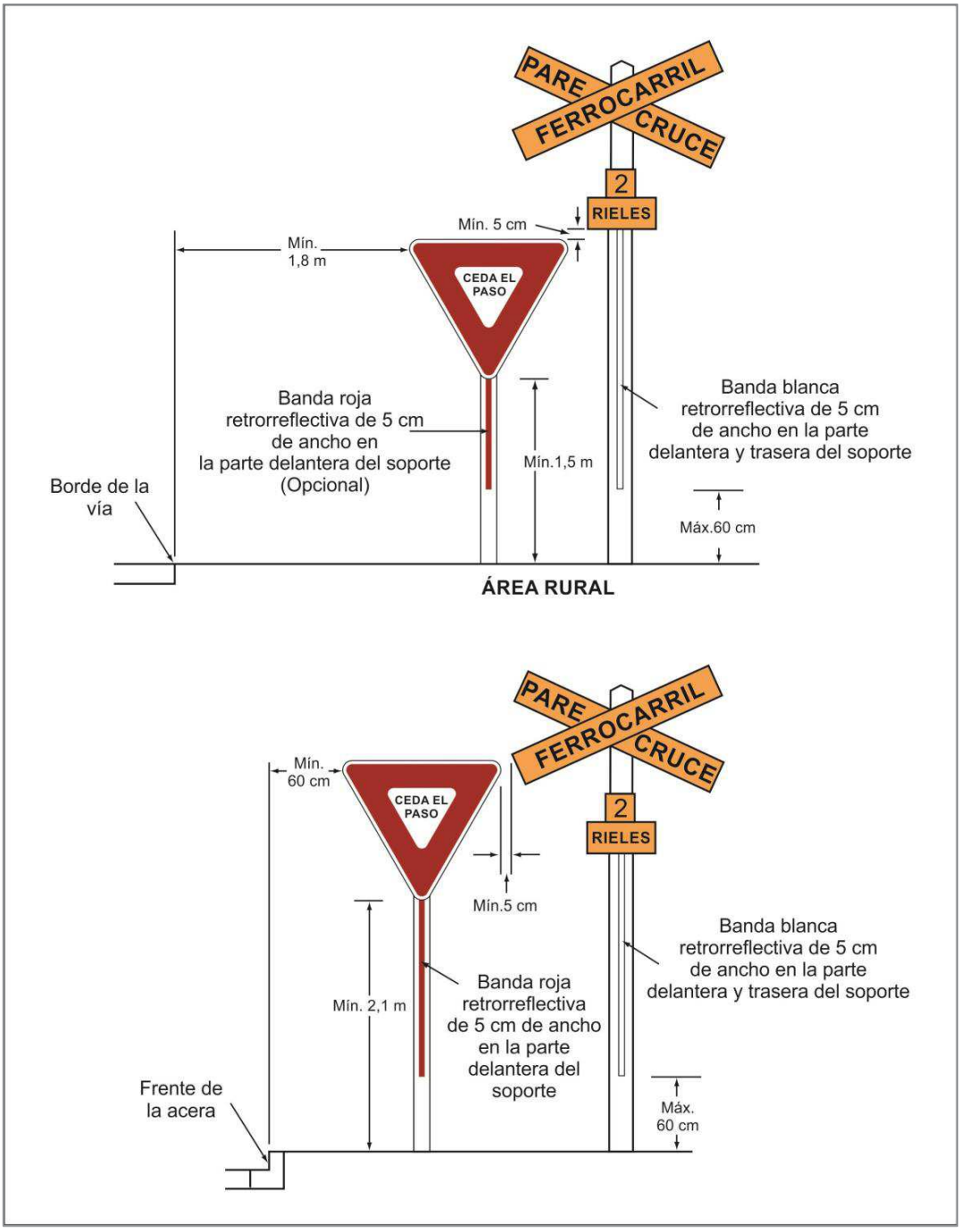
En la **Figura 4.14**, se muestra ejemplos de la señalización vertical y dimensiones para cruces ferroviario a nivel.

Figura 4.14 Ejemplos de la señalización vertical y dimensiones para cruces ferroviario a nivel



Nota: La altura de colocación será como mínimo a 1.50 m., esta altura se elevará a 2.10 m. en cruces peatonales o estacionamientos cercanos.

(Continua) Figura 4.14 Ejemplos de la señalización vertical y dimensiones para cruces ferroviario a nivel

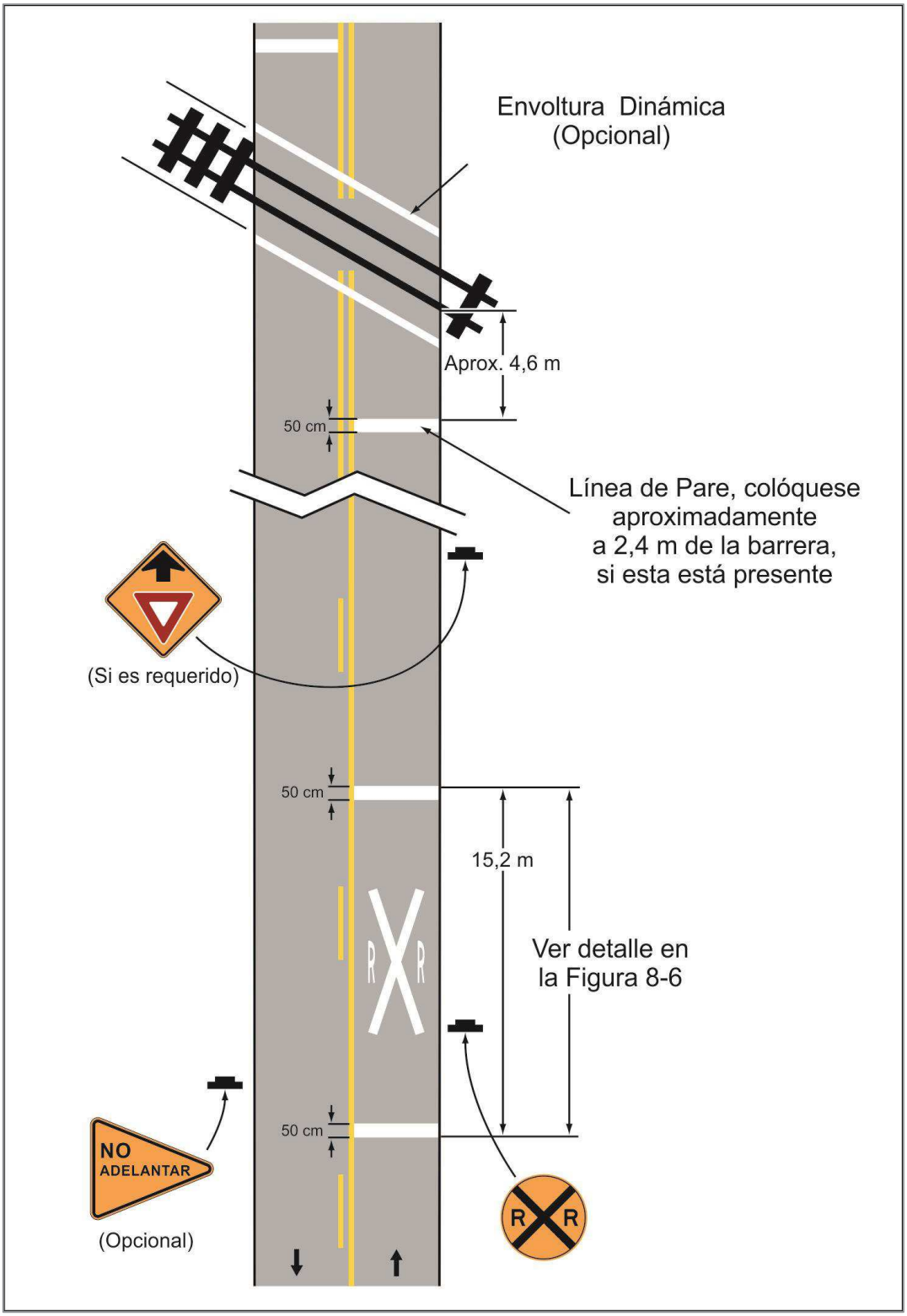


Donde exista una distancia de visibilidad restringida o geometría desfavorable en proximidad a un cruce a nivel, o donde exista un cruce en una vía de un solo sentido con múltiples carriles, se debe instalar señalización adicional en el lado izquierdo de la vía.

Dicha señalización vertical se complementará con marcas en el pavimento tanto planas como elevadas, de acuerdo a la particularidad de cada cruce ferroviario a nivel.

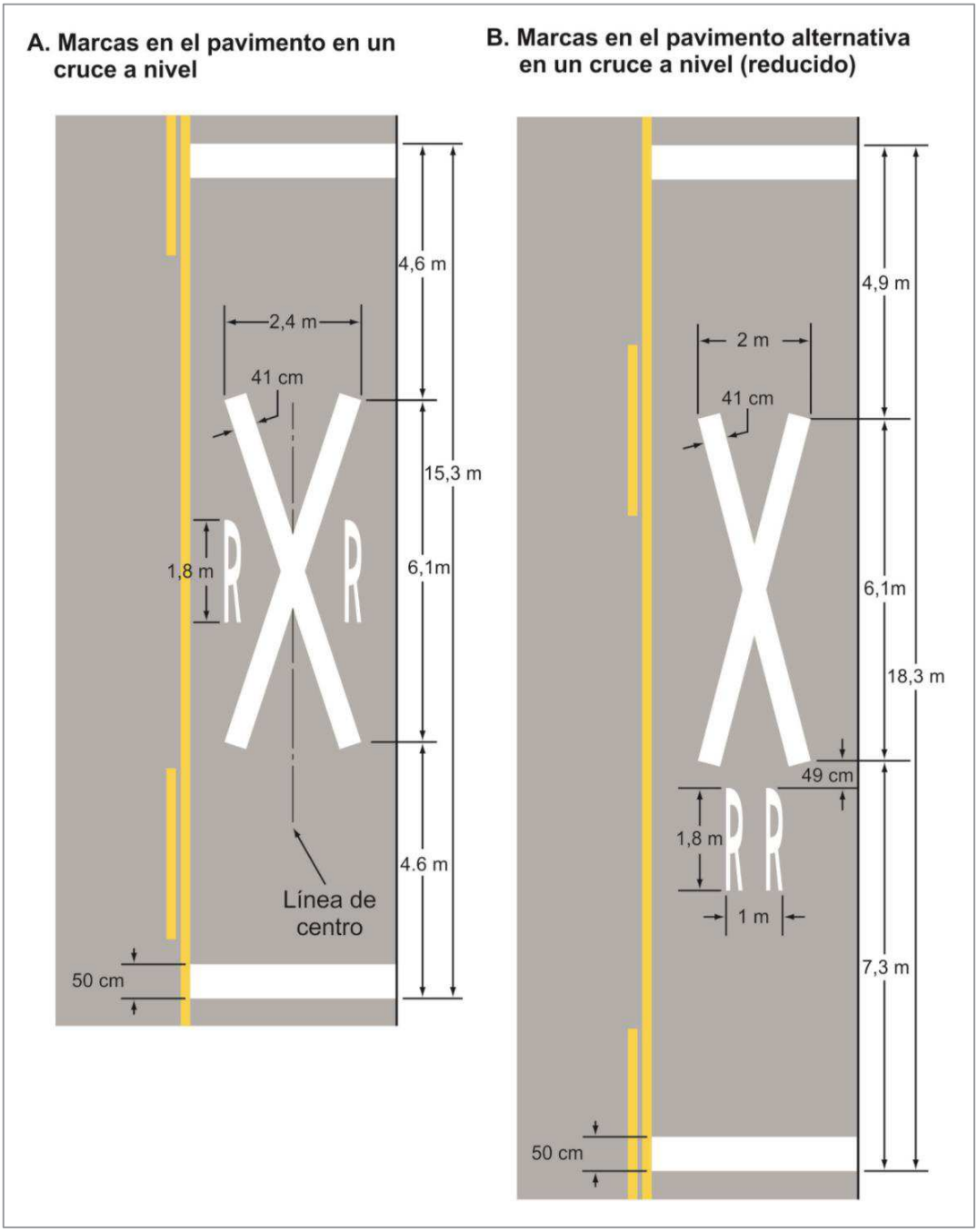
En la **Figura 4.15**, se muestra un ejemplo de señalización vertical y horizontal y dimensiones, en un cruce ferroviario a nivel oblicuo.

Figura 4.15 Ejemplo de señalización vertical y horizontal y dimensiones, en un cruce ferroviario a nivel oblicuo



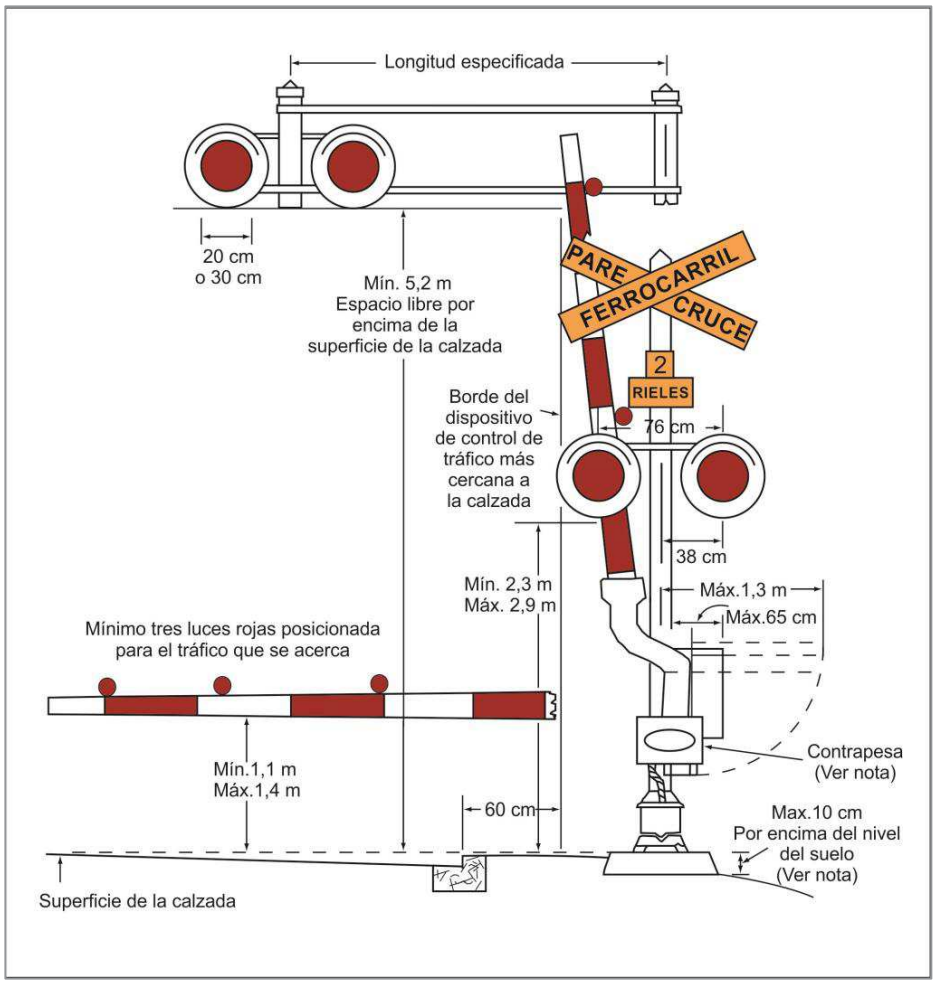
En la **Figura 4.16**, se muestra ejemplos de demarcación en el pavimento y dimensiones de un cruce ferroviario a nivel.

Figura 4.16 Ejemplo de demarcación en el pavimento y dimensiones de un cruce ferroviario a nivel



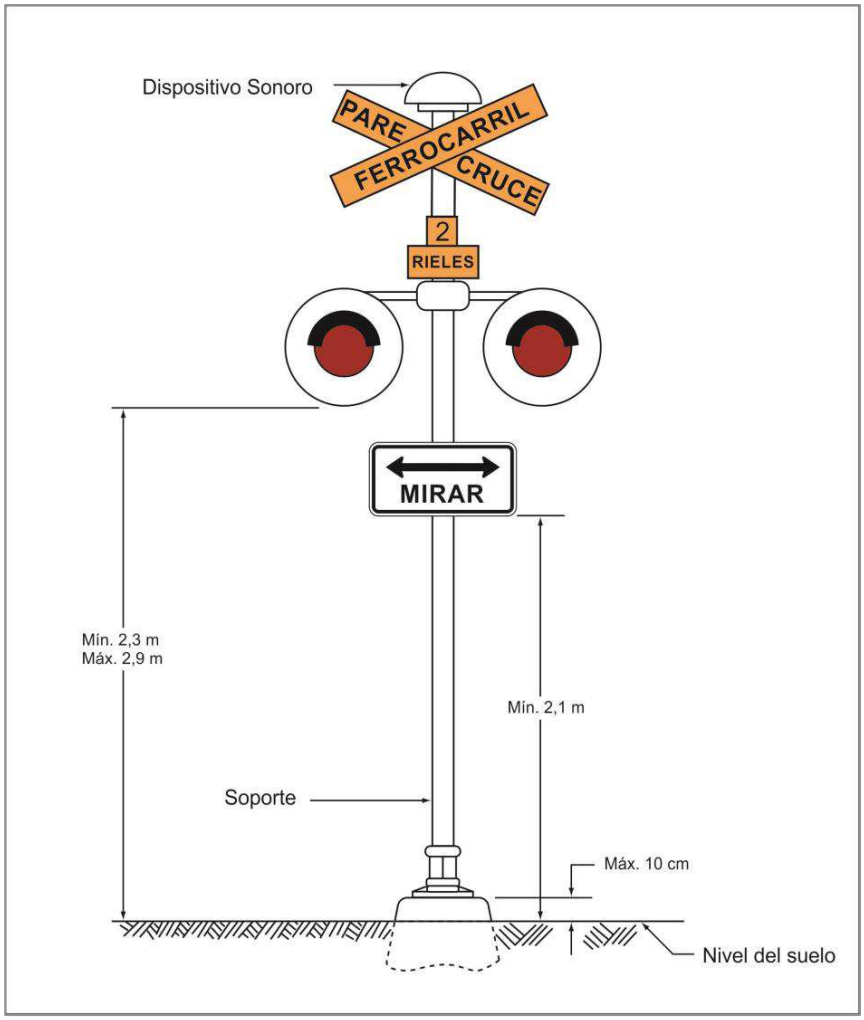
En la **Figura 4.17**, se muestra un ejemplo de un sistema de control de barreras automáticas provistas de semaforización y sensores.

Figura 4.17 Ejemplo de un sistema de control de barreras automáticas provistas de semaforización y sensores



En la **Figura 4.18**, se muestra un ejemplo de un cruce peatonal a nivel con una vía férrea.

Figura 4.18 Ejemplo de un cruce peatonal a nivel con una vía férrea



4.4 DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO PARA TÚNELES

La presente sección tiene por finalidad establecer los dispositivos de control del tránsito para túneles.

En tal sentido, de acuerdo a lo establecido en el presente Manual y demás normatividad aplicable, debe diseñarse e implementarse en forma integral y de acuerdo a la longitud y particularidades de servicio de cada túnel, los dispositivos de control del tránsito necesarios, los cuales básicamente están conformados por señalización vertical, demarcaciones en el pavimento tanto planas como elevadas, cintas retrorreflectivas, señalización informativa estática y dinámica, sistemas de seguridad y emergencias relativos entre otros a ventilación, iluminación, rescate, detección y control de incendios, detección y monitoreo de vehículos; y otros

Los dispositivos de control del tránsito abarcan básicamente las siguientes zonas:

- Zona de acceso y umbral al túnel y las restricciones y/o regulaciones pertinentes,
- Zona de transición e interior del túnel con sus elementos especiales de seguridad,

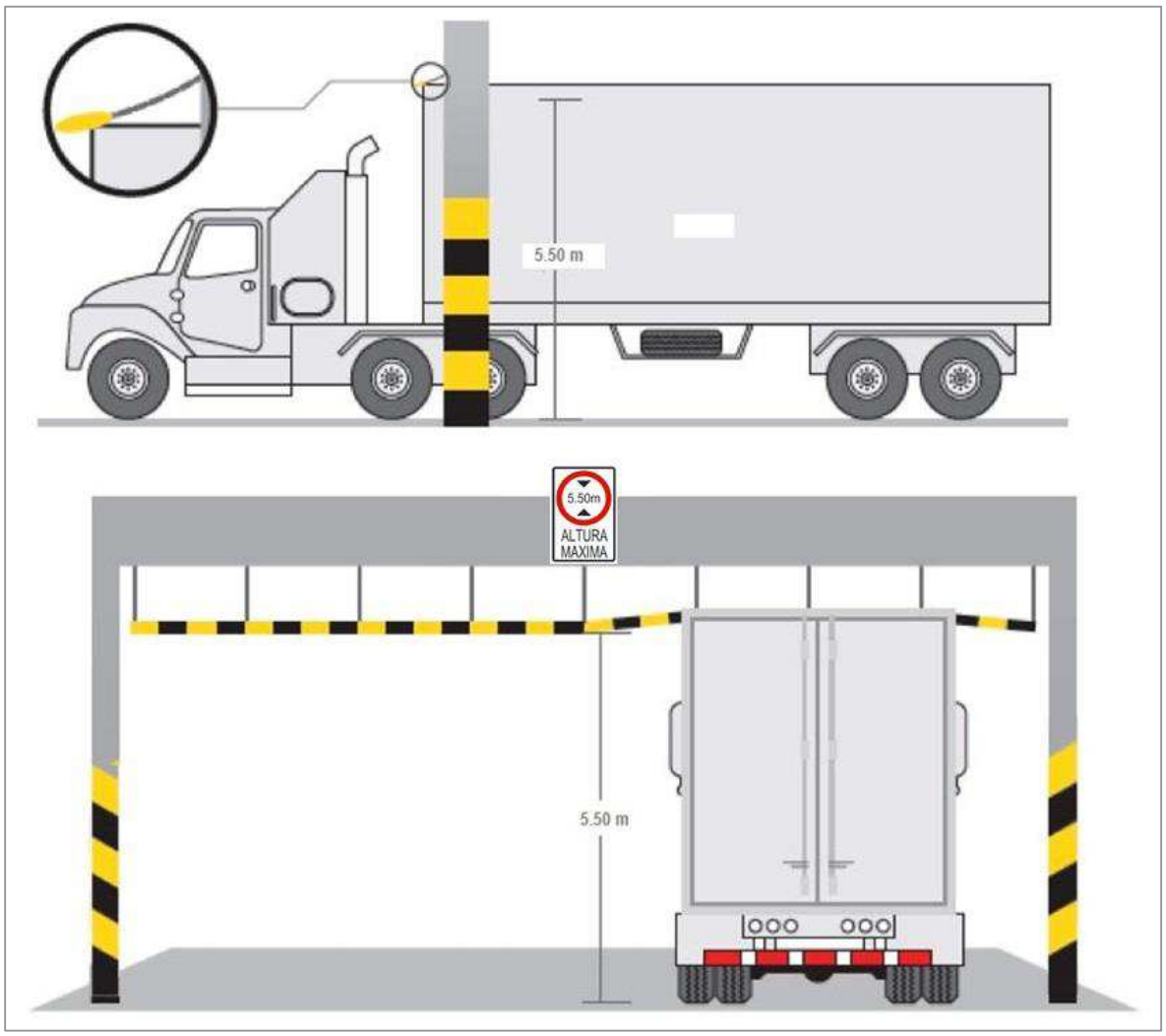
- Zona de salida del túnel.

A continuación se presentan ejemplos de dispositivos de control para las zonas de acceso y umbral al túnel:

En la **Figura 4.19**, se muestra un ejemplo de un pórtico que advierte al Conductor sobre la proximidad de un túnel y la altura máxima permitida (GALIBO), que debe estar ubicado en la zona de acceso previo al túnel y a una distancia mínima que permita al Conductor tomar las la salida más cercana u otra acción que corresponda para evitar accidentes y/o daños a la infraestructura.

Este dispositivo de control de la altura máxima permitida (GALIBO), también es aplicable a las zonas de acceso previo a los Puentes.

Figura 4.19 Ejemplo de un pórtico que advierte al Conductor sobre la proximidad de un túnel y la altura máxima permitida (GALIBO)

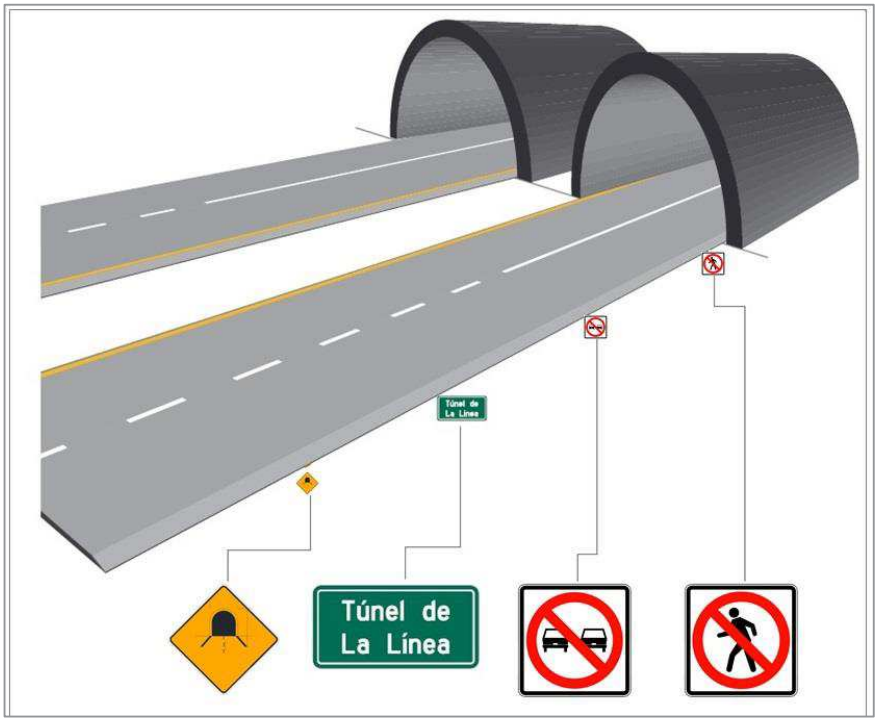


En la **Figura 4.20**, se muestra un ejemplo de señalización vertical y horizontal en la zona previa de acceso a un túnel bidireccional.

Figura 4.20 Ejemplo de señalización vertical y horizontal en la zona previa de acceso a un túnel bidireccional

En la **Figura 4.21**, se muestra un ejemplo de señalización vertical y horizontal en la zona previa de acceso a un doble túnel o gemelos.

Figura 4.21 Ejemplo de señalización vertical y horizontal en la zona previa de acceso a un doble túnel o gemelos



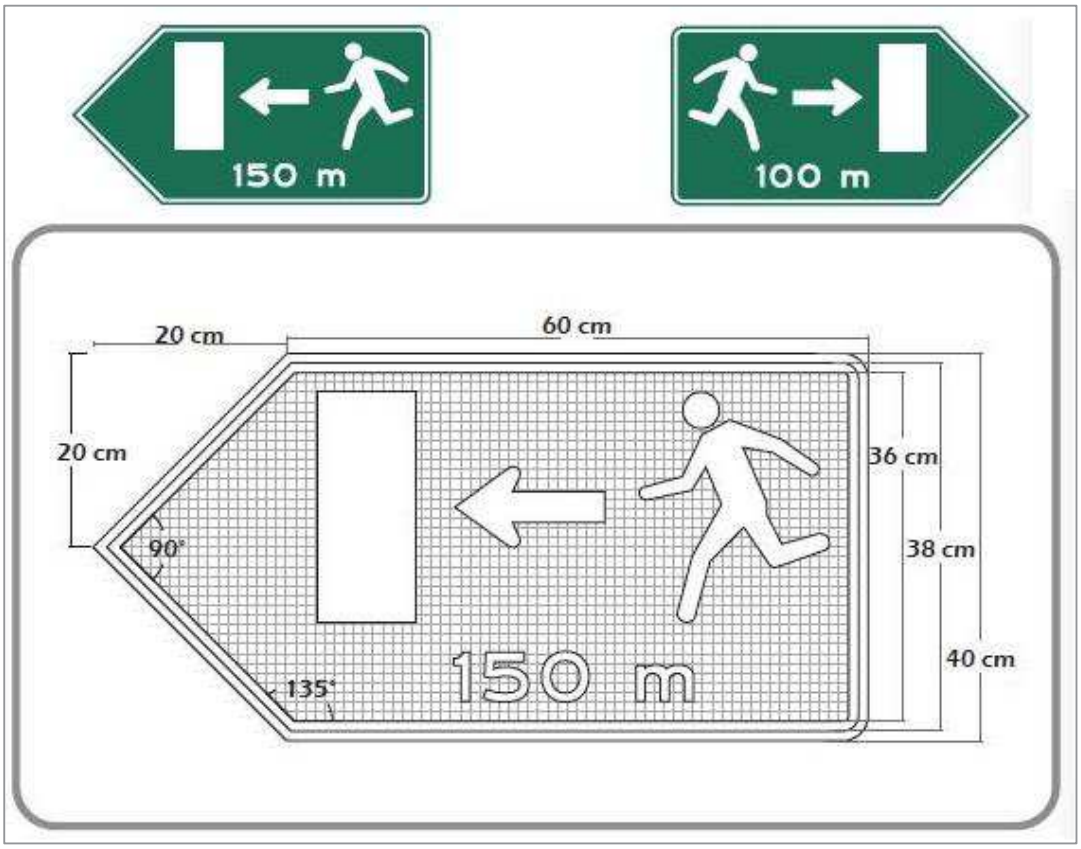
A continuación se presentan ejemplos de dispositivos de control para las zonas de transición e interior del túnel, en el cual adicionalmente debe colocarse elementos captafaros en los muros del túnel, espaciados de 8 m. a 12 m., y a una elevación uniforme entre 0.50 m. y 0.90 m. sobre la superficie de rodadura.

En la **Figura 4.22**, se muestran ejemplos de señales de salida de emergencia para personas.

Figura 4.22 Ejemplo de señales de salida de emergencia para personas

En la **Figura 4.23**, se muestran ejemplos de señales de rutas de escape o salida de emergencia para personas, y dimensiones.

Figura 4.23 Ejemplo de señales de rutas de escape o salida de emergencia para personas, y dimensiones



En la **Figura 4.24**, se muestran ejemplos de señales de estaciones de seguridad y auxilio (SOS).

Figura 4.24 Ejemplo de señales de estaciones de seguridad y auxilio (SOS)

En lo que respecta a la zona de salida del túnel, deben implementarse en cada caso los dispositivos de control necesarios para finalizar las restricciones impuestas al ingreso del túnel y que el tránsito fluya con normalidad de acuerdo a las características geométricas de la vía.

CAPÍTULO 5

DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO EN ZONAS DE TRABAJO

5.1 GENERALIDADES

El presente capítulo comprende los dispositivos de control del tránsito en zonas de trabajo, que abarca la construcción, rehabilitación, mejoramiento, mantenimiento y operación vial.

Dichos dispositivos de control deben ser diseñados e implementados en forma integral según las particularidades de cada zona de trabajo y el Plan de Mantenimiento de Tránsito y Seguridad Vial o el que corresponda contractualmente, a fin de velar por la seguridad vial de los usuarios y mitigar las afectaciones al tránsito vehicular, y de las actividades relacionadas con los servicios públicos de la vía y de las zonas adyacentes a la misma.

De acuerdo a lo establecido en el presente Manual y demás normatividad aplicable, los dispositivos de control del tránsito estarán conformados básicamente por señalización vertical, demarcaciones en el pavimento tanto planas como elevadas, señalización informativa, dispositivos de control de características particulares aplicables a zonas de trabajo que establece el presente Manual, y otros.

5.2 ZONA DE TRABAJO

Es aquella compuesta por el tramo de la vía materia de intervención y las zonas adyacentes y de influencia de la misma, siendo básicamente las siguientes:

Zona de Prevención: Es aquella donde debe implementarse pre señalización para advertir a los usuarios la situación que la zona en trabajo presenta más adelante y al Conductor para que tome las acciones del caso y modifique su patrón de conducción (velocidad, atención, maniobras, etc.) antes de entrar a la zona de trabajo.

Zona de Transición: Es aquella donde el Conductor debe abandonar el o los carriles ocupados donde se desarrollan los trabajos e ingresar a los desvíos, canalizaciones o angostamientos, los cuales deben ser provistos de los dispositivos de control del tránsito, para que dicha transición se realice adecuadamente.

Zona de trabajo: Es aquella zona cerrada al tránsito donde se realizan las actividades requeridas por las obras, en su interior operan los trabajadores, equipos y se almacenan los materiales.

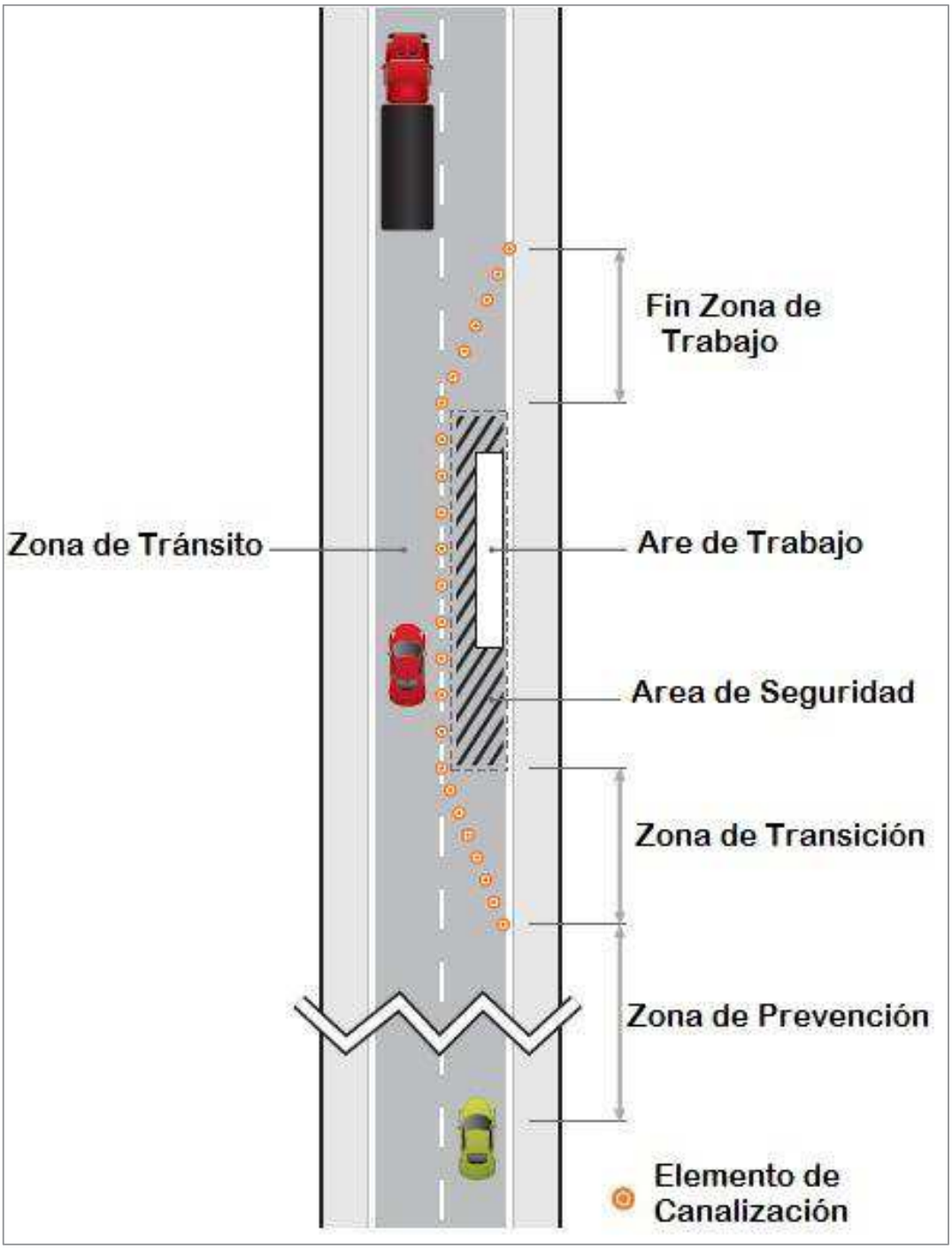
Zona de tránsito: Es aquella por donde se desarrolla el tránsito vehicular y peatonal, la cual puede estar conformada por parte de la vía intervenida y/o los desvíos habilitados.

Zona de Seguridad: Es aquella que separa la zona de trabajos de los flujos vehiculares y/o peatonales, siendo su objetivo incrementar la seguridad vial, no debiendo colocarse en dicha zona de seguridad, materiales, vehículos, excavaciones, señales u otros elementos.

Fin de zona de trabajo: Es aquella zona de transición para que el tránsito retome las condiciones de circulación que presentaba la vía antes del inicio de la zona de trabajo.

En la **Figura 5.1**, se muestra un ejemplo de una zona de trabajo

Figura 5.1 Ejemplo de una zona de trabajo



5.3 DISPOSICIONES PARTICULARES SOBRE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL EN ZONAS DE TRABAJO

Es importante que los dispositivos de control en las zonas de trabajo sean claros y concisos, a fin de transmitir mensajes inequívocos al usuario.

Las señales de reglamentación, prevención e informativas utilizados en zonas de trabajo, tendrán como fondo el color naranja y las letras y bordes de color negro. Los elementos de canalización serán de color naranja con los correspondientes materiales retrorreflectivos.

Los materiales retrorreflectivos de los dispositivos de control del tránsito en zonas de trabajo, serán de tipo IV de retrorreflectancia como mínimo los cuales deben mantenerse limpios a fin de asegurar dicho nivel de retrorreflectancia.

Debe ser retirada de la zona de trabajo, la señalización permanente cuya presencia pueda inducir a error debido a las nuevas condiciones de operación impuestas por el esquema de tránsito adoptado.

Del mismo modo, deben ser retirados los dispositivos de control utilizados durante la realización de los trabajos y que ya no sean aplicables a las condiciones del tránsito adoptado.

A la finalización de las obras, debe retirarse integralmente todos los dispositivos de control del tránsito temporal que fueron utilizados durante la ejecución de los trabajos.

5.4 PLAN DE MANTENIMIENTO DE TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL (PMTSV)

Toda zona de trabajo debe contar con un Plan de Mantenimiento de Tránsito y Seguridad Vial, el cual debe ser aprobado por la entidad u órgano competente, y tiene por finalidad mitigar el impacto generado al tránsito vehicular durante el periodo de ejecución de trabajos, tanto a la vía intervenida como a sus zonas colindantes y áreas de influencia.

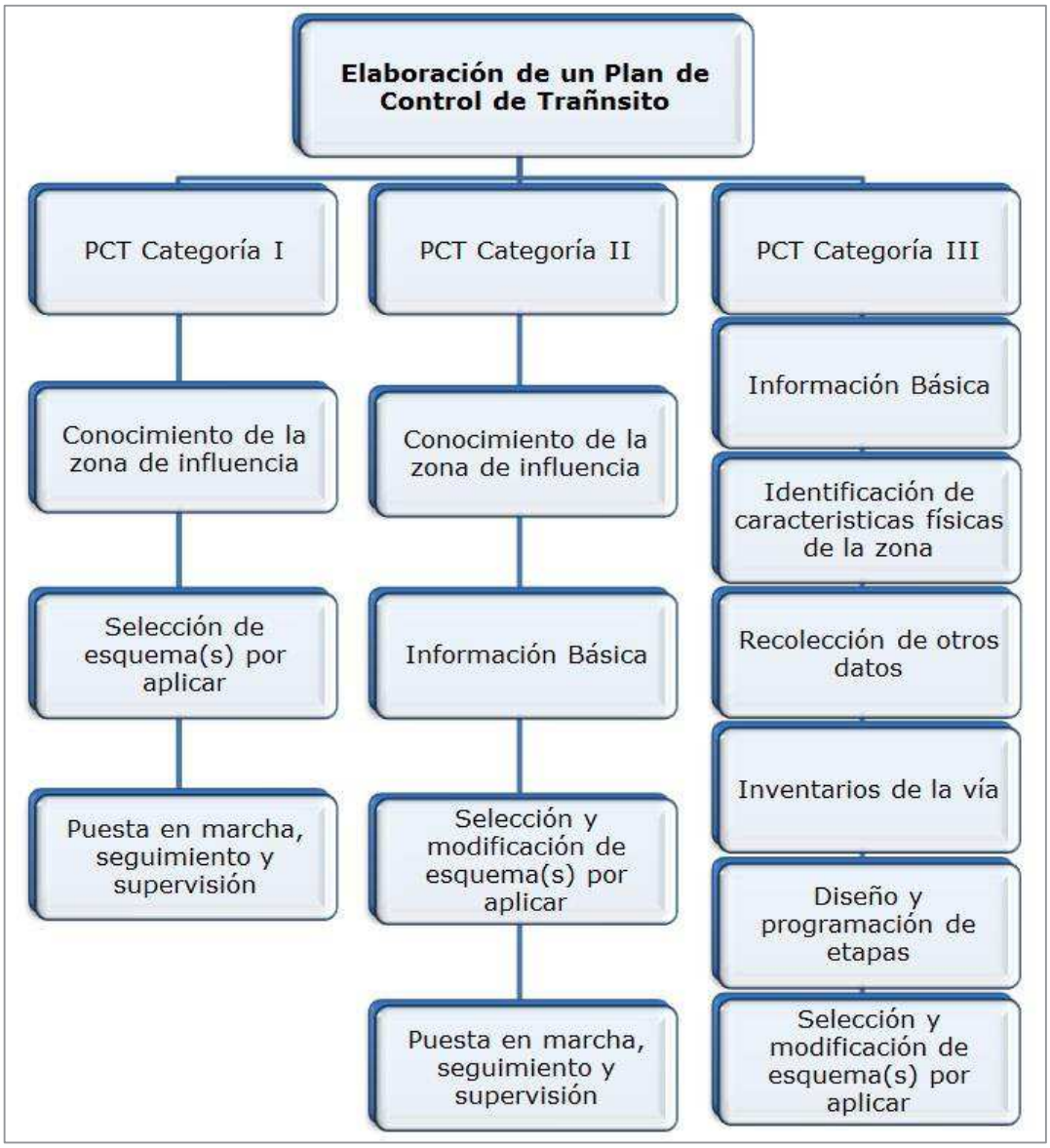
El Contratista de la ejecución de las obras, es el responsable directo del cumplimiento del indicado Plan, en tanto que los inspectores o supervisores de las obras, son los responsables del control de su cumplimiento.

Los principales objetivos del PMTSV son los siguientes:

- Procurar que el tránsito vehicular en las zonas de trabajo, fluya resguardando la seguridad e integridad de los usuarios de la vía materia de intervención.
- Mitigar las restricciones del tránsito vehicular y peatonal, a las propiedades y actividades de las zonas colindantes y área de influencia.
- La señalización y demás dispositivos de control deben contener mensajes claros y de fácil interpretación.
- Implementar, administrar y mantener adecuadamente las vías alternas y/o desvíos.
- Evaluar permanentemente la implementación del PMTSV y efectuar los ajustes y correctivos del caso, para asegurar su adecuada ejecución, temiendo como principal objetivo la Seguridad Vial.

La magnitud del PMTSV a implementarse, está en función al tamaño, complejidad o particularidad de cada obra o trabajo por realizar. En tal sentido a manera de ejemplo, la **Figura 5.2**, muestra 3 categorías de elaboración de PMTSV.

Figura 5.2 Ejemplo de 3 categorías de elaboración de PMTSV



5.5 SEÑALES PARTICULARES PARA LAS ZONAS DE TRABAJO

5.5.1 Señales de prevención

- (PC -01) ZONA DE TRABAJO
- (PC -02) MAQUINARÍA EN LA VÍA
- (PC -03) BANDERILLERO

PC-01	PC -02	PC -03

ZONA DE TRABAJO (PC -01)	
	Esta señal tiene por función advertir al Conductor sobre la proximidad del inicio de una zona de trabajo en la vía por la que circula. Dicha señal debe ser complementada con una placa adicional que indique la distancia al inicio de la zona de trabajo. La señal debe ser colocada por lo menos 500 m antes del inicio de una zona de trabajo y reiterada uniformemente por lo menos cada 100 m. de ser necesario debe ser reforzada ubicándola también al costado izquierdo de la vía.

MAQUINARIA EN LA VÍA (PC -02)	
	Esta señal tiene por función advertir al Conductor sobre la presencia de maquinaria en la zona de trabajo, la que puede encontrarse en la vía por la que circula o entrando o saliendo de la zona de trabajo.

BANDERILLERO (PC -03)	
	Esta señal tiene por función advertir al Conductor sobre la presencia de personal autorizado para controlar el tránsito en la zona de trabajo "banderillero" y cuyas indicaciones deben ser cumplidas por los usuarios de la vía. El "banderillero" tiene por función para controlar, coordinar, orientar y dirigir el tránsito en la zona de trabajo, mediante señales manuales y/o equipos de comunicación.

5.5.2 Señales informativas

De acuerdo a las características y particularidades de cada zona de trabajo, deben colocarse todas las señales informativas evaluadas en el PMTSV, cumpliendo con las características, dimensiones y demás especificaciones establecidas en el presente Manual; con excepción de que el color de fondo será anaranjado.

Asimismo se colocarán señales informativas particulares para las zonas de trabajo, por ejemplo las siguientes:

- (IC-01) INICIO DE ZONA DE TRABAJO
- (IC-02) FIN DE ZONA DE TRABAJO
- (IC-03) DESVIÓ A XXX M
- (IC-04) DESVIÓ
- (IC-05) FIN DESVIÓ

IC -01	IC -02	IC -03	IC -04	IC -05

INICIO DE ZONA DE TRABAJO (IC -01)	
	Esta señal tiene por finalidad informar a los usuarios de la vía el lugar donde se inicia la zona de trabajo.

FIN DE ZONA DE TRABAJO (IC -02)	
	Esta señal tiene por finalidad informar a los usuarios de la vía el lugar donde finaliza o termina la zona de trabajo.

DESVIÓ A XXX M (IC -03)	
	Esta señal tiene por finalidad informar al Conductor la distancia a la que se encuentra el inicio de un desvío de la vía por la que circula.

DESVIÓ (IC -04)	
	Esta señal tiene por finalidad informar al Conductor, la dirección del lugar o punto donde se inicia un desvío de la vía por la que circula.

FIN DESVIÓ (IC -05)	
	Esta señal tiene por finalidad informar al Conductor el lugar donde finaliza o termina el desvío de la vía por el que circula.

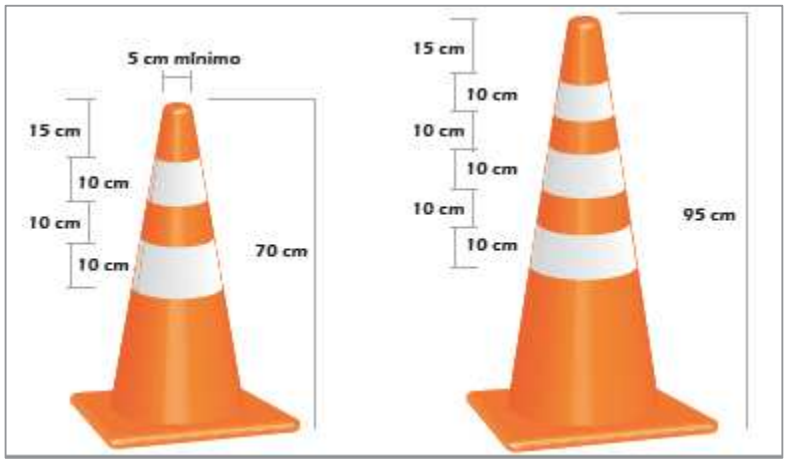
5.6 MARCAS ELEVADAS PARTICULARES PARA LAS ZONAS DE TRABAJO

5.6.1 Delineadores o Canalizadores

Tienen por finalidad delinear o canalizar carriles o vías temporales de circulación, tales como: conos, delineadores simples o compuestos y otros, son de color anaranjado y deben contar con bandas de material retrorreflectante, y durante la noche deben ser reforzados con dispositivos luminosos ubicados en su parte superior para incrementar su visibilidad.

En la **Figura 5.3** se muestra un ejemplo de conos con dimensiones.

Figura 5.3 Ejemplo de conos con dimensiones



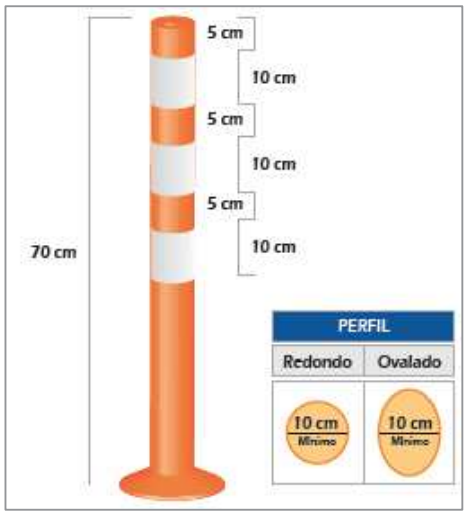
En la **Tabla 5.1**. Se muestra la altura mínima que deben tener los conos en función a la máxima velocidad del tránsito vehicular en la zona de trabajo.

Tabla 5.1 Altura mínima de conos

Velocidad máxima en zonas de trabajo (Km/h)	Altura mínima de conos (cm)
Menor o igual a 50	70
60	70
70	90
80	90
Mayor a 80	90

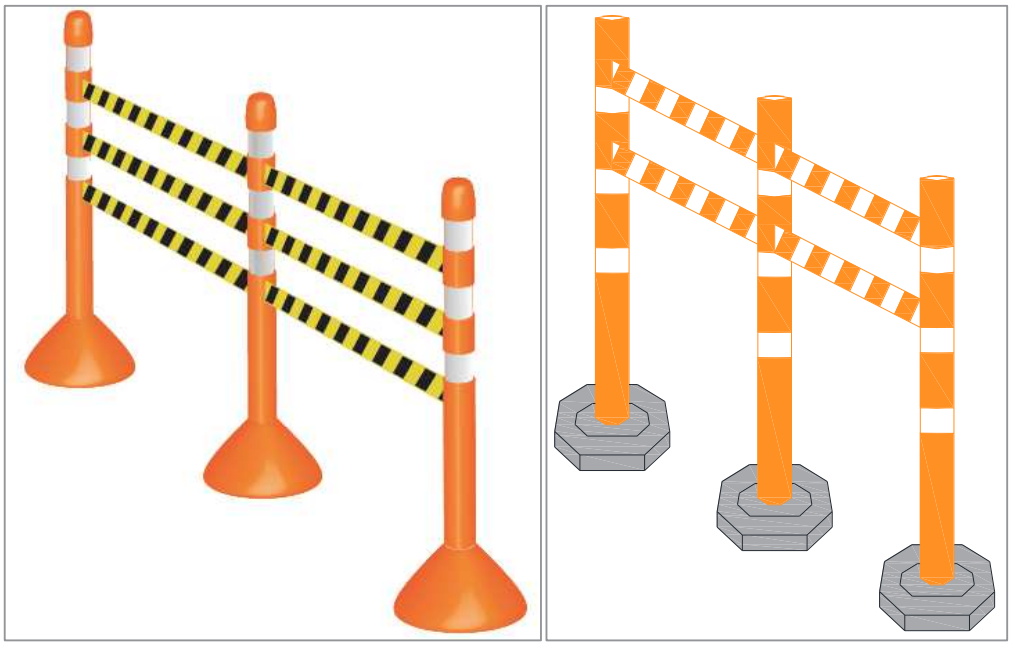
En la **Figura 5.4** se muestra un ejemplo de un delineador simple con dimensiones.

Figura 5.4 Ejemplo de un delineador simple con dimensiones.



En la **Figura 5.5** se muestra ejemplos de delineadores compuestos.

Figura 5.5 Ejemplos de delineadores compuestos.

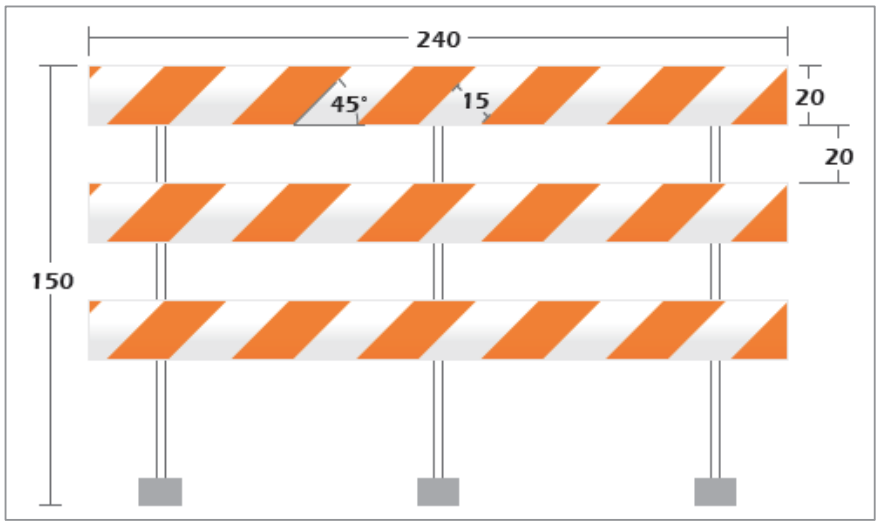


5.6.2 Tranqueras o Barreras o Tambores

Tienen por finalidad cercar, limitar o cerrar zonas de trabajo, son de color anaranjado y deben contar con bandas de material retrorreflectante, y durante la noche deben ser reforzados con dispositivos luminosos ubicados en su parte superior para incrementar su visibilidad.

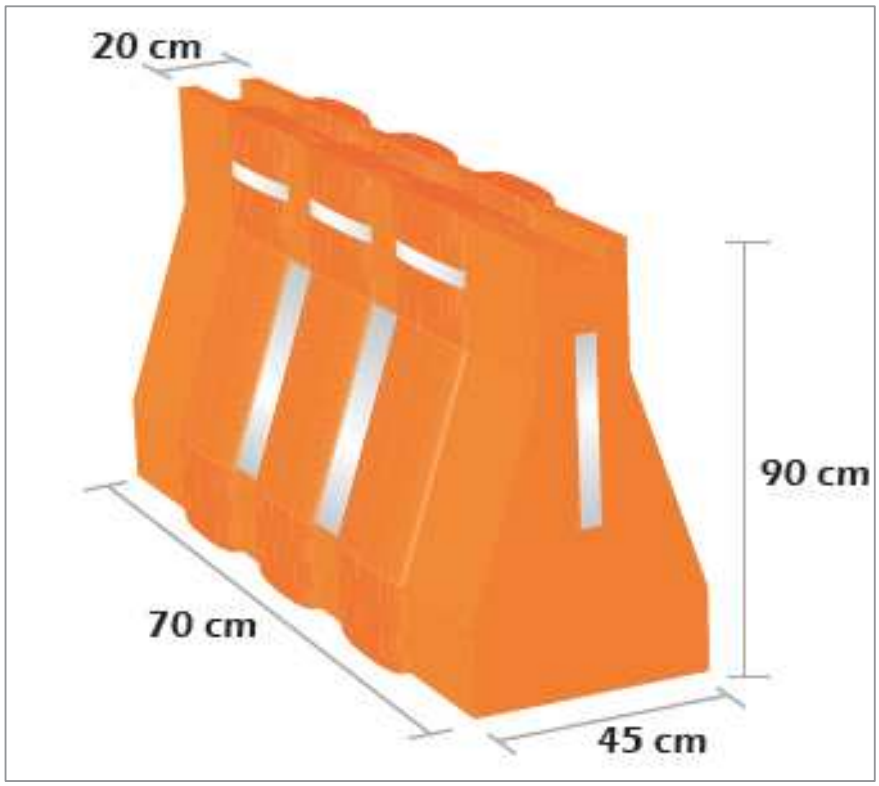
En la **Figura 5.6** se muestra un ejemplo y dimensiones de una barrera o tranquera con dimensiones en (cm).

Figura 5.6 Ejemplo de una barrera o tranquera con dimensiones en (cm).



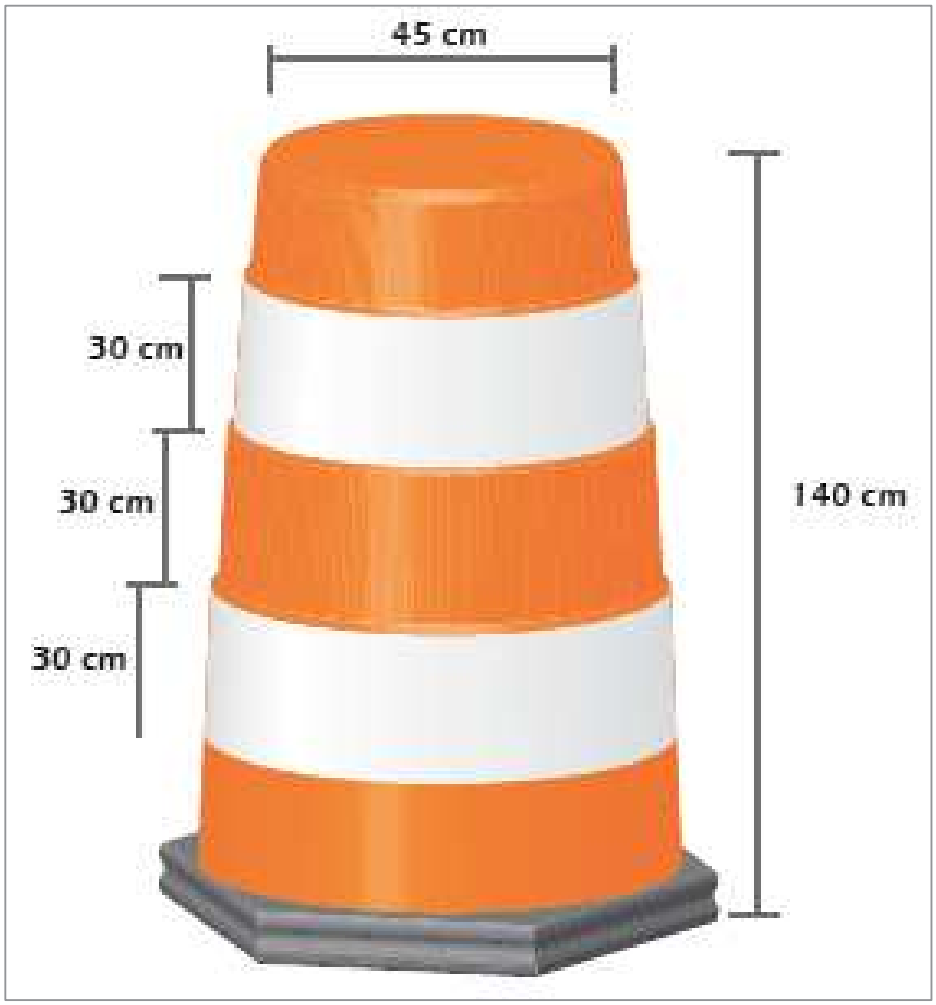
En la **Figura 5.7** se muestra un ejemplo y dimensiones de una barrera o tranquera tipo maletín o con características de un sistema de contención con dimensiones.

Figura 5.7 Ejemplo de una barrera o tranquera tipo maletín o con características de un sistema de contención con dimensiones.



En la **Figura 5.8** se muestra un ejemplo de una barrera tipo tambor con dimensiones.

Figura 5.8 Ejemplo de una barrera tipo tambor con dimensiones.

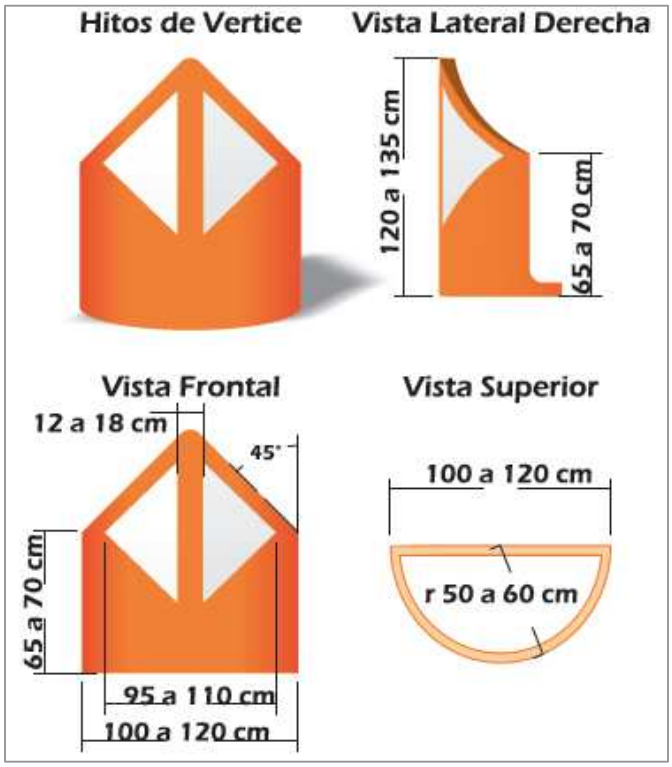


En la **Figura 5.9** se muestra un ejemplo de barreras reforzadas con dispositivos luminosos.

Figura 5.9 Ejemplo de barreras reforzadas con dispositivos luminosos.

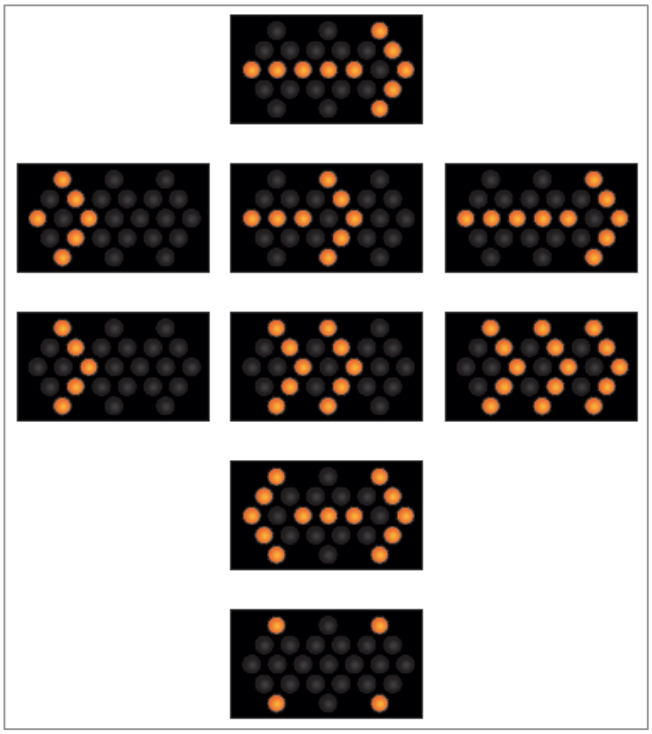
En la **Figura 5.10** se muestra un ejemplo de hitos de vértice con dimensiones.

Figura 5.10 Ejemplo de hitos de vértice con dimensiones



En la **Figura 5.11** se muestra un ejemplo de paneles luminosos tipo flecha, simples y compuestas con indicación de dirección

Figura 5.11 Ejemplo de paneles luminosos tipo flecha, simples y compuestas con indicación de dirección



En la **Figura 5.12** se muestra un ejemplo de señal informativa de panel luminoso para mensajes variables.

Figura 5.12 Ejemplo de señal informativa de panel luminoso para mensajes variables

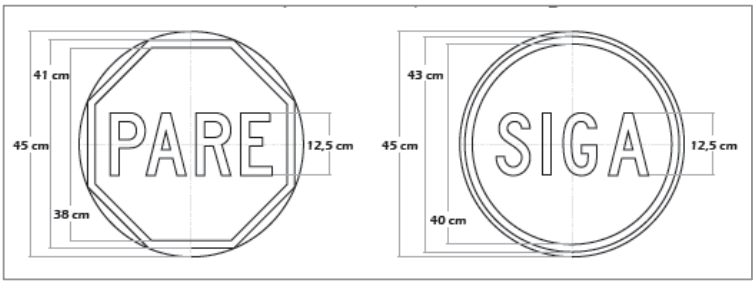
5.6.3 Otros dispositivos complementarios

Tienen por finalidad complementar las labores del personal autorizado para coordinar, controlar, orientar y dirigir el tránsito en la zona de trabajo "banderillero", y está conformado por señales manuales y/o equipos de comunicación.

En la **Figura 5.13** se muestra un ejemplo de "Banderillero" con señales portátiles reglamentarias "PARE" y "SIGA".

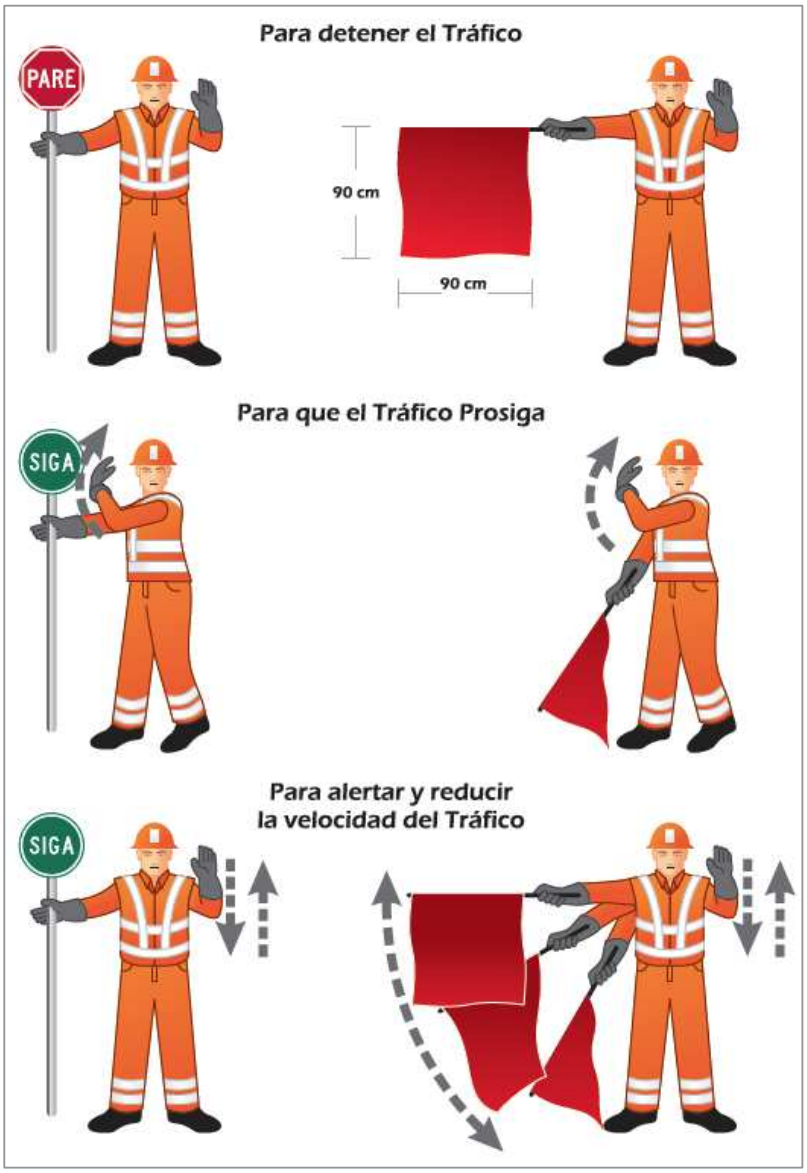
Figura 5.13 Ejemplo de "Banderillero" con señales portátiles reglamentarias "PARE" y "SIGA"

(Continua) Figura 5.13 Ejemplo de "Banderillero" con señales portátiles reglamentarias "PARE" y "SIGA"



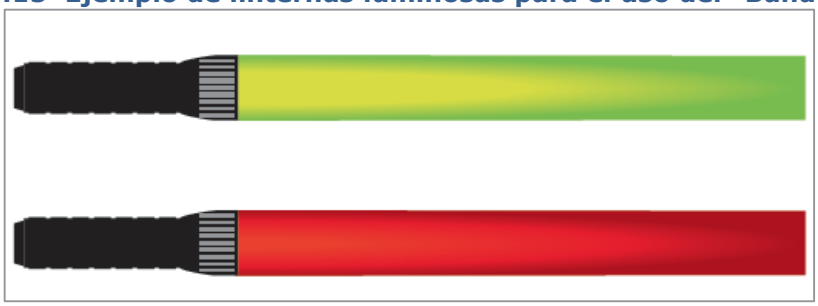
En la **Figura 5.14** se muestra un ejemplo de "Banderilleros" con señales portátiles reglamentarias "PARE" y "SIGA", y bandera para diferentes etapas de operación vehicular en la zona de trabajo.

Figura 5.14 Ejemplo de "Banderilleros" con señales portátiles reglamentarias "PARE" y "SIGA", y bandera para diferentes etapas de operación vehicular en la zona de trabajo



En la **Figura 5.15** se muestra un ejemplo de linternas luminosas para el uso del "Banderillero"

Figura 5.15 Ejemplo de linternas luminosas para el uso del "Banderillero"



CAPÍTULO 6
SEMÁFOROS

6.1 GENERALIDADES

Son dispositivos de control del tránsito que tienen por finalidad regular y controlar el tránsito vehicular motorizado y no motorizado, y peatonal, a través de las indicaciones de luces de color rojo, verde y amarillo o ámbar.

El color rojo prohíbe el tránsito en una corriente vehicular o peatonal por un tiempo determinado.

El color verde permite el tránsito en una corriente vehicular o peatonal por un tiempo determinado.

El color amarillo o ámbar dispone al Conductor ceder el paso y detener el vehículo, y no ingresar al cruce o intersección vial.

La regulación y control de la operación de los semáforos se realizan a través de unidades de control de diferentes tipos.

Para el caso de un sistema coordinado de semáforos, deberán contar con unidades de control adyacentes o sucesivas interconectadas, que controlan sus funciones básicas a través de una Estación Central o Control Maestro.

6.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN SEMÁFORO

Un semáforo consta de dos partes (soporte y cabeza), cuyo desarrollo es el siguiente:

6.2.1 Soporte

Es la estructura que sujeta la cabeza del semáforo de forma que le permita algunos ajustes angulares, verticales y horizontales.

Por su ubicación en la intersección, al lado o dentro de la vía el soporte está compuesto por postes, ménsulas cortas, ménsulas largas sujetas a postes laterales, pórticos, cables de suspensión y postes y pedestales en islas.

En las **Figuras 6.1 y 6.2**, se muestran ejemplos de soportes de semáforo tipos poste y ménsula.

Figura 6.1 Ejemplo de soporte de semáforo tipo poste

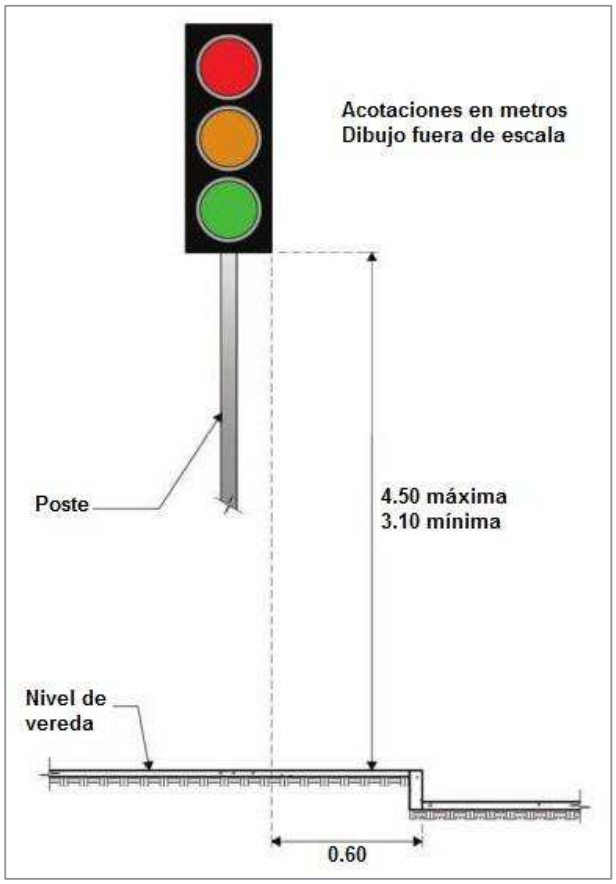
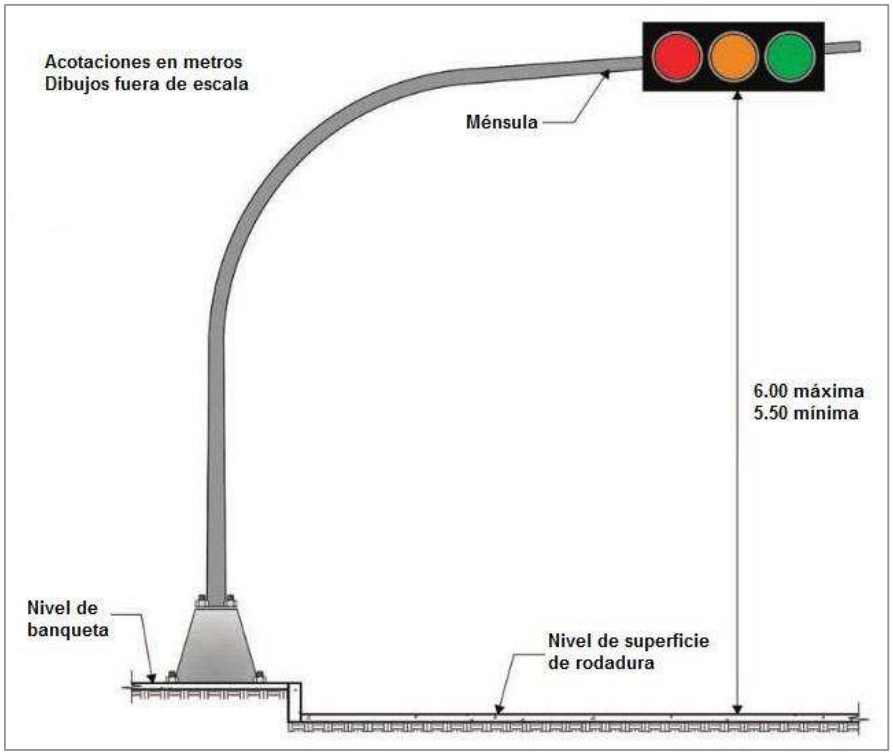


Figura 6.2 Ejemplo de soporte de semáforo tipo ménsula

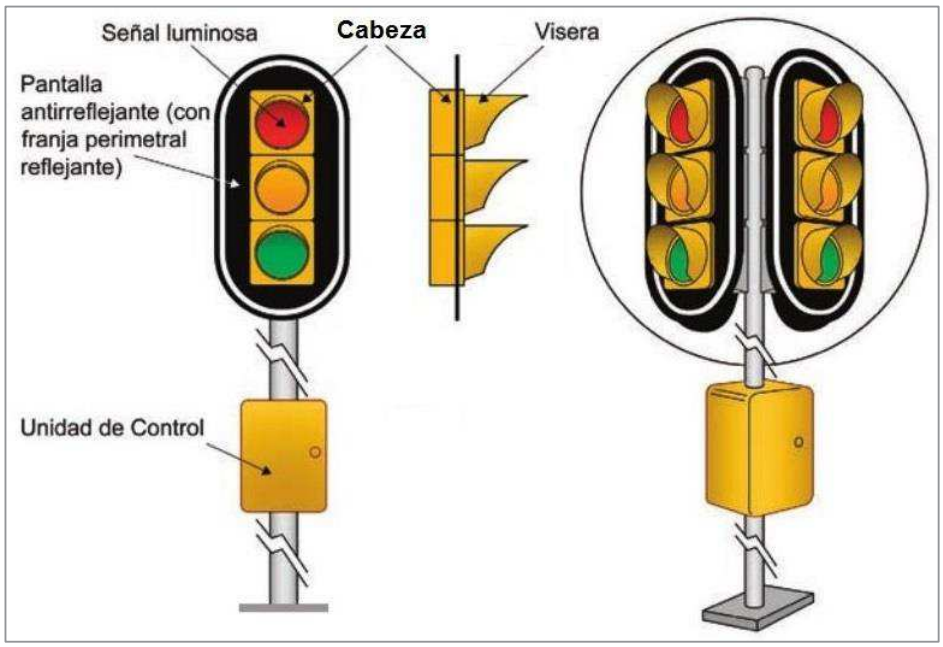


6.2.2 Cabeza

Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones.

En la **Figuras 6.3**, se muestra ejemplos de configuración de cabeza de semáforos.

Figura 6.3 Ejemplo de configuración de cabeza de semáforos



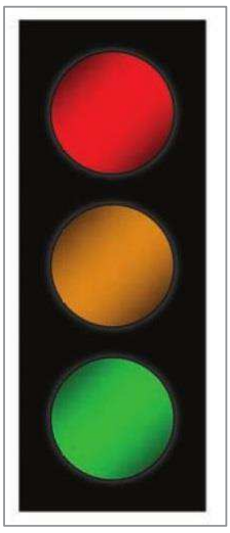
A continuación se describen los elementos principales de la cabeza del semáforo:

6.2.2.1 Cara

La cara es el conjunto de módulos luminosos, viseras y placas de contraste (opcional) que están orientados en la misma dirección. Para el control vehicular, las caras tienen de uno hasta un máximo cinco módulos luminosos, para regular los movimientos de circulación. Para el control peatonal, pueden tener dos módulos luminosos.

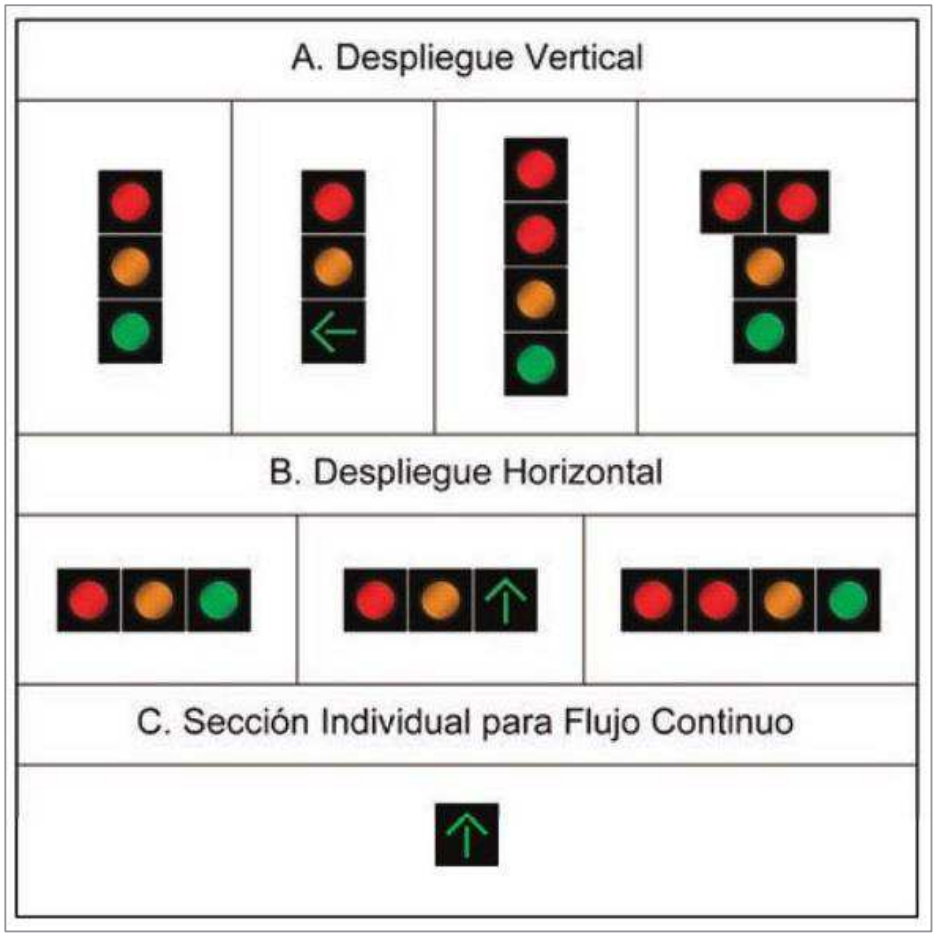
En la **Figuras 6.4**, se muestra un ejemplo de la cara de un semáforo.

Figura 6.4 Ejemplo de la cara de un semáforo



En la **Figuras 6.5**, se muestra ejemplos de configuración de caras de semáforos.

Figura 6.5 Ejemplo de configuración de caras de semáforos



6.2.2.1.1 Altura de la cara

La parte inferior de la cara del semáforo tendrá las siguientes alturas libres:

a) Para semáforos con soporte tipo poste.

- Altura mínima 3.10 m
- Altura máxima 4.50 m

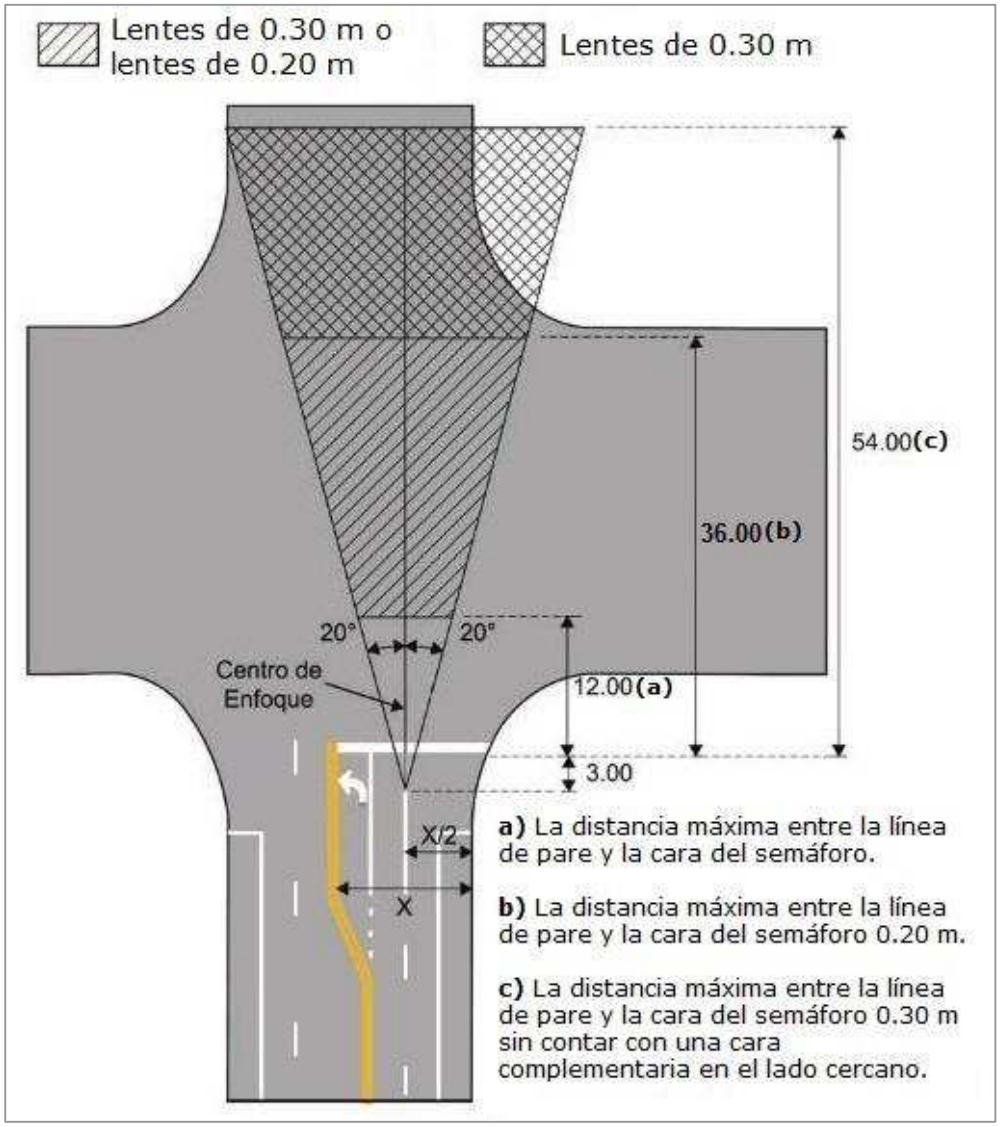
b) Para semáforos con soporte tipo ménsula.

- Altura mínima 5.50 m
- Altura máxima 6.00 m

6.2.2.1.2 Ubicación longitudinal

Las caras de los semáforos se ubicarán de tal manera que sean visibles a los conductores que se aproximan a la intersección. En la **Figura 6.6**, se muestra un ejemplo de cómo se ubican el o los semáforos cuando se instalan en el lado más lejano del acceso a la intersección.

Figura 6.6 Ejemplo de ubicación de las caras de un semáforo en el lado más lejano del acceso a la intersección



Para la ubicación de semáforos en cada acceso de una intersección se tendrá en consideración lo siguiente.

a) Cuando se instalen semáforos con soportes tipo poste, habrá como mínimo dos caras en el lado más lejano del acceso a la intersección.

b) Los semáforos con soporte tipo ménsula, se colocarán como mínimo dos por acceso, uno en el lado más lejano de la intersección y el otro en la prolongación de la Raya de alto M-6 de la **Figura 6.6** y diagonal a la posición del primero, debiendo contemplar las siguientes situaciones:

- Donde exista limitaciones de visibilidad.
- En intersecciones rurales aisladas.
- En las transiciones de una vía principal con otra secundaria.

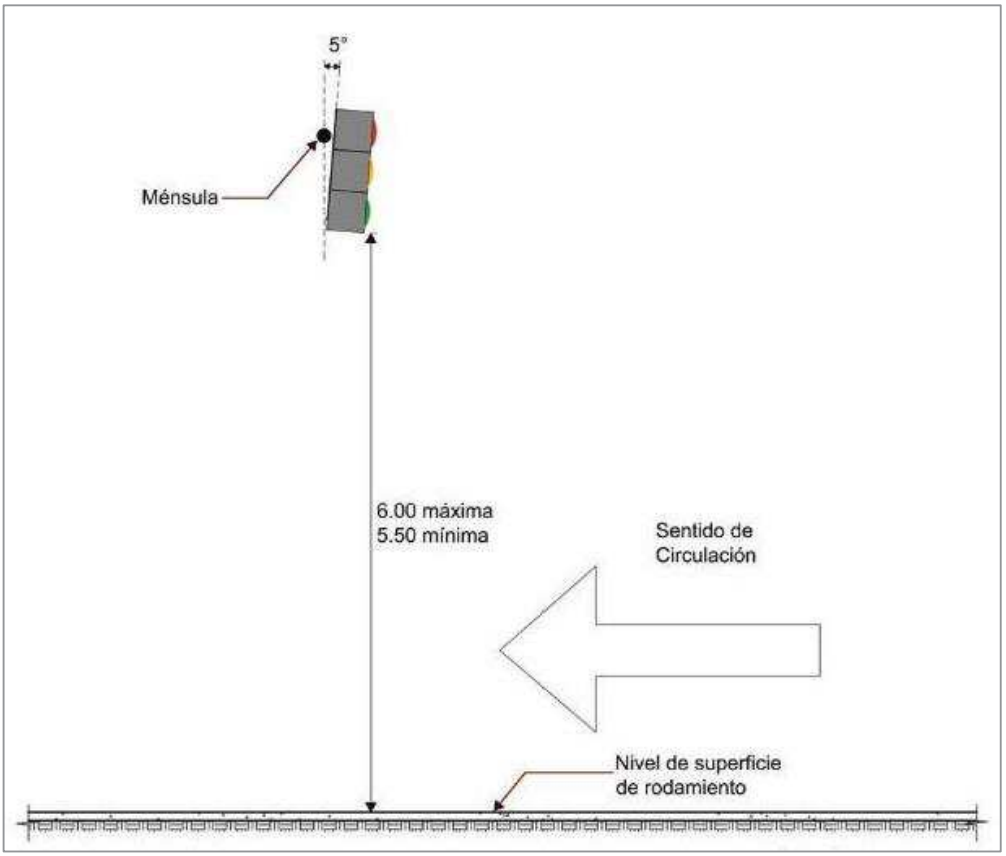
c) Cuando se instale un solo semáforo con soporte tipo ménsula, éste deberá complementarse con una cabeza, la cual irá adosada en la parte vertical de la ménsula.

La ubicación de las caras de los semáforos, se analizará en forma particular en cada caso, para definir la configuración, debiendo tenerse en consideración para tal fin criterios de ubicación, orientación y número de caras recomendables.

6.2.2.1.3 Ángulo de colocación

La cara del semáforo se colocará en posición vertical y a 90° con respecto al eje del acceso, como se muestra en la **Figura 6.7**.

Figura 6.7 Ejemplo de ángulo de colocación de un semáforo



En los soportes tipo ménsula, debe colocarse con una inclinación de 5° hacia abajo.

Los accesorios de fijación permitirán ajustes verticales y horizontales hasta cualquier ángulo razonable. Cada cara del semáforo se orientará en un ángulo tal que su señal luminosa o lente sea de máxima efectividad para el tránsito que se aproxime en la dirección para la cual está prevista.

En las intersecciones que no son en ángulo recto o son de accesos múltiples, deben instalarse semáforos en las posiciones y orientaciones necesarias que demande el tránsito vehicular. Dichos semáforos deben tener un funcionamiento coordinado y deben estar provistos de placas de contraste.

6.2.2.2 Módulo luminoso o carcasa

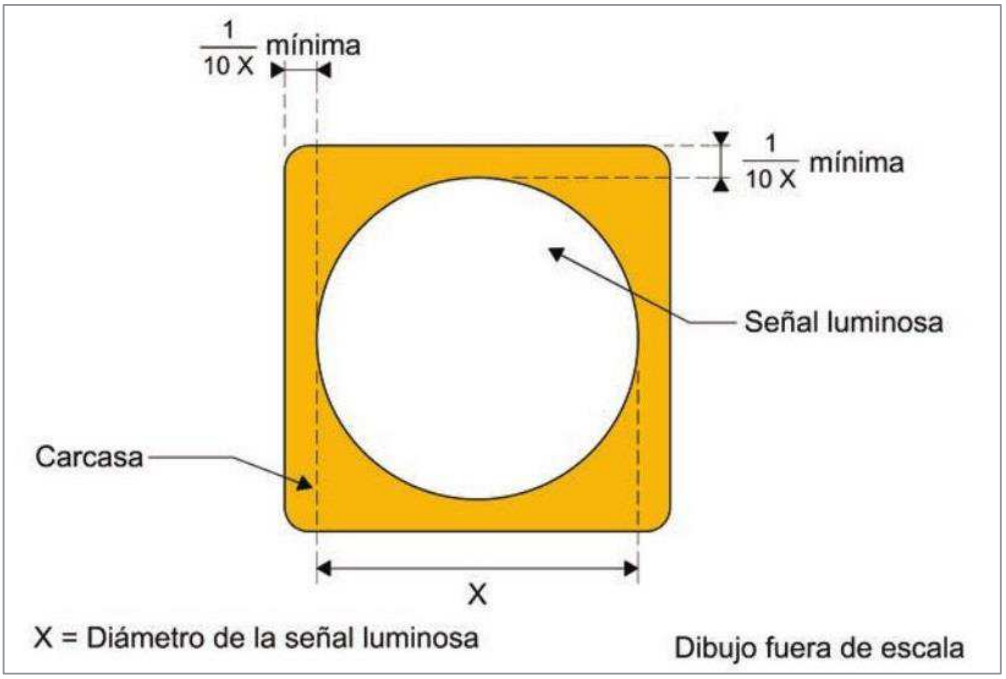
Es la parte de la cara que emite luces de diferente color, debiendo cada módulo luminoso ser iluminado independientemente, condición esencial para obtener uniformidad en la posición de estas, para darle satisfactoria brillantez y para proporcionar la flexibilidad necesaria en las

indicaciones requeridas. Los módulos luminosos son de los dos tipos siguientes que no deben ser mezclados en una llegada:

a) Módulo luminoso con bombilla incandescente o una luz halógeno, que está conformado por un Reflector, que es un elemento cóncavo de forma paraboloide y superficie tratada para reflejar la luz de la bombilla en dirección al lente, y por un Portalámparas, que viene a ser la parte metálica destinada a recibir el casquillo y asegurar la conexión de la bombilla con el circuito eléctrico.
b) Módulo luminoso con LED (Light-Emitting-Diodes), que es un diodo emisor de luz de los tres colores usados para los sistemas de semáforos, también se pueden usar LED blancos, con el uso de los mismos lentes de color utilizados delante de los módulos de bombilla.

En la **Figuras 6.8**, se muestra ejemplo de modulo luminoso de un semáforo.

Figura 6.8 Ejemplo de modulo luminoso de un semáforo



6.2.2.3 Señal luminosa o lente

Es el componente translucido del módulo luminoso, que por refracción dirige la luz proveniente de la bombilla y de su reflector en la dirección deseada.

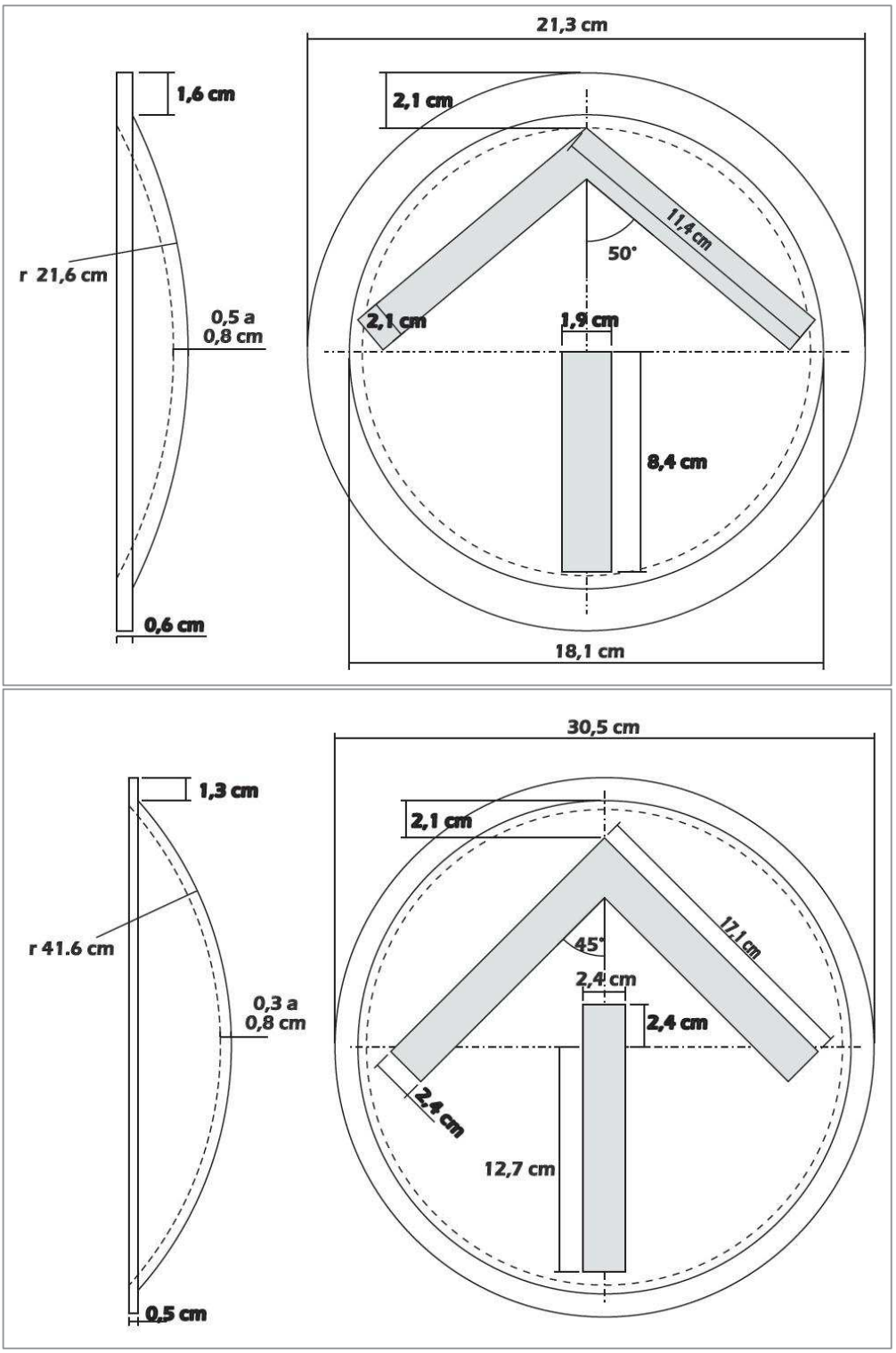
Todos los lentes o señales luminosas con LED de los semáforos para control vehicular, deben ser de forma circular.

El diámetro de los lentes es de 0.20 m. o 0.30 m., para instalaciones nuevas deben usarse lentes de 0.30 m para asegurar su mejor visibilidad.

Sus indicaciones deben distinguirse claramente desde una distancia mínima de 300 metros en condiciones atmosféricas normales; tratándose de flechas direccionales, estas deben distinguirse desde una distancia mínima de 60 metros.

En la **Figura 6.9** se muestran ejemplos de lentes de 0.20 y 0.30 m.

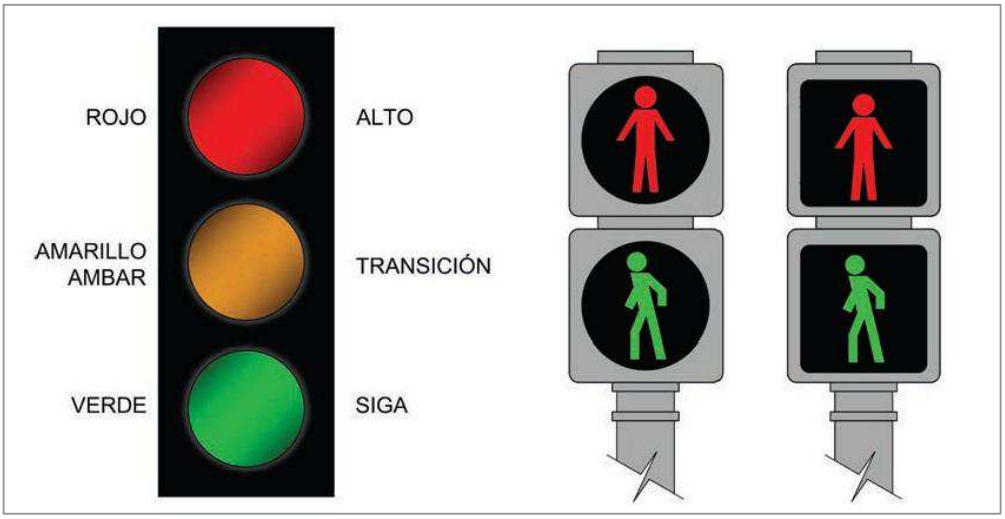
Figura 6.9 Ejemplo de lentes de 0.20 y 0.30 m



Las inscripciones que pueden tener las señales luminosas son únicamente flechas y pictogramas del peatón o de una bicicleta. En ningún caso deben tener inscripciones de palabras o letreros.

En la **Figura 6.10** se muestra un ejemplo de indicación de colores e inscripciones de flechas y pictogramas en señales luminosas o lentes.

Figura 6.10 Ejemplo de indicación de colores e inscripciones de flechas y pictogramas en señales luminosas o lentes

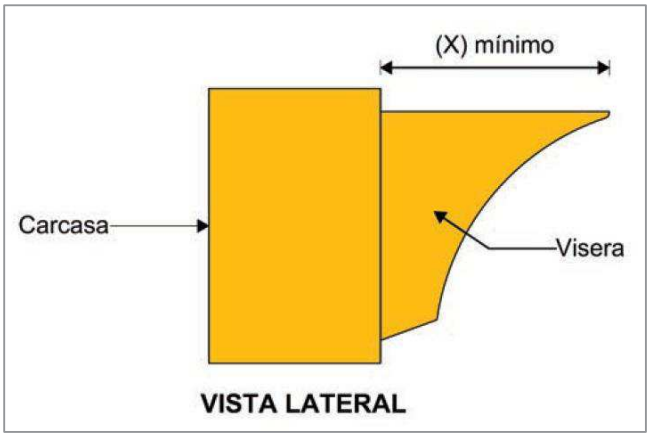


6.2.2.4 Visera

Es el componente que va encima o alrededor de cada uno de los módulos luminosos, y tiene por finalidad evitar que los rayos del sol incidan sobre estos y den la impresión de estar iluminados, y además evitar que la señal emitida sea vista desde lugares distintos a los que está enfocada.

En la **Figura 6.11** se muestra un ejemplo de visera de semáforo.

Figura 6.11 Ejemplo de visera de semáforo



6.2.2.5 Placa de contraste o pantalla antirreflejante

Es un componente opcional que tiene por finalidad incrementar la visibilidad de los módulos luminosos y evitar que otras fuentes lumínicas confundan al Conductor.

Su color de fondo debe ser oscuro sin brillo y no retrorreflectivo. El ancho de la placa de contraste debe ser como mínimo el doble del ancho de la cara y la dimensión de los sobreanchos deben ser simétricos.

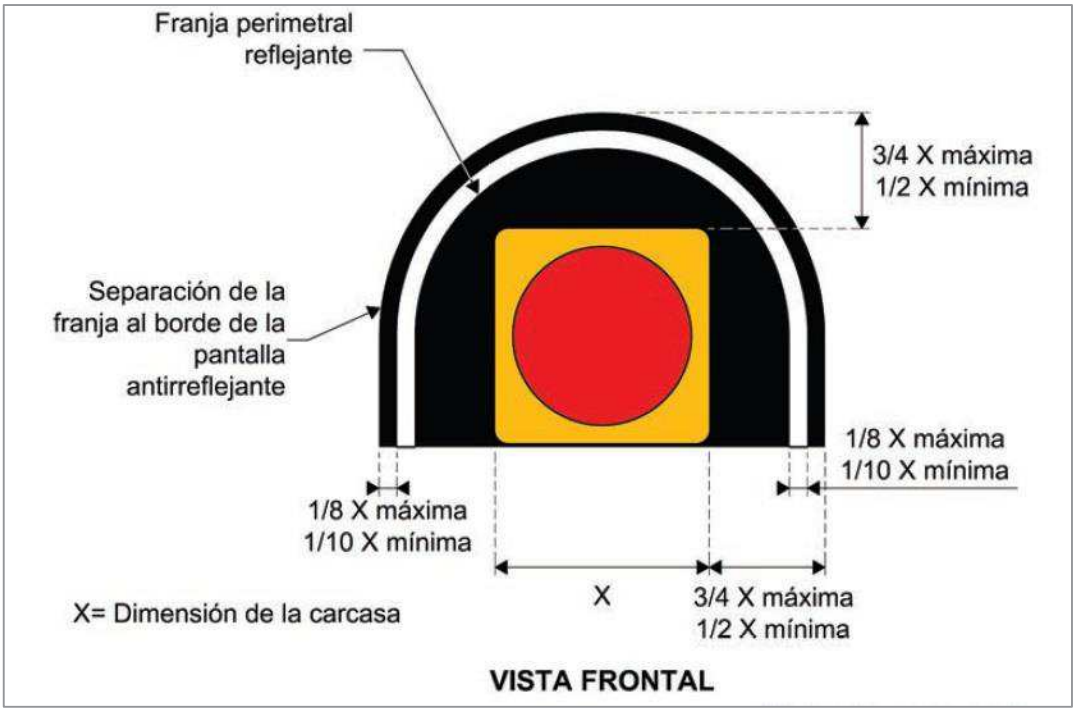
Las inscripciones que lleven los módulos luminosos deben ser únicamente flechas y pictogramas del peatón o de una bicicleta.

En la **Figura 6.12** se muestra un ejemplo de placa de contraste.

Figura 6.12 Ejemplo de placa de contraste

En la **Figura 6.13** se muestra un ejemplo de vista frontal y dimensiones de placa de contraste.

Figura 6.13 Ejemplo de vista frontal y dimensiones de placa de contraste



6.3 UNIDAD DE CONTROL

Es un mecanismo electrónico o electromecánico, que tiene por finalidad controlar los cambios de emisión de señales luminosas, a partir de una programación preestablecida, que se clasifica de la siguiente manera:

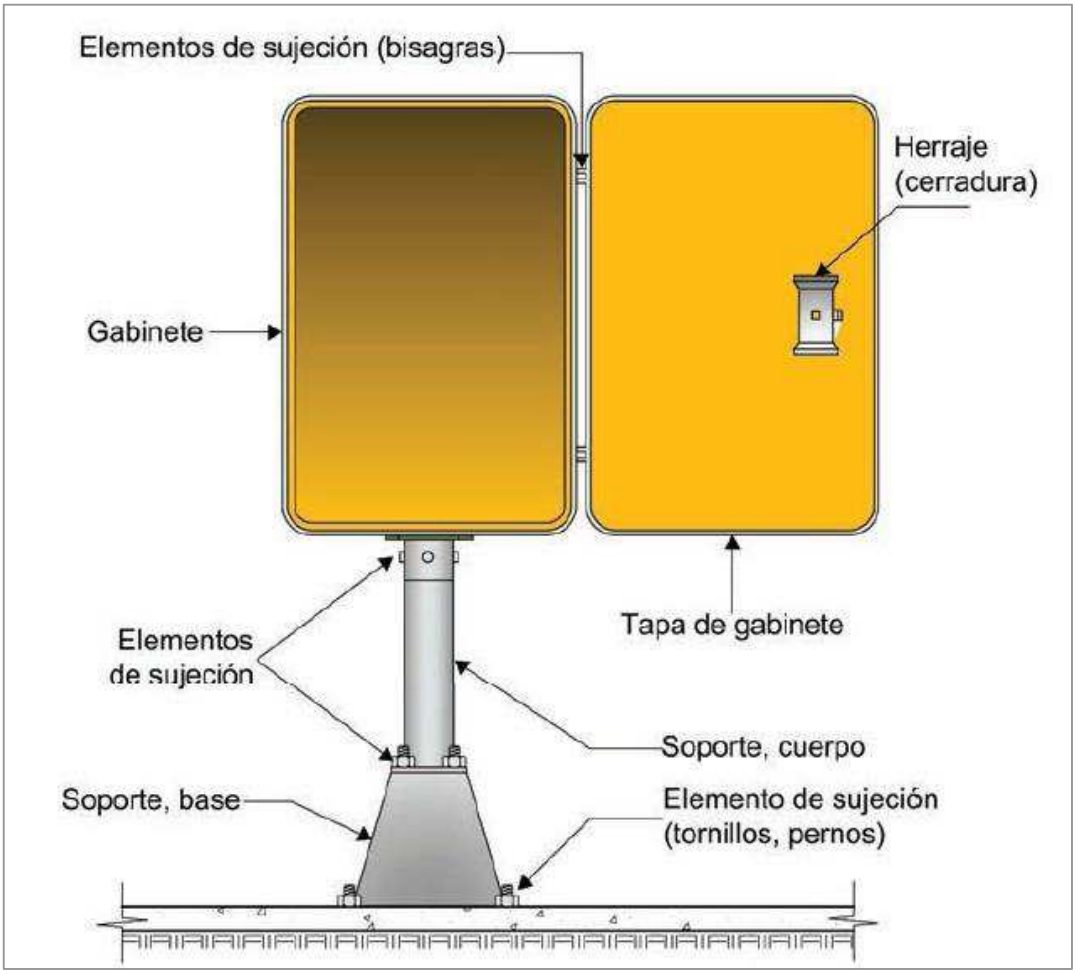
a) Tiempo fijo: Controlador por el cual ninguna fase del ciclo es activa por el tránsito.
b) Semi-accionado: Controlador por el cual algunas de las fases de la intersección se activan por el tránsito.
c) Totalmente accionado: Controlador por el cual todas las fases de la intersección se activan por el tránsito.

Adicionalmente, puede realizar las siguientes funciones:

a) Procesar la información generada por los detectores para ajustar los tiempos a las necesidades de la intersección.
b) Recibir y enviar información a una base de control o control maestro con el fin de optimizar el control del tráfico y su operación.
c) Conjugar la implementación de programas o planes predefinidos.
d) Proveer los elementos que garanticen la seguridad de los usuarios evitando señalizaciones conflictivas y reportar a la base de control el tipo de falla que puede presentar.

En la **Figura 6.14** se muestra un ejemplo de un tipo de unidad de control de semáforo.

Figura 6.14 Ejemplo de un tipo de unidad de control de semáforo



6.4 ESTACIÓN CENTRAL O CONTROL MAESTRO

Es el centro de maniobras que distribuye automáticamente las señales de control generadas sobre los circuitos de las unidades de control adyacentes o sucesivas interconectadas de un sistema coordinado de semáforos, y tiene por finalidad optimizar los movimientos del tránsito vehicular y contribuir a la solución de los problemas de congestionamiento.

En las grandes áreas urbanas es común que la distancia entre intersecciones sea corta, y cuando dichas intersecciones son controladas por semáforos, la influencia entre ellas es tan importante que la regulación del tránsito depende mucho más de la coordinación entre semáforos, que de las fases y tiempos de cada intersección en particular.

Los sistemas más utilizados en las en las Estaciones Centrales y Control Maestro son:

a. Sistema coordinado simultáneo: En el cual todos los semáforos al mismo tiempo, muestran la misma indicación a lo largo de una vía. En todas las intersecciones los tiempos son esencialmente los mismos y las indicaciones cambian simultáneamente, de manera que todos los semáforos indican luz verde en la vía principal y luz roja en las vías secundarias, cambiando alternadamente.

b. Sistema coordinado alternado: En el cual los semáforos adyacentes o grupos de semáforos adyacentes muestran indicaciones alternas a lo largo de una vía. Existe un sistema alterno simple y un sistema alterno doble y triple, en el primero el desfase es de medio ciclo, mientras que para el segundo el desfase es cero para los semáforos simultáneos, y medio ciclo para los demás.

c. Sistema coordinado progresivo: Puede ser limitado o flexible, en el primer caso se fija una duración común a los ciclos y a las indicaciones de la luz verde, que son independientes de acuerdo a las exigencias de cada intersección y de conformidad con un programa de tiempos para permitir la circulación continua o casi continúa de grupos de vehículos. El segundo caso abarca todas las características del primero y algunas adicionales que dependen del tipo de Control Maestro y otros dispositivos.

6.5 DETECTORES

Son dispositivos capaces de registrar variables del tránsito tales como, volumen, velocidad, presencia de vehículos, sentido de circulación, tipo de tránsito, intervalos o brechas, y otros.

Los detectores pueden estar empotrados en el pavimento o en su base, ser fijados a la superficie de un pavimento, también pueden colocarse en la calzada o a un costado de la vía.

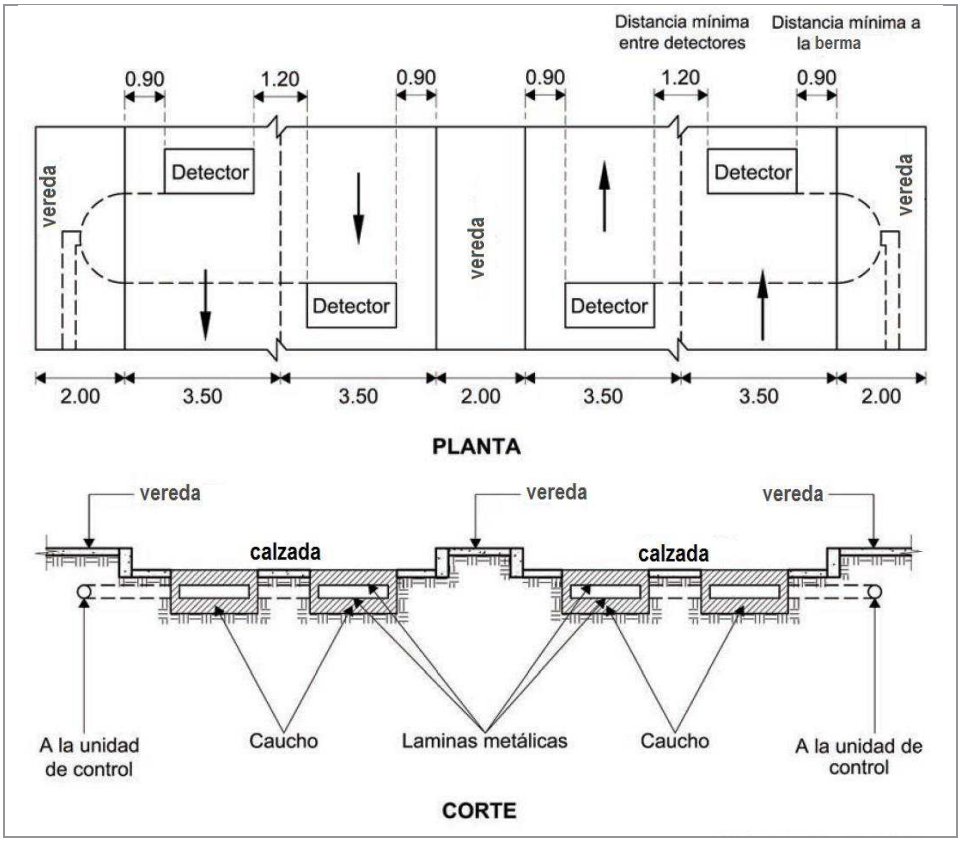
Los detectores normalmente forman parte integral de los semáforos accionados por el tránsito, que difieren de los no accionados en que estos últimos no necesitan unidades detectoras. También existen detectores que tiene una aplicación especial como los utilizados para peatones, vehículos de emergencia y ferrocarriles.

Los detectores de uso común para semáforos accionados por el tránsito son de presión, magnéticos y video-detección.

Los detectores de presión se instalan en la calzada y funcionan mediante la presión ejercida por las ruedas del vehículo en marcha, pero resultan inoperativas si el vehículo se detiene.

En la **Figura 6.15** se muestra un ejemplo de ubicación transversal de detectores de presión.

Figura 6.15 Ejemplo de ubicación transversal de detectores de presión



Los detectores magnéticos se instalan en la calzada y son accionados por la detección de un campo magnético causado por el paso de un vehículo y son de los tipos compensados y no compensados; ambos tipos funcionan aun con vehículos estacionados en la zona de influencia.

Los detectores de video-detección son accionados por cámaras de detección, y son los que en la actualidad destacan por su versatilidad y precisión, los cuales además de servir para el control automático del tránsito vehicular apoyan en aspectos de seguridad vial.

6.6 REQUISITOS GENERALES PARA LA INSTALACIÓN DE SEMÁFOROS

6.6.1 Generalidades

La implementación de semáforos debe realizarse previo un estudio de ingeniería vial, en el que se efectuará una investigación de las condiciones del tránsito y de las características físicas de la intersección, a fin de determinar los estudios y condicionantes mínimas requeridas para justificar su instalación.

6.6.1.1 Alcances generales de los estudios requeridos

La información básica requerida para determinar la necesidad de implementación semafórica es la siguiente:

a) Volumen del tránsito que ingresa a una intersección por cuartos de hora y por cada vía de acceso en un período de 16 horas consecutivas durante tres (3) días representativos. Las 16 horas seleccionadas deben contener el mayor porcentaje del tránsito de las 24 horas.
b) El volumen del tránsito para cada movimiento vehicular desde cada vía de acceso clasificado por tipo de vehículos (camiones, buses, autos, motos y bicicletas) durante cada período de 15 minutos de las dos horas de máxima demanda.

c) Volumen peatonal en períodos de 15 minutos por cada cruce durante las horas de máxima demanda vehicular y de máxima intensidad de circulación de peatones.
d) Diagrama conteniendo estadísticas sobre accidentes, por lo menos de un año anterior, clasificados por tipo, ubicación, sentido de circulación, consecuencias, hora, fecha y día de la semana.
e) Plano conteniendo las características geométricas de la intersección, canalización, pendientes y/o restricciones de distancia y visibilidad; así como de la superficie de rodadura, entradas, salidas, paso ferroviarios, postes, hidrantes y otros. Asimismo, información sobre Dispositivos de Control del Tránsito tales como señalización vertical, demarcaciones en el pavimento, iluminación, sentido de circulación, condiciones de estacionamiento, paraderos y rutas de transporte público.
f) Información adicional referida entre otras a demoras de los vehículos para cada acceso, número y distribución de intervalos o espaciamientos entre grupos de vehículos en los accesos de la intersección en condiciones de seguridad

6.6.1.2 Alcances generales de las condiciones de tránsito requeridas

Teniendo como base los estudios antes indicados, se evaluará las siguientes condiciones del tránsito para verificar la necesidad de implementación semafórica:

Condición 1: Volumen vehicular para ocho horas.

Condición 2: Volumen vehicular para cuatro horas.

Condición 3: Volumen vehicular para horas punta.

Condición 4: Volumen peatonal.

Condición 5: Movimiento o circulación progresiva.

Condición 6: Accidentes frecuentes.

Condición 7: Red vial.

Condición 8: Intersecciones cercanas a pasos a nivel ferroviario.

Condición 9: Combinación de las condiciones anteriores.

A continuación se indica el desarrollo de las condiciones antes indicadas:

6.6.1.2.1 Volumen vehicular para ocho horas

Se obtiene desarrollando dos subcondiciones (A y B), la última se aplica cuando (A) no satisface.

El volumen mínimo vehicular (A), está destinada a aplicarse en las intersecciones donde el volumen del tránsito de la intersección, es la razón principal para considerar la instalación de un semáforo.

La condición de interrupción del tránsito continuo (B), está destinada a aplicarse en intersecciones donde el volumen de tránsito de una vía principal es tan densa, que el tránsito de la vía secundaria sufre retrasos excesivos para entrar o cruzar dicha vía principal.

El criterio de evaluación de esta condición es excluyente, es decir, si (A) o (B) analizados individualmente satisfacen, no es necesario analizar la otra subcondición, ni de la combinación de estas.

En la **Tabla 6.1**, se cumple la subcondición (A) cuando en la vía principal y en el acceso de mayor flujo de la vía secundaria, existen los volúmenes mínimos indicados en la columna del 100% para ambas vías.

Tabla 6.1 Cumplimiento de la subcondición (A) en función al flujo vehicular

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la Vía Principal (Total de ambas accesos)				Vehículos por hora en la Vía Secundaria (mayor volumen de uno de los accesos)			
Vía Principal	Vía Secundaria	100%	80%	70%	56%	100%	80%	70%	56%
1	1	500	400	350	280	150	120	105	84
2 o más	1	600	480	420	336	150	120	105	84
2 o más	2 o más	600	480	420	336	200	160	140	112
1	2 o más	500	400	350	280	200	160	140	112

En la **Tabla 6.2**, se cumple la subcondición (B) cuando en la vía principal y en el acceso de mayor volumen de la vía secundaria, existen los volúmenes mínimos indicados en la columna del 100% para ambas vías.

Tabla 6.2 Cumplimiento de la subcondición (B) en función al flujo vehicular

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la Vía Principal (Total de ambas accesos)				Vehículos por hora en la Vía Secundaria (mayor volumen de uno de los accesos)			
Vía Principal	Vía Secundaria	100%	80%	70%	56%	100%	80%	70%	56%
1	1	750	600	525	420	75	60	53	42
2 o más	1	900	720	630	504	75	60	53	42
2 o más	2 o más	900	720	630	504	100	80	70	56
1	2 o más	750	600	525	420	100	80	70	56

EL criterio de evaluación del volumen de la vía principal y secundaria será para las mismas 8 horas. Para la vía secundaria no es necesario que el mayor volumen durante las indicadas 8 horas venga de la misma dirección.

Si el límite de velocidad o la velocidad del Percentil 85, exceden los 60 km/h o si la intersección se encuentra dentro de un centro poblado de menos de 10,000 habitantes, los volúmenes en la columna de 70% podrán ser utilizados en vez de 100% en ambas tablas.

Cuando la combinación de (A) y (B) sea satisfactoria se considerará los volúmenes de la vía principal y la vía secundaria de la columna de 80% en ambas tablas.

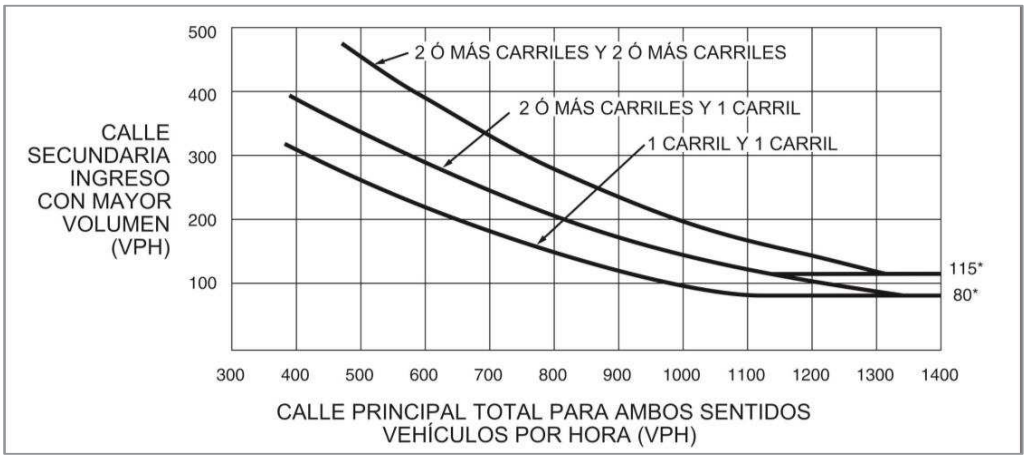
Si el límite de velocidad de la vía principal supera los 60 km/h o si la intersección se encuentra dentro de un área urbana con una población menor de 10.000 habitantes, los volúmenes en la columnas de 56% podrán ser utilizados en vez de los de la columna de 80%.

6.6.1.2.2 Volumen vehicular para cuatro horas

Esta condición está destinada a aplicarse en las intersecciones donde el volumen de tránsito vehicular que se intersecta, para una de cuatro horas de un día normal, es el criterio principal para considerar la instalación de un semáforo.

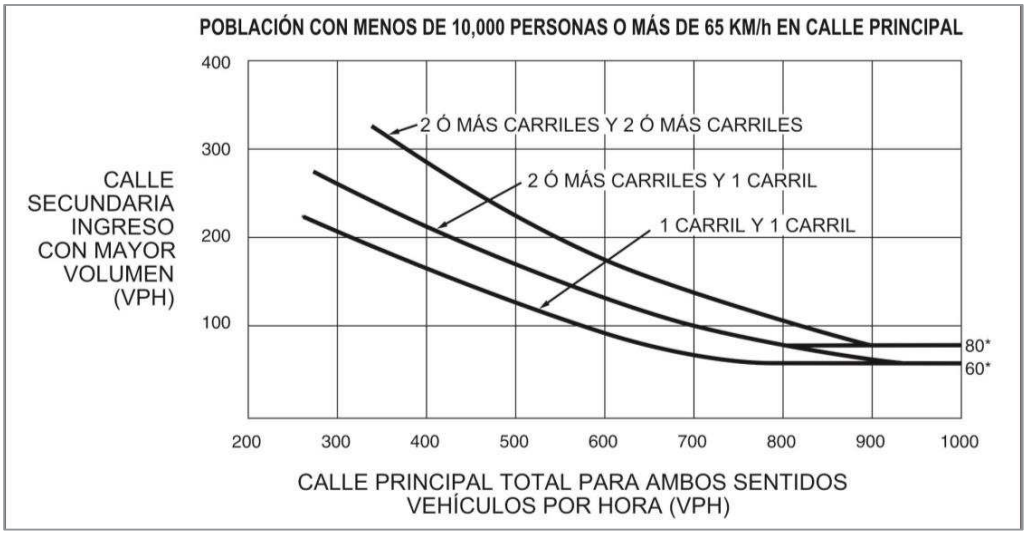
De acuerdo a la **Figura 6.16**, se considerará la implementación de un semáforo en una intersección, si los puntos trazados que representan los vehículos por hora en la vía principal (total de ambos sentidos) y el mayor volumen de la vía secundaria (un solo sentido) caen por encima de la curva de la Figura. Para la configuración de carriles existentes, en la vía secundaria no se exigirá el volumen más alto para cada una de las 4 horas analizadas.

Figura 6.16 Configuración de curvas para carriles existentes (para cuatro horas)



La **Figura 6.17** que a continuación se indica, puede ser utilizado en lugar de la anterior **Figura 6.16**, cuando el límite de velocidad de la vía principal supera los 60 km/h, o si la intersección está dentro de un área urbana con una población menor a 10.000 habitantes.

Figura 6.17: Se utiliza en función a la velocidad de la vía principal y población en zona urbana



6.6.1.2.3 Volumen vehicular para horas punta

Esta condición se aplica en las intersecciones donde el tránsito vehicular en una vía secundaria sufre demoras al entrar o cruzar una vía principal durante 1 hora punta de un día normal. La implementación semafórica tendrá en consideración el cumplimiento de los siguientes dos criterios.

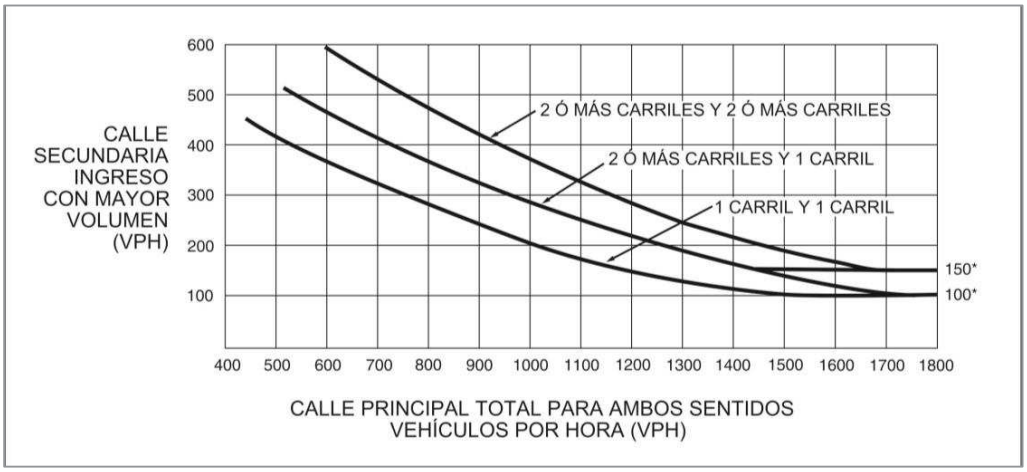
a) Si para una misma hora (cualquiera de los cuatro periodos consecutivos de 15 minutos) de un día normal, se cumple lo siguiente:

- El total del tiempo de demora de parada experimentado por el tránsito en un acceso de una vía secundaría (una sola dirección) controlada por una señal de PARE es igual o superior: 4 vehículos-hora para un ingreso de un solo carril o 5 vehículos-hora para un ingreso de dos carriles.

- El volumen del tránsito en la misma vía secundaria (una sola dirección) es igual o superior a 100 vehículos por hora para un carril de tránsito o de 150 vehículos por hora para dos carriles.
- El volumen total que ingresa durante la hora es igual o superior a 650 vehículos por hora para intersecciones con tres accesos y 800 vehículos por hora para intersecciones con cuatro o más accesos.

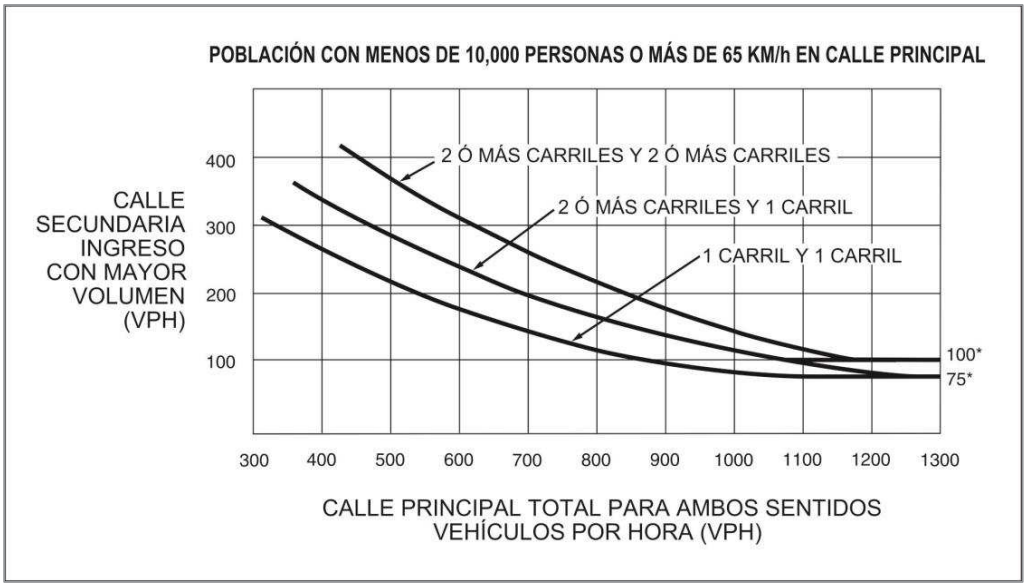
b) Si se cumple que los puntos graficados en la **Figura 6.18**, que representan los vehículos por hora en una vía principal (total de ambos accesos) y los vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de tránsito en una vía secundaria (un solo sentido), durante una hora (cualquiera de los cuatro periodos consecutivos de 15 minutos) de un día promedio, caen por encima de la curva aplicable, para cada combinación de carriles correspondiente.

Figura 6.18 Grafico para combinación de carriles para hora punta



Se puede usar la **Figura 6.19** en lugar de la anterior **Figura 6.18**, si el límite de velocidad de una vía principal supera los 60 km/h o si la intersección se encuentra dentro de un área urbana con una población menor a 10.000 habitantes.

Figura 6.19: Se utiliza en función a la velocidad de la vía principal y población en zona urbana



6.6.1.2.4 Volumen peatonal

Para esta condición de volumen se tendrá en consideración lo siguiente:

a) Si en cualquiera de las ocho horas de un día representativo, a una intersección entran 600 o más vehículos - hora, o si entran 1,000 o más vehículos - hora a una intersección con una vía principal que tiene un separador central de 1.20 m. como mínimo.
b) En las vías urbanas donde se produce permanente afluencia peatonal y que demanda que para cruzar una intersección los vehículos deben detenerse mediante un semáforo.
c) En vías principales donde los vehículos transitan a velocidades mayores a 50 km/h y no existen puentes peatonales.
d) En vías principales contiguas o cercanas a centros escolares, donde se produzca afluencia de cruce de escolares y donde no existan puentes peatonales.

6.6.1.2.5 Movimiento o circulación progresiva

Esta condición está destinada a aplicarse en las intersecciones donde el movimiento progresivo del tránsito vehicular contempla lo siguiente:

a) En vías con circulación en un solo sentido o en las que los semáforos adyacentes están a distancias que no permite conservar un tránsito fluido a determinas velocidades, conformando un sistema coordinado y sincronizado de semáforos.
b) En las vías de doble sentido de circulación, cuando los semáforos adyacentes no permitan conservar el transito fluido a determinadas velocidades, conformando un sistema coordinado y sincronizado de semáforos.

6.6.1.2.6 Accidentes frecuentes

Esta condición está destinada a aplicarse, con la finalidad de que una instalación semafórica reduzca o minimice los accidentes de tránsito, en aquellas intersecciones donde se producen estos, debido a sus características geométricas particulares (intersecciones con ingresos múltiples) o por su ubicación.

Esta condición, para la implementación semafórica tomará en consideración los siguientes tipos de accidentes de tránsito que con frecuencia ocurre:

a) Aquellos que impliquen sustancialmente conflictos o colisiones en ángulo recto, como los que ocurren entre vehículos en vías que se intersectan.
b) Aquellos que impliquen conflictos entre vehículos que se mueven en línea recta y cruces de peatones.
c) Aquellos que impliquen conflictos entre vehículos que se mueven en línea recta y vehículos que cruzan a la izquierda viniendo en direcciones opuestas.
d) Aquellos que impliquen conflictos relativos excesos de velocidad, en casos donde la coordinación del semáforo restrinja la velocidad hasta un valor razonable.

6.6.1.2.7 Red vial

Esta condición tiene por finalidad concentrar u organizar mediante una implementación semafórica, el flujo vehicular en las intersecciones de un conjunto de vías que forman una red vial, para lo cual se tendrá en consideración los siguientes criterios:

a) Una intersección tiene una entrada cuyo volumen de tránsito es de por lo menos 1000 vehículos – hora, durante la hora punta de un día típico de semana.
b) Una intersección tiene un volumen de transito de por lo menos 1000 vehículos - hora para cada una de las 5 horas de un día de fin de semana.

6.6.1.2.8 Intersección cerca de un paso a nivel ferroviario

Esta condición tiene por finalidad justificar la implementación semafórica donde existen intersecciones cercanos a pasos a nivel ferroviarios, y cuyo control para evitar accidentes no es suficiente mediante una señalización vertical y horizontal.

Para dicha implementación semafórica se tomará en consideración las siguientes condiciones:

a) Cuando un cruce ferroviario a nivel, está controlado por la señal vertical reglamentaria "PARE" y a una distancia menos a 40 m.
b) Cuando un tráfico ferroviario utiliza un cruce a nivel durante la hora punta con el mayor tránsito vehicular, es aplicable lo siguiente.
   - En las **Figuras 6.20 y 6.21**, cuando el punto marcado en representación de los vehículos por hora en la vía principal (total de ambos sentidos) y los vehículos correspondientes por hora en la vía secundaria (una única dirección, acercándose a la intersección) cae encima de la curva aplicable de para la combinación de carriles y "D" (distancia de almacenamiento).
   - Respecto al trazo del volumen de tránsito, la **Figura 6.20** debe ser utilizada si solo existe un carril de ingreso a la intersección en el lugar del cruce ferroviario a nivel, y la **Figura 6.21** si existe dos o más carriles de ingreso.
   - Después de determinar la longitud real de "D", debe utilizarse la curva para determinar la longitud más cercana a la distancia real "D".
   - Si los tiempos de llegada del tráfico ferroviario se desconocen, se debe utilizar la hora punta con el mayor volumen de tránsito.

Figura 6.20 Ejemplo de condiciones de implementación semafórica en intersecciones a nivel a paso cercanos a nivel ferroviario

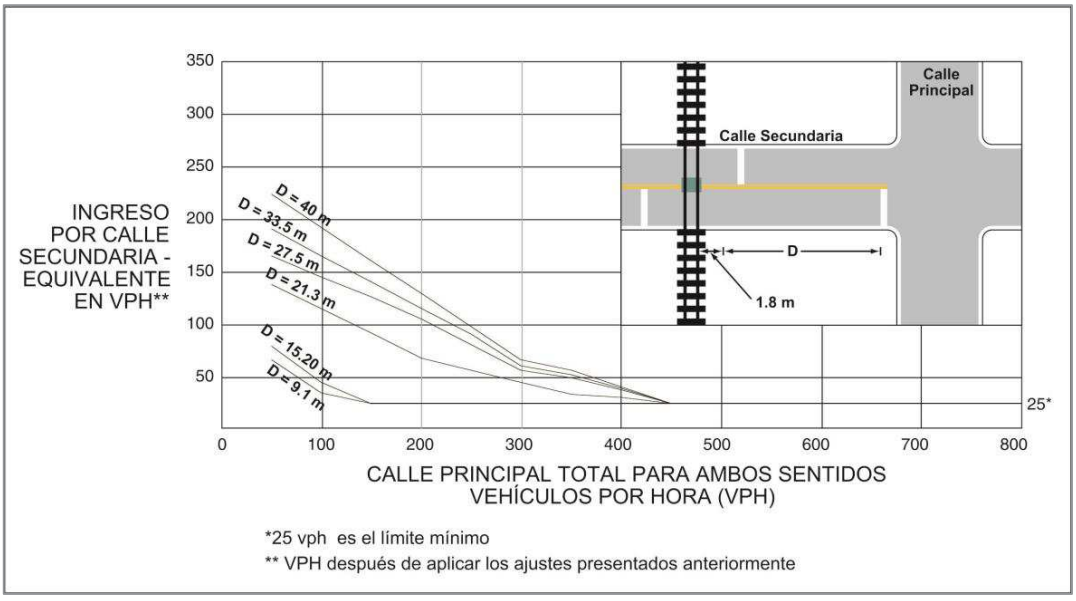
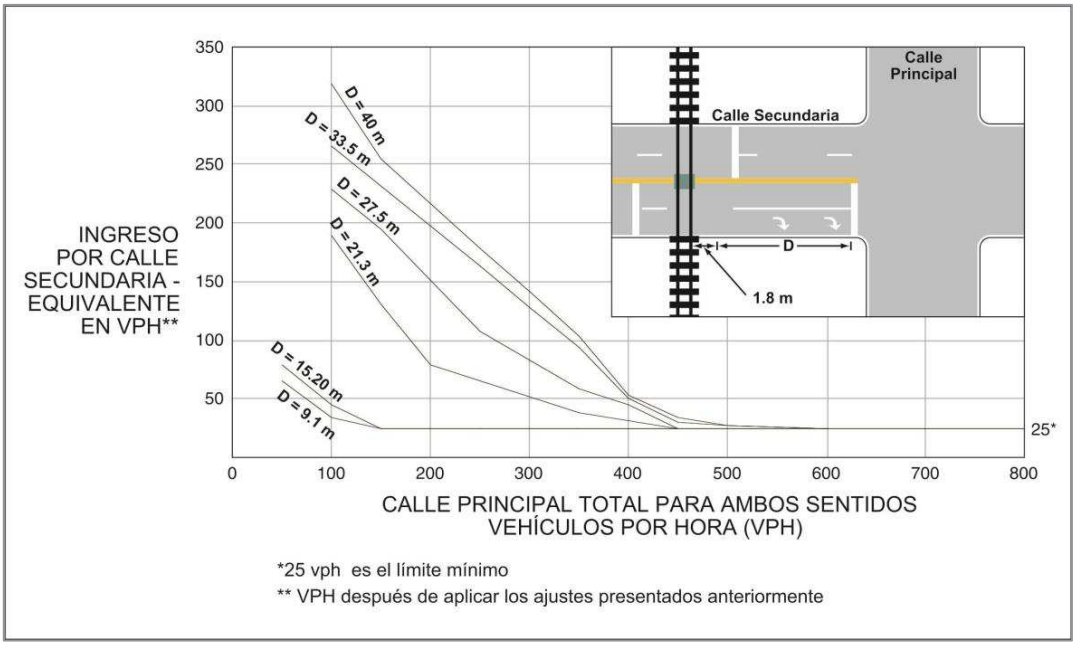


Figura 6.21 Ejemplo de condiciones de implementación semafórica en intersecciones a nivel a paso cercanos a nivel ferroviario



6.7 TIPO DE SEMÁFOROS

6.7.1 Clasificación

La siguiente clasificación se basa en los mecanismos de su operación y forma de control:

a) Semáforos para vehículos
   - Semáforos fijos o pre sincronizados.
   - Semáforos sincronizados por el tránsito
   - Semáforos adaptados al tránsito

b) Semáforos para peatones

c) Semáforos especiales
   - Semáforos de destellos o intermitente
   - Semáforos para regular el uso de carriles
   - Semáforos para paso de vehículos de emergencia
   - Semáforos para indicar la aproximación de trenes
   - Semáforos para regular el uso de carriles de peaje

Las entidades u órganos responsables del tránsito vehicular, deben efectuar los estudios de ingeniería vial correspondientes, para determinar el tipo de semaforización a implementarse en determinada vía, en función a su importancia y volumen del tránsito vehicular.

En lo que respecta a la operación de los semáforos en zonas urbanas, las indicadas entidades u órganos responsables, deben coordinar entre sí para que el funcionamiento de los semáforos sea sincronizado cualquiera sea la distancia a la que se encuentren uno del otro, a fin de contribuir al orden y el adecuado flujo vehicular, y evitar congestionamientos u otros

problemas que se ocasionan como consecuencia de la desincronización o falta de coordinación en el funcionamiento de los semáforos.

6.7.1.1 Semáforos para vehículos

Tienen por finalidad controlar el tránsito vehicular, operan como fijos o pre-sincronizado; parcialmente sincronizados por el tránsito vehicular; o totalmente sincronizados por el tránsito vehicular.

Las indicadas formas de operación se adoptan en función al volumen del tránsito vehicular y la importancia de las vías materia de control mediante este sistema.

6.7.1.1.1 Semáforos fijos o presincronizados

Son aquellos que cuentan con una programación de intervalos y secuencia de fases preestablecidos no accionados por el tránsito vehicular. El programa que rige sus características de operación tales como duración del ciclo, desfase, y otros, pueden ser modificados.

6.7.1.1.2 Semáforos sincronizados por el tránsito

Son aquellos cuyo funcionamiento es sincronizado en todos los accesos a una intersección, en función a las demandas del flujo vehicular y disponen de medios (detectores de vehículos y/o peatones) para ser accionados por éste.

6.7.1.1.3 Semáforos adaptados al tránsito

Denominados también Semáforos Inteligentes, son aquellos cuyo funcionamiento es ajustado continua y automáticamente en todos los accesos a una intersección, de acuerdo a la información sobre el flujo vehicular que colectan los detectores de tráfico y envían la información sobre la secuencia de fases, intervalos de fases, ciclos y/o desfases, a una Estación Central o Control Maestro.

6.7.1.2 Semáforos para peatones

Tienen por finalidad controlar los pasos peatonales, de tal forma que el peatón tenga tiempo suficiente para pasar una vía a través de un cruce peatonal.

Con tal finalidad los lugares donde se instalen semáforos peatonales, deben complementarse con la respectiva demarcación en el pavimento.

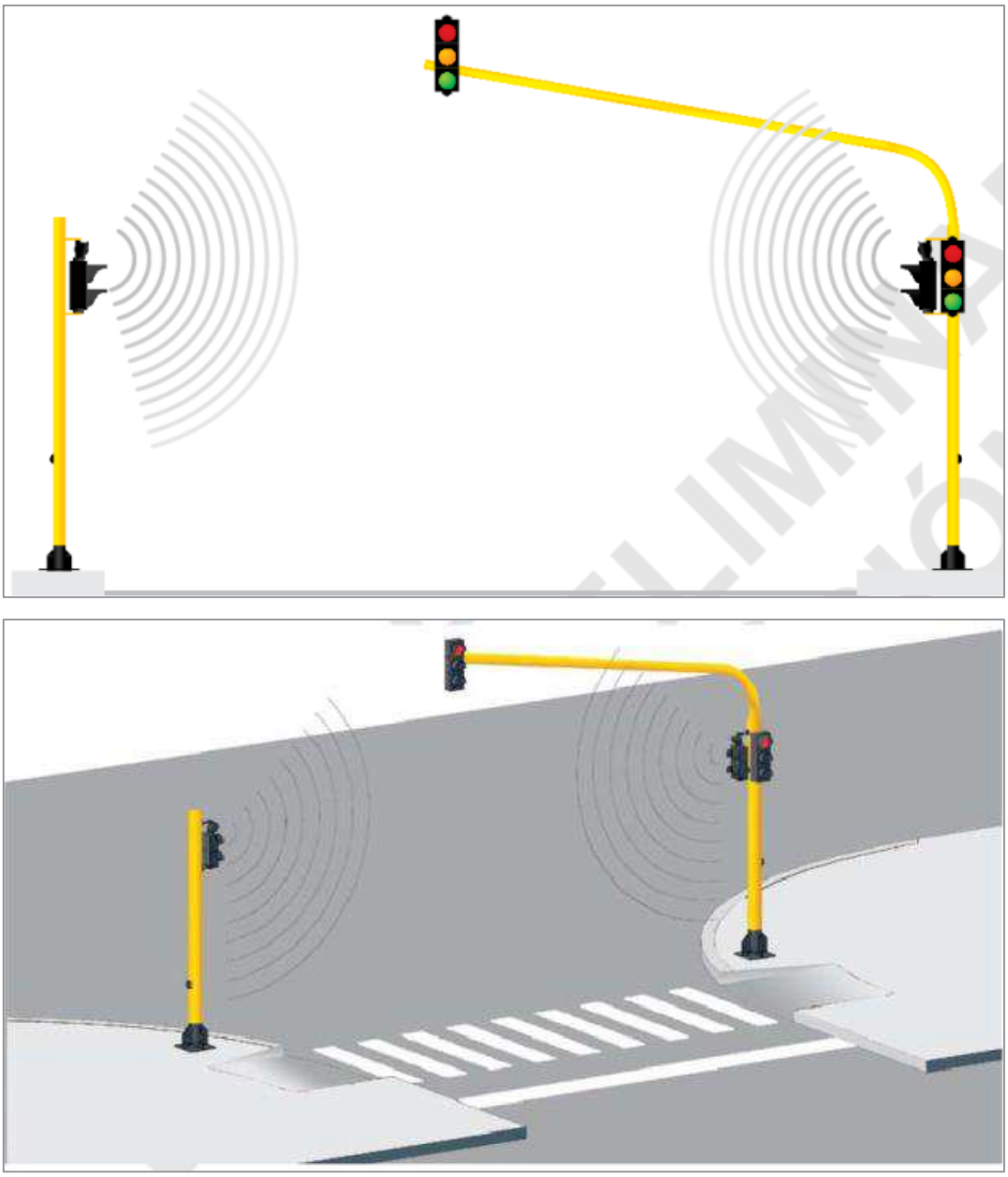
Los semáforos para paso peatonales incluyen los correspondientes a los usuarios con movilidad reducida, en cuyo caso debe complementarse con las respectivas rampas de acceso.

La implementación de semáforos con dispositivos sonoros, facilita el uso de la infraestructura existente a personas con limitación visual.

Los dispositivos sonoros contemplan el uso de formas de comunicación no visual, tales como ondas sonoras, superficies para el reconocimiento al tacto, o dispositivos vibrantes.

En la **Figura 6.22** se muestra un ejemplo de localización de las ondas sonoras en un semáforo peatonal.

Figura 6.22 Ejemplo de localización de las ondas sonoras en un semáforo peatonal



En la **Figura 6.23** se muestra un ejemplo de un semáforo peatonal donde se indica la localización de las ondas sonoras y el dispositivo manual de activación.

Figura 6.23 Ejemplo de un semáforo peatonal donde se indica la localización de las ondas sonoras y el dispositivo manual de activación

El dispositivo manual debe activarse únicamente cuando el semáforo peatonal se encuentre en verde.

6.7.1.3 Semáforos especiales

Su instalación tiene por finalidad normar y controlar las siguientes situaciones singulares o especiales.

6.7.1.3.1 Semáforos de destellos o intermitentes

Son aquellos que tienen una o más lentes de color amarillo o rojo que se iluminan intermitentemente, y tiene por finalidad advertir sobre situaciones especiales, tales como la presencia de peligro, regular velocidades, controlar intersecciones o dar indicación de "PARE".

Para la utilización de los indicados semáforos, se tendrá en consideración entre otros lo siguiente:

a) Para indicar obstrucciones que existan en la superficie de rodamiento o inmediatamente adyacente a ella.
b) Como complemento anticipado junto con señales preventivas.
c) Para advertir el cruce de peatones a mitad de cuadra.
d) En intersecciones donde se requiere cruzar con precaución.
e) Como complemento a la señales reglamentaria de "PARE" (luz roja intermitente) o "CEDA PASO" (luz amarilla intermitente).

6.7.1.3.2 Semáforos para regular el uso de carriles

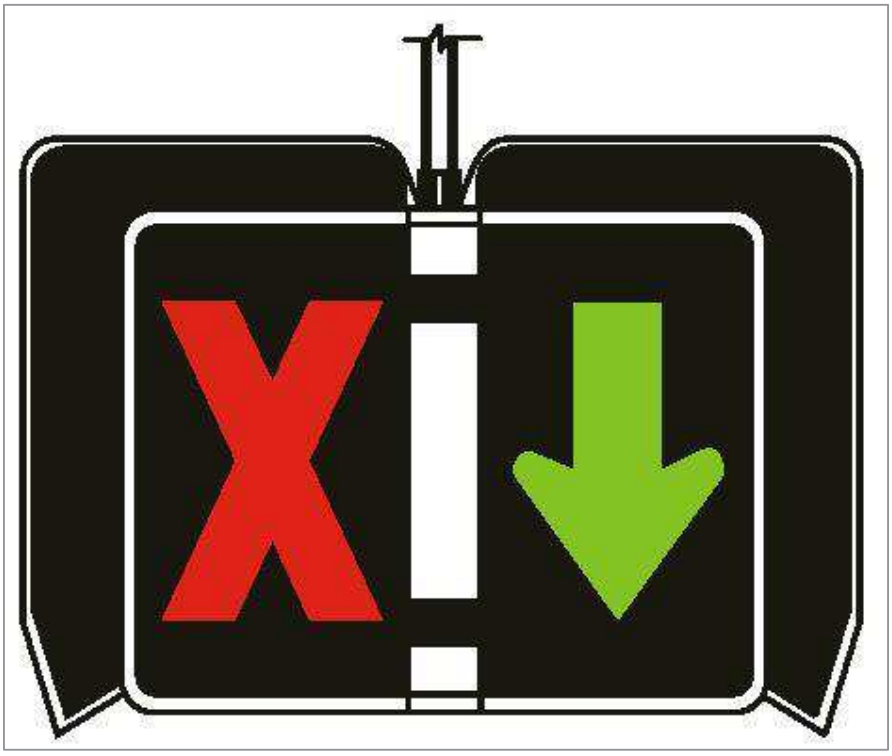
Son aquellos que tienen por finalidad regular el uso de carriles de una vía, cuando debido a las variaciones del flujo del tránsito de doble circulación, se pueden utilizar ciertos carriles para el movimiento en un sentido durante unas horas y para el sentido opuesto durante otras horas.

Estos dispositivos se distinguen por tener semáforos sobre cada uno de los carriles y por su forma y símbolo diferente (flecha apuntando hacia abajo y una aspa en forma de equis `X') y generalmente se usan señales complementarias para explicar su finalidad y funcionamiento.

El sentido de circulación de vehículos de un carril, solo deberá invertirse o hacerse reversible después de que un estudio de ingeniería vial, demuestre la necesidad de dicho tipo de circulación y que puede funcionar en forma eficaz y segura.

En la **Figura 6.24** se muestra un ejemplo de semáforos para regular el uso de carriles.

Figura 6.24 Ejemplo de semáforos para regular el uso de carriles



6.7.1.3.3 Semáforos para paso de vehículos de emergencia

Son aquellos que disponen de dispositivos que se adaptan específicamente con la finalidad de indicar la prioridad de paso de vehículos de emergencia.

Las dimensiones de las lentes para este tipo de semáforos debe ser de 30 cm. de diámetro para la indicación en rojo y de 20 cm. de diámetro para las indicaciones en amarillo y verde.

Cuando se instalen semáforos para entrada y salida de vehículos de emergencia en un lugar que no sea una intersección, será necesario ubicar por lo menos una cara hacia el movimiento vehicular de cada sentido de circulación. En tanto no se produzca movimiento de vehículos de emergencia, el semáforo debe indicará luz verde para los demás vehículos.

Cuando ocurra algún movimiento de un vehículo de emergencia, deberá aparecer en el semáforo la indicación de luz roja para el tránsito que circula en la vía, esta indicación será precedida por la luz amarilla.

6.7.1.3.4 Semáforos para indicar la aproximación de trenes

Los semáforos que indican la proximidad de trenes en circulación, forma parte de los dispositivos de control del tránsito del Sistema de Control de Barreras Automáticas Provistas de Semaforización y Sensores, que comprende el presente manual en la **Sección 4.3** del presenta Manual.

Los semáforos de aproximación de trenes en los cruces ferroviarios funcionan con luces intermitentes y oscilantes.

En el primer caso, la señal se emite a través de dos rojas intermitentes colocadas horizontalmente que se encienden y apagan en forma alternada a intervalos predeterminados; mientras que en el segundo caso, la señal se emite mediante un disco oscilante colocado horizontalmente con una luz roja dentro del disco.

Las lentes serán de forma circular con un diámetro de 30 cm. deberán estar provistos de una pantalla de color negro con un diámetro de 50 cm. colocada en la parte posterior de la lente para proporcionar mayor visibilidad a la indicación además llevarán una visera en la parte superior.

6.7.1.3.5 Semáforos para regular el uso de carriles de peaje

Son semáforos que regulan el uso de carriles que acceden a las casetas de cobro de peajes o carriles exclusivos por pagos electrónicos.

La luz o flecha verde indica que el carril de la vía está disponible, y la luz o equis (X) roja indica la indisponibilidad del indicado carril.

6.8 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS Y CONFIGURACIÓN DE LOS INDICADORES DE LOS SEMÁFOROS

6.8.1 Forma y color de los indicadores del semáforo

Los indicadores de los semáforos son circulares o en flecha, además se usan contadores en semáforos fijos. En semáforos para peatones o semáforos especiales puede haber excepciones.

Las luces que emiten los indicadores de los semáforos son los siguientes:

a) **Luz circular verde fija**: vehículos que reciben una luz circular verde fija pueden continuar de frente, girar a la derecha o girar a la izquierda, excepto cuando cualquiera de estos movimientos esté restringido
b) **Luz flecha verde fija**: vehículos que reciben una FLECHA VERDE pueden continuar con precaución únicamente en la dirección de la flecha y desde el carril que esta flecha controla.
c) **Luz circular amarilla fija**: vehículos que reciben una luz circular amarilla fija deben parar.
a) **Luz flecha amarilla fija**: vehículos que reciben una flecha amarilla fija deben parar.

b) **Luz circular roja fija**: vehículos que reciben una luz circular roja fija están prohibidos de pasar.

c) **Luz flecha roja fija**: vehículos que reciben una flecha roja fija están prohibidos de pasar.

d) **Luz circular roja o flecha roja intermitente**: vehículos que reciben una luz circular roja o flecha roja intermitente, deben parar por completo y luego continuar de frente, girar a la derecha o a la izquierda con precaución, para evitar colisiones con otro vehículo que puede aproximarse en la intersección.

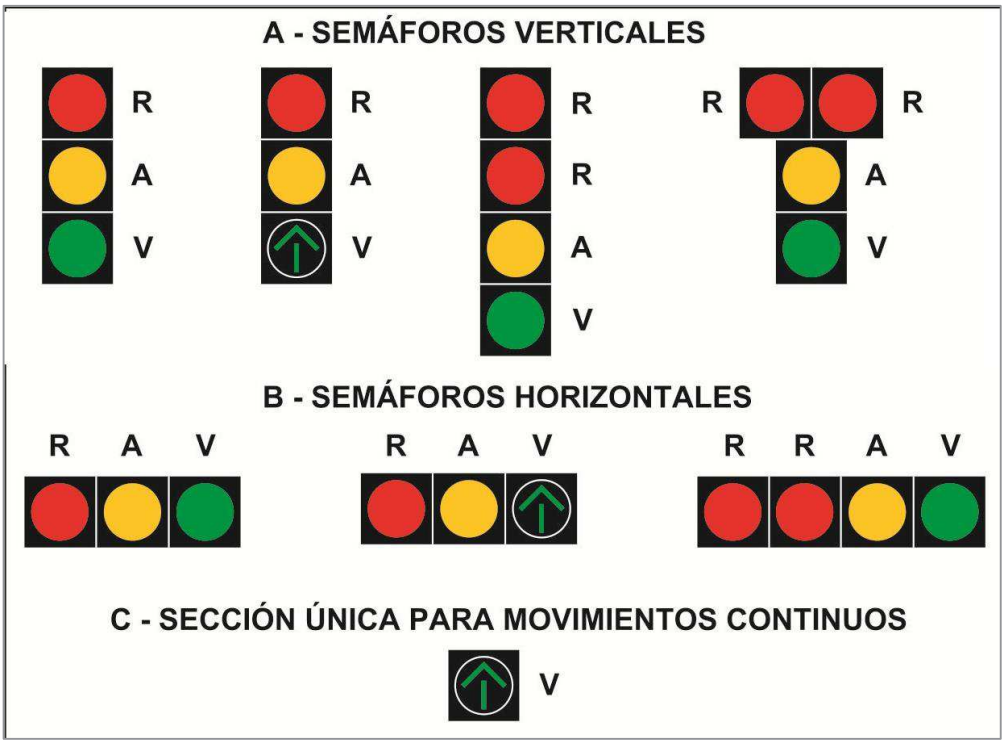
6.8.2 Posición de los indicadores dentro del semáforo

La posición de los indicadores en los semáforos debe ser estándar, en tal sentido las caras de un semáforo estarán dispuestas en línea recta vertical u horizontal.

En la cara de los semáforos, la luz roja va en la posición superior, la luz amarilla o ámbar en la posición central y la luz verde en la posición inferior cuando el semáforo este en posición vertical, y cuando está en posición horizontal, la luz roja va colocado al lado izquierdo seguido de la luz amarilla o ámbar y del color verde.

En la **Figura 6.25** se muestra un ejemplo de disposición estándar de los indicadores de semáforos.

Figura 6.25 Ejemplo de disposición estándar de los indicadores de semáforos

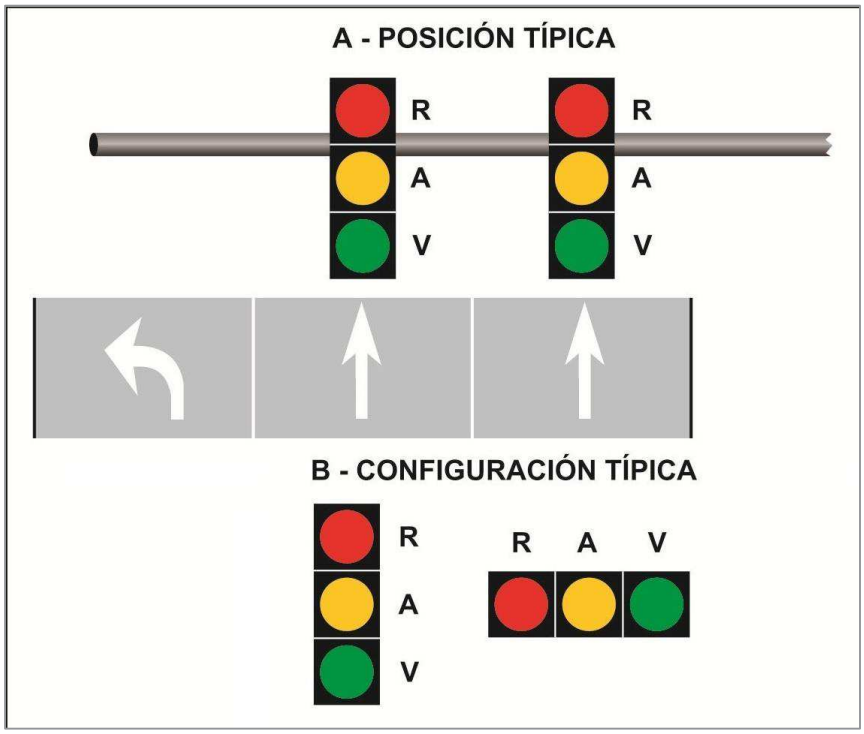


6.8.2 Configuración de los indicadores de los semáforos

A continuación se muestran disposiciones típicas para semáforos con diferentes tipos de giros permitidos

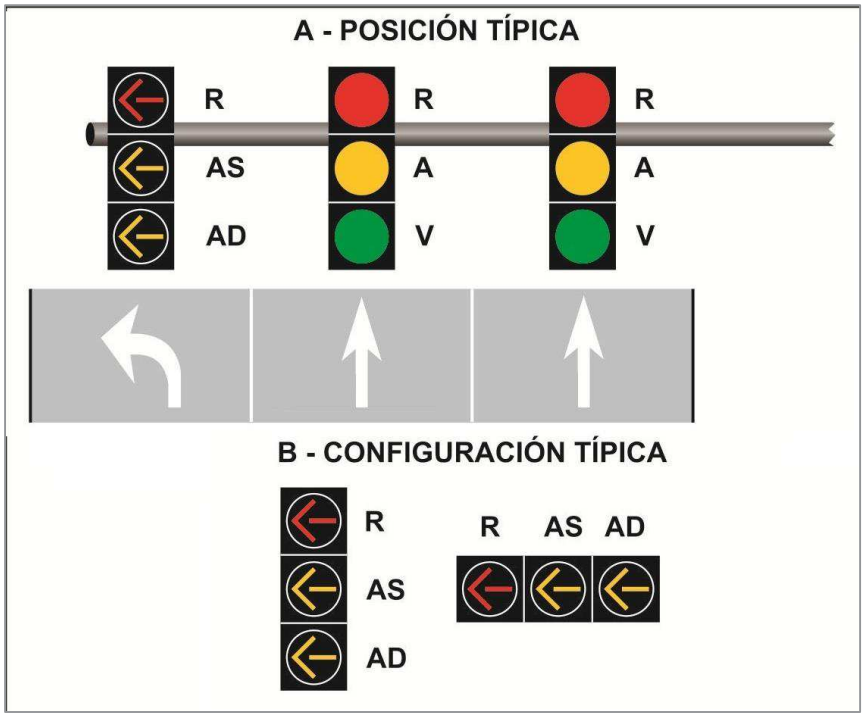
En la **Figura 6.26** se muestra un ejemplo de indicadores de semáforos con giros a la izquierda permitidos (no protegidos).

Figura 6.26 Ejemplo de indicadores de semáforos con giros a la izquierda permitidos (no protegidos)



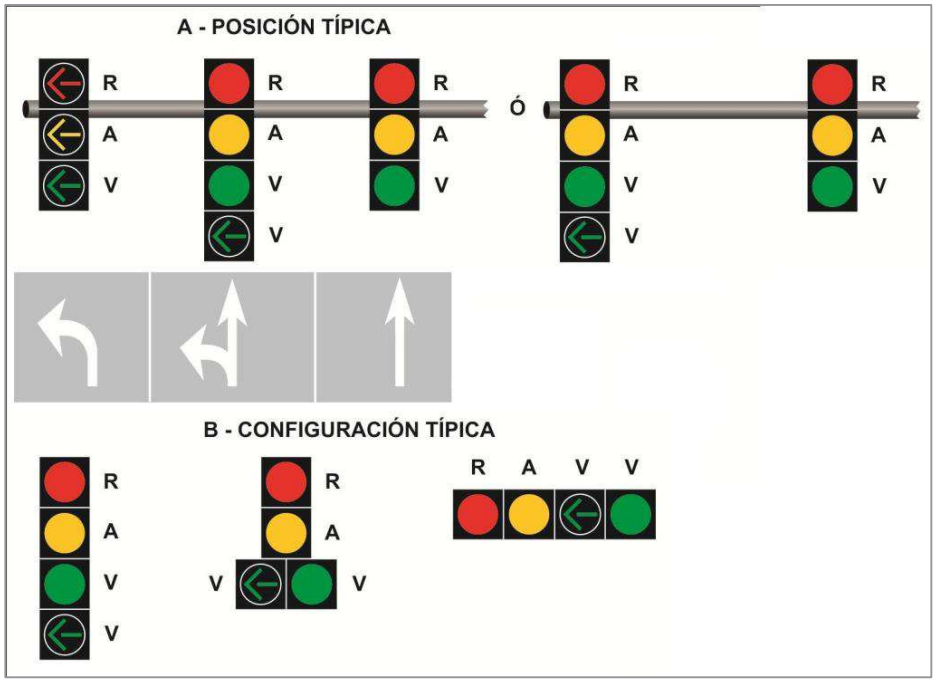
En la **Figura 6.27** se muestra un ejemplo de disposición especial de indicadores de semáforos con giros a la izquierda permitidos (protegidos) con ámbar destellante.

Figura 6.27 Ejemplo de disposición especial de indicadores de semáforos con giros a la izquierda permitidos (protegidos) con ámbar destellante



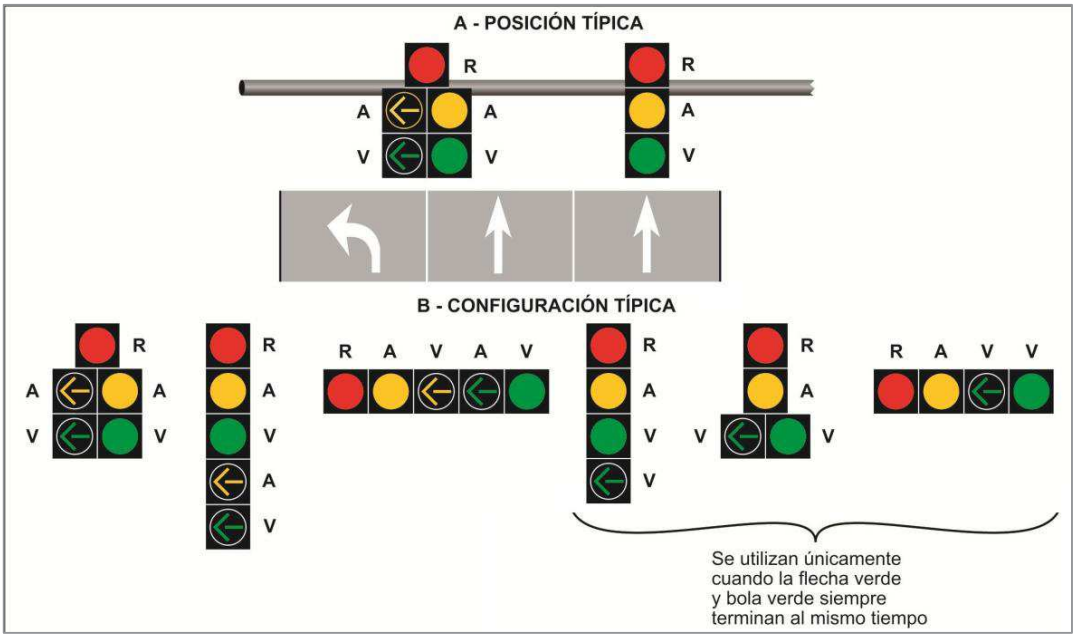
En la **Figura 6.28** se muestran dos ejemplos de disposición de indicadores de semáforos con giros a la izquierda protegidos con carril exclusivo de giro izquierda.

Figura 6.28 Ejemplos de disposición de indicadores de semáforos con giros a la izquierda protegidos con carril exclusivo de giro izquierda



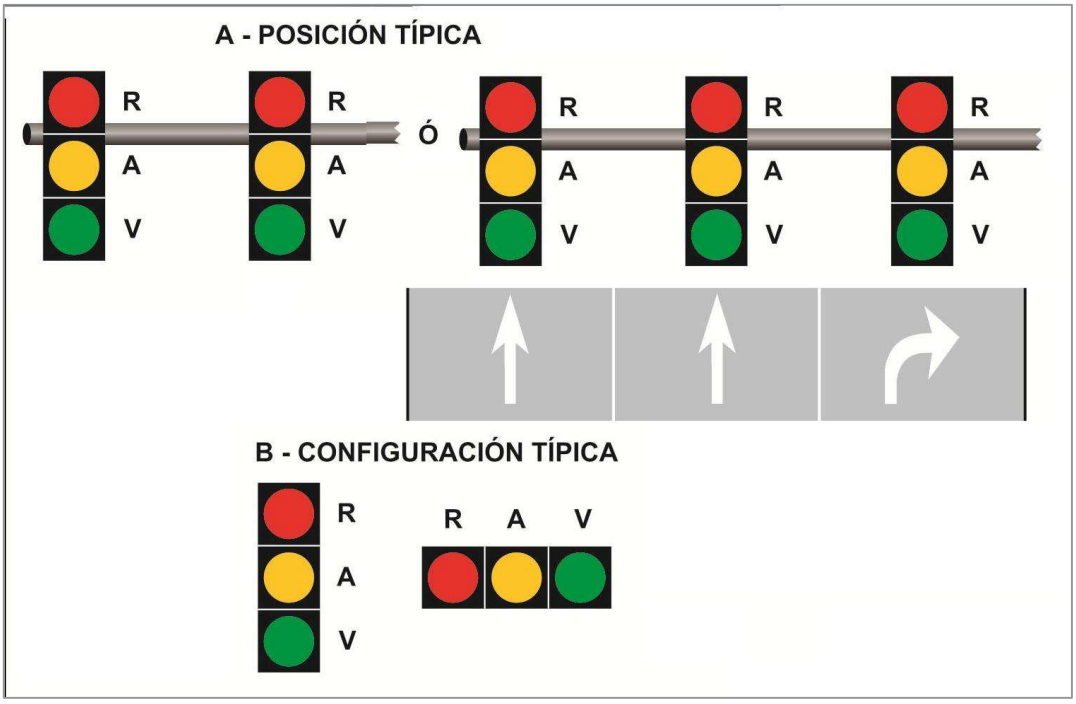
En la **Figura 6.29** se muestran un ejemplo de disposición de indicadores de semáforos para giros a la izquierda protegidos y permitidos

Figura 6.29 Ejemplo de disposición de indicadores de semáforos para giros a la izquierda protegidos y permitidos



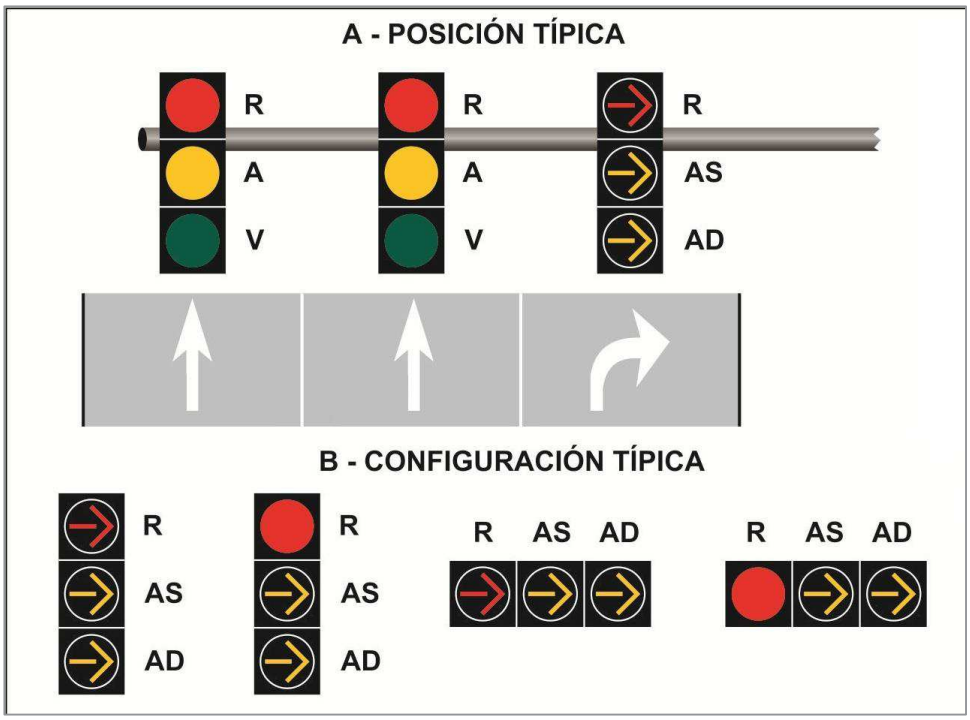
En la **Figura 6.30** se muestran un ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha permitidos (no protegidos).

Figura 6.30 Ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha permitidos (no protegidos).



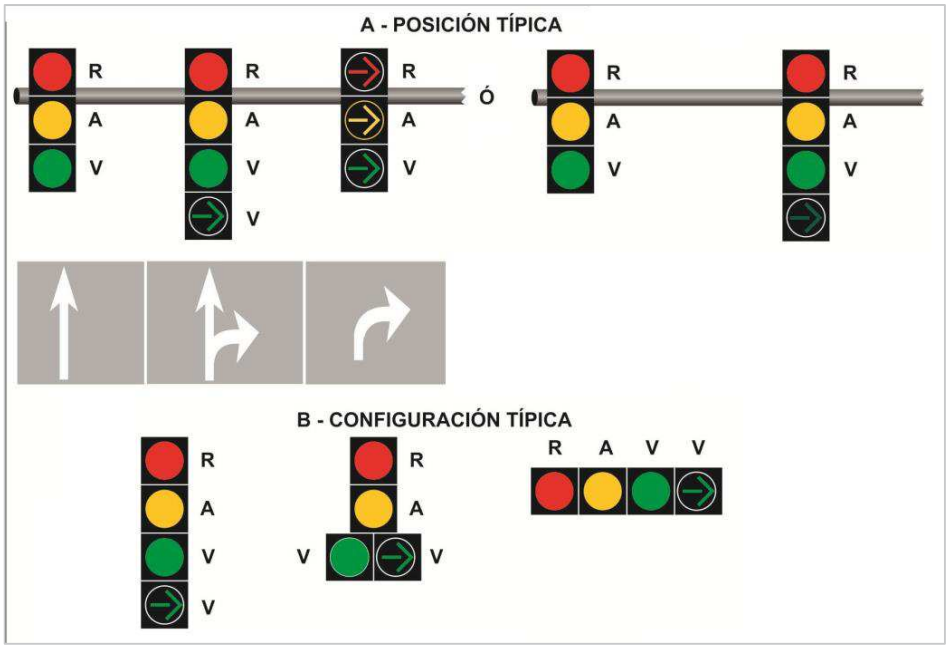
En la **Figura 6.31** se muestra un ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha permitido (protegidos) con ámbar destellante.

Figura 6.31 Ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha permitidos (protegidos) con ámbar destellante



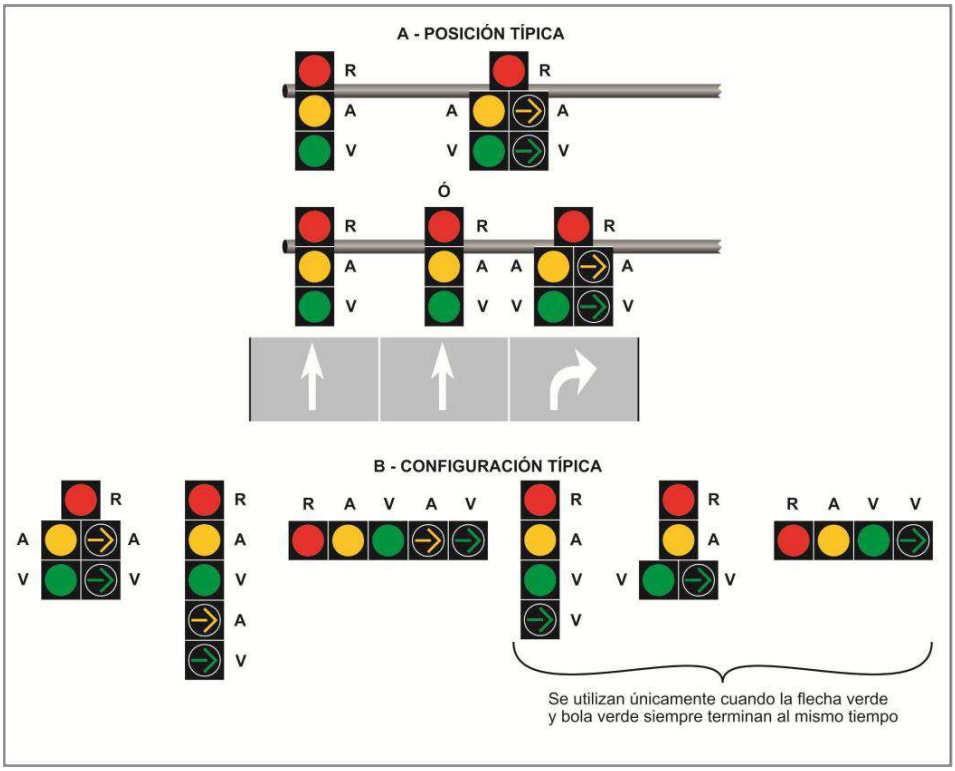
En la **Figura 6.32** se muestran un ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha protegidos sin carril de giro exclusivo

Figura 6.32 Ejemplo de disposición de indicadores de semáforos con giros a la derecha protegidos sin carril de giro exclusivo



En la **Figura 6.33** se muestran un ejemplo de disposición de indicadores de semáforos para giros a la derecha protegidos y permitidos

Figura 6.33 Ejemplo de disposición de indicadores de semáforos para giros a la derecha protegidos y permitidos



Resolución Directoral

N° 22 – 2013 – MTC/14.
Lima, 17 de Julio 2013

CONSIDERANDO:

Que, por Resolución Directoral N° 1146-2000-MTC/15.17 de fecha 27 de Diciembre del 2000, la entonces Dirección General de Caminos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprobó las "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras- EG-2000";

Que, posteriormente, se emitió el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado mediante Decreto Supremo Nº 034-2008-MTC, el cual tiene, entre otros objetivos, definir las pautas para las normas técnicas de diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, caminos y vías urbanas;

Que, dicho reglamento ha previsto en su artículo 20º, la relación de manuales de gestión de carreteras, que deben aprobarse, siendo uno de ellos, el "Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción", el cual, según su artículo 26º, presenta, en forma ordenada, las especificaciones técnicas de las diferentes partidas susceptibles a considerar en un proyecto de infraestructura vial, incluyendo aspectos tales como descripción de las actividades, procedimientos o métodos de construcción, recursos de personal, equipo y materiales a emplear, requisitos técnicos, control de calidad, métodos de medición y forma de pago. Este manual tiene como antecedente a la norma "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras- EG-2000";

Que, de otro lado, el artículo 19° del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, establece que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en su calidad de órgano rector a nivel nacional, en materia de transporte y tránsito terrestre, elabora, actualiza y aprueba los manuales para la gestión de la infraestructura vial. Asimismo, en el Numeral 4.1 de su artículo 4°, se precisa que este Ministerio, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento, e interpretar las normas técnicas contenidas en dicho reglamento;

Que, en atención a lo dispuesto, la Dirección de Normatividad Vial de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles realizó la actualización de las "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras- EG-2000", a fin de ajustarlas a lo previsto en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial;

N° 22 – 2013 – MTC/14.
Lima, 17 de Julio 2013

Que, una vez concluida tal labor, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, mediante Resolución Directoral N° 24-2011-MTC/14 de fecha 18 de Octubre del 2011, dispuso la publicación del proyecto en la Página Web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, con el objeto de recibir comentarios, observaciones y sugerencias del público en general;

Que, luego de revisar y consolidar los comentarios u observaciones presentados, y de formular la versión definitiva de la norma, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, mediante Resolución Directoral N° 03-2013-MTC/14 de fecha 01 de Febrero del 2013, aprobó la actualización de las "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras- EG-2000", como el documento normativo y de cumplimiento obligatorio, denominado: Manual de Carreteras-"Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013";

Que, con posterioridad a la citada aprobación, la Dirección de Normatividad Vial ha advertido la existencia de algunos errores materiales en secciones y tablas que conforman el Manual de Carreteras-"Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013", las cuales requieren ser corregidas a fin de evitar confusión o errores de interpretación. En ese sentido, ha realizado una revisión total del citado manual y, como consecuencia de ello, ha elaborado una versión actualizada del mismo;

Que, en atención a ello, la Dirección de Normatividad Vial, ha emitido el Informe N° 040-2013-MTC/14.04, de fecha 08 de Julio del 2013, mediante el cual ha planteado a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, la aprobación de una nueva actualización del Manual de Carreteras-"Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013". Asimismo, en dicho informe ha considerado que, de conformidad con lo previsto en el Numeral 3.2 del artículo 14° del "Reglamento que establece disposiciones relativas a la publicidad, publicación de Proyectos Normativos y difusión de Normas Legales de Carácter General" aprobado por Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, resulta innecesaria la prepublicación de dicha actualización ya que las modificaciones que prevé solo se contraen a correcciones de errores materiales y aspectos formales;

Que, en virtud de lo expuesto, resulta pertinente dictar el acto administrativo de aprobación correspondiente;

De conformidad con la Ley N° 29370-Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, y en uso de las facultades conferidas por Resolución Ministerial N° 506-2008-MTC/02;

Resolución Directoral

N° 22 – 2013 – MTC/14.
Lima, 17 de Julio 2013

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Aprobar la actualización del Manual de Carreteras-"Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013".

El original de este manual forma parte integrante de la presente resolución como Anexo, y consta de dos (02) Tomos (I y II), siendo que el Tomo I cuenta con ochocientos setenta y seis (876) páginas, en tanto que el Tomo II, cuenta con trescientos noventa y ocho (398) páginas.

ARTÍCULO SEGUNDO.- Dejar sin efecto la Resolución Directoral N° 03-2013-MTC/14.

ARTÍCULO TERCERO.- Disponer la publicación de la presente Resolución Directoral en el Diario Oficial "El Peruano". Asimismo, disponer la publicación de tal resolución y de su Anexo, en la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (http://www.mintc.gob.pe).

ARTÍCULO CUARTO.- La norma aprobada por el artículo primero de la presente resolución, entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano".

ARTÍCULO QUINTO.- Disponer la remisión a la Dirección General de Desarrollo y Ordenamiento Jurídico del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, en un plazo no mayor de tres (3) días hábiles de la publicación de la resolución directoral en el Diario Oficial "El Peruano", copia autenticada y el archivo electrónico del Anexo respectivo.

Regístrese, comuníquese y publíquese,

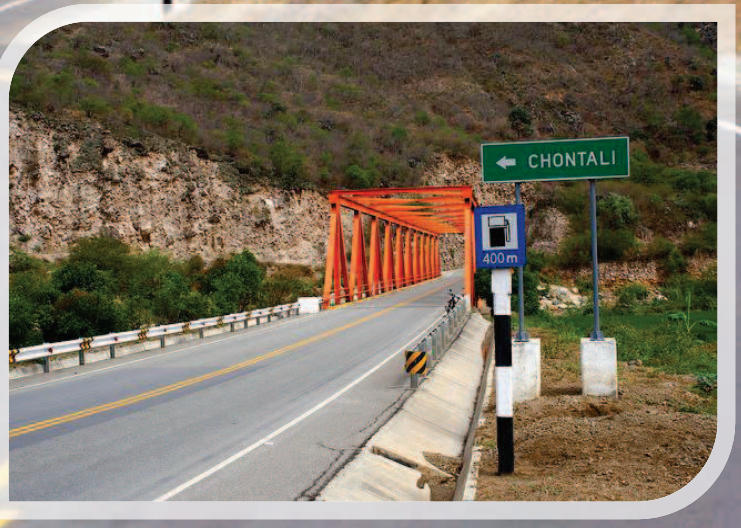
WALTER N. ZECENARRO MATEUS
DIRECTOR GENERAL
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

MANUAL DE CARRETERAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN

EG-2013



Actualizado a Junio 2013

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

MANUAL DE CARRETERAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN

EG-2013

TOMO I

Actualizado a Junio 2013

INDICE

TOMO I

PRESENTACIÓN

GENERALIDADES 3

Sección 01 Generalidades 7
Sección 02 Condiciones de licitación 21
Sección 03 Control de materiales 31
Sección 04 Control de calidad 39
Sección 05 Relaciones legales y responsabilidad ante el público 51
Sección 06 Desarrollo y progresión de la obra 65
Sección 07 Medición y pago 73
Sección 08 Seguridad laboral 79
Sección 09 Salubridad 85

CAPITULO I 91

TRABAJOS PRELIMINARES 91

Sección 101 Movilización y desmovilización de equipo 95
Sección 102 Topografía y georeferenciación 99
Sección 103 Mantenimiento de tránsito temporal y seguridad vial 109
Sección 104 Campamentos 123
Sección 105 Protección de restos arqueológicos 131

CAPITULO II 135

MOVIMIENTO DE TIERRAS 135

Sección 201 Desbroce y limpieza del terreno 139
Sección 202 Excavación para explanaciones 149

Sección 203 Remoción de derrumbes 167
Sección 204 Excavación general de túneles 175
Sección 205 Terraplenes 185
Sección 206 Pedraplenes 199
Sección 207 Mejoramiento de suelos 211
Sección 208 Obras de Encauzamiento 221
Sección 209 Conformación y acomodo de DME 227

CAPITULO III 233
AFIRMADOS 233
Sección 301 Afirmados 237
Sección 301.A Suelos estabilizados con cemento 247
Sección 301.B Suelos estabilizados con cal 261
Sección 301.C Suelo estabilizado con productos químicos 273
Sección 301.D Suelos estabilizados con sales 285
Sección 301.D Suelos estabilizados con Cloruro de Sodio 285
Sección 301.D Suelos estabilizados con Cloruro de Calcio 297
Sección 301.D Suelos estabilizados con Cloruro de Magnesio 309
Sección 301.E Suelos estabilizados con emulsión asfáltica 321

CAPITULO IV 335
CAPAS ANTICONTAMINANTES SUBBASES Y BASES 337
Sección 400 Disposiciones generales 341
Sección 401 Capa anticontaminante 353
Sección 402 Subbases granulares 359
Sección 403 Bases granulares 369
Sección 403.A Base de concreto hidráulico poroso 379
Sección 403.B Base de concreto asfáltico poroso 399
Sección 403.C Base de concreto hidráulico 411
Sección 412 Plantas de producción de materiales 443
Sección 413 Capa de agregado - suelo vegetal para recubrimiento 453
Sección 414 Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil 459

PAVIMENTOS FLEXIBLES 465

Sección 415 Disposiciones generales 469

Sección 416 Imprimación asfáltica 491

Sección 417 Riego de liga 501

Sección 418 Tratamientos superficiales 507

Sección 419 Sello asfáltico 523

Sección 420 Mortero asfáltico 531

Sección 421 Sello de fisuras 545

Sección 422 Sello de grietas 551

Sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente 559

Sección 424 Pavimento de concreto asfáltico en frío 603

Sección 425 Micropavimento 643

Sección 426 Cemento asfáltico 659

Sección 427 Emulsión asfáltica 665

Sección 428 Asfaltos líquidos 671

Sección 429 Filler 677

Sección 430 Mejoradores de adherencia 683

Sección 431 Cemento asfáltico modificado con polímeros 691

Sección 432 Emulsión asfáltica modificada con polímeros 701

Sección 433 Pavimento de concreto asfáltico con mezclas porosas 709

Sección 434 Pavimento de concreto asfáltico con mezclas Stone Mastic Asphalt (SMA) 729

Sección 435 Fresado de pavimento asfáltico 747

Sección 436 Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en caliente 755

Sección 437 Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en frío 771

PAVIMENTOS RIGIDOS 797

Sección 438 Pavimento de concreto hidráulico 801

Sección 439 Suministro de cemento portland 853

Sección 440 Pavimento de adoquines de concreto o piedra 867

TOMO II 879

CAPITULO V 881

DRENAJE 881

Sección 501 Excavación para estructuras 885

Sección 502 Rellenos para estructuras 895

Sección 503 Concreto estructural 905

Sección 504 Acero de refuerzo 939

Sección 505 Tubería de concreto simple 949

Sección 506 Tubería de concreto reforzado 959

Sección 507 Tubería metálica corrugada 969

Sección 508 Tubería de polietileno de alta densidad 981

Sección 509 Subdrenes 991

Sección 510 Cunetas revestidas de concreto 1001

Sección 511 Geotextiles 1009

Sección 512 Subdrenes con geotextil y material granular 1023

Sección 513 Geotextil para pavimentación 1031

Sección 514 Capa Filtrante 1039

CAPITULO VI 1041

OBRAS COMPLEMENTARIAS 1041

Sección 601 Mampostería 1045

Sección 602 Gaviones 1055

Sección 603 Defensas ribereñas 1061

Sección 604 Demoliciones 1067

Sección 605 Delimitación y Señalización del Derecho de Vía 1079

CAPITULO VII 1083

TRANSPORTE 1083

Sección 700 Transporte 1087

CAPITULO VIII 1093

SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL 1093

Sección 800 Disposiciones generales 1097

Sección 801 Señales preventivas 1123

Sección 802 Señales reglamentarias 1127

Sección 803 Señales informativas 1131

Sección 804 Postes Delineadores 1135

Sección 804.A Tachas Retroreflectivas 1145

Sección 805 Marcas en el pavimento 1161

Sección 806 Barreras de Seguridad Vial 1173

Sección 807 Guardavías metálicos 1183

Sección 808 Barrera de seguridad de concreto 1193

Sección 809 Captafaros 1201

Sección 810 Postes de kilometraje 1207

CAPITULO IX 1211

PROTECCIÓN AMBIENTAL 1211

Sección 901 Capa superficial de suelo 1215

Sección 902 Árboles y arbustos para cobertura vegetal de terreno 1221

Sección 903 Herbáceas para cobertura vegetal de terreno 1231

Sección 904 Mallas y sistemas de confinamiento celular para el control de la erosión 1239

Sección 905 Fuentes de agua 1249

Sección 906 Recuperación ambiental de áreas afectadas 1255

ANEXOS 1259

Anexo 1 Proceso aleatorio para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo 1263

Anexo 2 Índice de partidas 1271

PRESENTACIÓN

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles; así como de fiscalizar su cumplimiento.

El Manual de **"Especificaciones Técnicas Generales para Construcción"** forma parte de los **Manuales de Carreteras** establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

El Manual de **"Especificaciones Técnicas Generales para Construcción"** tiene por finalidad uniformizar las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos de las actividades relativas a las obras de infraestructura vial, con el propósito de estandarizar los procesos que conduzcan a obtener los mejores índices de calidad de la obra, que a su vez tienen por objeto prevenir y/o evitar las probables controversias que se generan en la administración de los contratos.

El presente Manual de **"Especificaciones Técnicas Generales para Construcción"** constituye una versión revisada y corregida del Manual de Carreteras EG-2013 aprobada en Enero del presente año y está organizado, al igual que la anterior presentación, en capítulos y secciones que abarcan las diferentes actividades o partidas y materiales empleados en la ejecución de las obras viales.

El Manual de **"Especificaciones Técnicas Generales para Construcción"** debe ser utilizado sin modificación alguna, en todo caso, si durante la elaboración de los estudios o ejecución de obras surge la necesidad de incluir trabajos no contemplados, se propondrá como "Especificaciones Especiales" ante la entidad contratante, quien se encargará de su aprobación y reporte al órgano normativo de la infraestructura vial del MTC.

Teniendo en consideración que como toda ciencia y técnica, la ingeniería vial está en permanente cambio e innovación, es necesario que el presente documento sea revisado y actualizado periódicamente por el órgano normativo de la infraestructura vial del MTC, con la siguiente denominación: **"Especificaciones Técnicas Generales para Construcción"** (EG - año de actualización).

Lima, Junio de 2013

GENERALIDADES

SECCION 01

GENERALIDADES

SECCIÓN 01

Generalidades

El Manual de "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" es de carácter general y responde a la necesidad de promover la uniformidad y consistencia de las partidas y materiales que son habituales en proyectos y obras viales.

También tienen por función las de prevenir y disminuir las probables controversias que se generan en la administración de los Contratos y propugnar la calidad del trabajo, para cuyo logro, se considera importante que los ejecutores promuevan mecanismos de autocontrol de calidad de obra y la aceptación satisfactoria por parte de la entidad contratante. La Supervisión tendrá la función de efectuar el Control de Calidad de la Obra para lo cual contará con los elementos técnico-logísticos que requiera el Proyecto.

Un aspecto a destacar en las presentes Especificaciones es considerar la importancia que tiene el factor humano y su entorno socio ambiental en la ejecución de las obras viales, tomando las acciones y previsiones necesarias con la finalidad de mitigar los impactos socio ambientales, permitiendo un adecuado nivel de seguimiento y control para la preservación de los ecosistemas y la calidad de vida de la población.

01.01 Las especificaciones generales dentro del contrato de ejecución de obra

Las especificaciones técnicas generales de este manual que sea necesario utilizar en un determinado proyecto, formarán parte de los documentos del contrato y compromete a las partes que lo suscriben.

Toda normativa a la que se hace referencia en estas especificaciones generales debe estar vigente; en caso, alguna de ellas sufriera modificación o actualización durante el periodo de vigencia de estas especificaciones generales, debe tomarse en consideración.

01.02 Especificaciones especiales

Las especificaciones especiales serán de uso exclusivo para el proyecto para el cual ha sido propuesto, las cuales deben ser aprobadas por la entidad contratante y pasarán a formar parte del expediente técnico del proyecto. Así mismo dichas especificaciones luego de su aprobación deberán ser reportadas al órgano normativo de la infraestructura vial del MTC, para que evalúe la posibilidad de su incorporación en el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.

01.03 Organización de las especificaciones generales

Las "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" tienen la siguiente estructura y organización:

CAPÍTULOS

Abarcan una serie de aspectos análogos en cuanto a rubros de construcción que frecuentemente se utilizan en Proyectos viales.

Un capítulo puede contener varias SECCIONES.

SECCIONES

Una sección trata específicamente una determinada tarea de construcción que generalmente constituye una partida que conforma el Expediente Técnico del Proyecto.

Una sección estará conformada por SUBSECCIONES que por lo general abarcan lo siguiente:

- Descripción
- Materiales
- Equipo
- Requisitos para la construcción
- Medición
- Pago, y
- Otros

Codificación de partidas

La organización que se ha previsto para las Especificaciones Técnicas, permiten una adecuada codificación y la previsión necesaria para que periódicamente, en la medida que sea necesario, puedan ser ampliadas, revisadas y/o mejoradas.

La codificación responderá al siguiente criterio:

Cada uno de los capítulos llevará como identificación un dígito comenzando por 1, con progresión correlativa para los siguientes que se definan como tales.

SECCIONES

El espacio reservado por las secciones que se pueden introducir en un capítulo tendrá una capacidad de 99 secciones. A fin de poder albergar, intercalar o ampliar otras secciones que se requieran, se pueden codificar las secciones con intervalos entre cada una de ellas.

SUBSECCIONES

Las subsecciones tendrán una numeración correlativa que identificará cada uno de los temas que son tratados dentro de la sección.

El criterio de codificación planteado puede apreciarse a manera ilustrativa en el siguiente ejemplo:

- **Capítulo 2:**

  "Movimiento de Tierras", identifica un determinado capítulo como un rubro general de actividad.

  - **Sección 202:**

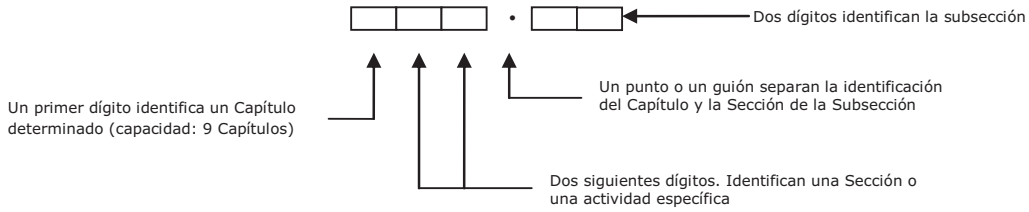
    "Excavación para Explanaciones", identifica una actividad específica de construcción que se encuentra dentro del Capítulo "Movimiento de Tierras". Generalmente una sección corresponde a una partida del presupuesto.

    - **Subsección 202.21:**

      "Medición", identifica la forma en que se efectuará la medición de la partida específica.

De esta forma el código 202.21 identifica la sección 02 asociada a la actividad "Excavación para Explanaciones" que se halla dentro del rubro general del capítulo 2 "Movimiento de Tierras". El punto decimal o un guión separador delimitan la Subsección 21 "Medición".

Gráficamente la codificación planteada será:



La identificación de la Subsección no es necesariamente la misma para una u otra sección, ya que dependerá de la cantidad de subsecciones que contenga una sección, lo que es variable en función de la importancia y complejidad de la actividad. En consecuencia la Subsección tiene carácter descriptivo y responde solo a la necesidad de una mayor o menor necesidad de características de métodos constructivos, preparación, materiales, tráfico, mantenimiento, mediciones, bases de pago y otros aspectos que requieran ser descritos o mencionados en una Subsección. Es correlativo solo para ordenar el texto y no tiene asociado ninguna característica específica.

La codificación de la sección es única y está asociada a una determinada actividad constructiva o de carácter general y a un determinado capítulo o grupo de actividades análogas. Las secciones tendrán una numeración correlativa y entre paréntesis se colocará el año de su creación o actualización.

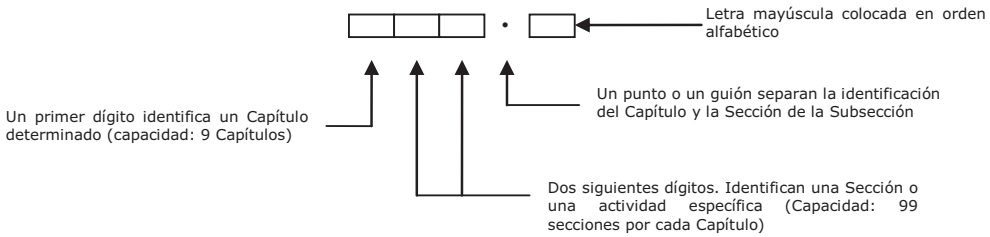
Ventajas de la codificación

- Identificación precisa de una determinada sección o partida.
- Permite uniformizar el Expediente Técnico de Licitación y Presupuestos, ya que la gran mayoría de actividades tendrá un código determinado al que se referirán todos los documentos del Expediente Técnico.
- Será posible incorporar y ampliar partidas no previstas en las Especificaciones Técnicas, pero necesarias en un Proyecto específico, aprovechando los intervalos de la codificación y la posibilidad de compatibilizar determinadas partidas dentro de un grupo de secciones.

- Los Proyectos viales deben referirse a la codificación de las especificaciones con el fin de uniformizar los criterios, tanto en la ejecución del Proyecto como en la construcción y control de las obras.

Partidas de pago

La presentación de los distintos ítems de pago sigue la siguiente codificación:



En cualquier Especificación Especial, se deberá seguir esta codificación para crear un nuevo ítem.

01.04 Abreviaturas

Las abreviaciones utilizadas en el texto del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, representan lo que se indica a continuación:

- **AASHTO:** American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.
- **ACI:** American Concrete Institute o Instituto Americano del Concreto.
- **AENOR:** Asociación Española de Normalización.
- **AFNOR:** Association Française de Normalization o Asociación Francesa de Normalización.
- **AI:** The Asphalt Institute o Instituto del Asfalto.
- **ANSI:** American National Standards Institute o Instituto Nacional de Normalización Estadounidense.
- **API:** American Petroleum Institute o Instituto Americano del Petróleo.
- **ASTM:** American Society for Testing and Materials ó Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.
- **AWS:** American Welding Society o Asociación de Soldadura Americana.

- **BS:** British Standards o Normas Británicas.
- **CEN:** Comité Europeo de Normalización.
- **(EG - año de actualización):** Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.
- **(DG - año de actualización):** Manual de Diseño Geométrico.
- **(EM - año de actualización):** Manual de Ensayo de Materiales.
- **(DCT - año de actualización):** Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.
- **EE:** Especificaciones Especiales.
- **FHWA:** Federal Highway Administration o Administración Federal de Carreteras.
- **INRENA:** Instituto Nacional de Recursos Naturales.
- **ISSA:** International Slurry Surfacing Association o Asociación Internacional de Superficies con lechadas asfálticas.
- **MTC:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- **NTL:** Normas Técnicas de Laboratorio (España).
- **NTP:** Norma Técnica Peruana.
- **PCA:** Portland Cement Association o Asociación del Cemento Portland.
- **SI:** Sistema Internacional de Unidades (Sistema Métrico Modernizado).
- **SLUMP:** Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (el SI en el Perú).
- **UNE:** Norma Técnica Española (AENOR)
- **UNE-EN:** Norma Técnica Española originada por la trasposición de una norma europea (AENOR)

01.05 Sistema de medidas

Las unidades de medida utilizadas y sus símbolos, corresponden al Sistema Legal de Unidades de Medida de Perú (SLUMP aprobada con la Ley 23560), que adopta a su vez las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI). El SI recomienda minimizar el uso de unidades de otros sistemas, pero en este Manual se han añadido otras unidades que se utilizan en el medio

peruano. Aquellas que no se encuentren incluidas en la lista siguiente, se definirán como lo establece el SLUMP o la norma ASTM E 380 "Standard Practice for Use of International System of Units (SI) (The Moderniced Metric System)" o, en su defecto, en las especificaciones y normas a las cuales se hace referencia en el presente documento.

El sistema empleado para separar decimales con una coma es el establecido por el Sistema Internacional, y es adoptado por la mayoría de los países. En cuanto a la separación por miles, se considera necesario adoptar el punto, para evitar confusiones con los espacios (ejemplo: 1.234,55).

a. Unidades básicas

Símbolo	Unidad de Medida	Magnitud Física
m	metro	longitud
kg	kilogramo	masa
s	segundo	tiempo
K	Kelvin	temperatura termodinámica
cd	candela	intensidad luminosa

b. Unidades derivadas con nombre y símbolo propios

Símbolo	Unidad de Medida	Magnitud Física
Hz	Hertz (s^{-1}) (Hercio)	frecuencia
N	Newton ($Kg.m/s^2$)	fuerza
Pa	Pascal (N/m^2)	presión
J	Joule (N.m)(Julio)	energía, trabajo
W	Watt (J/s) (Vatio)	potencia, flujo radiante
V	Voltio (W/A)	potencial eléctrico
lx	lux	iluminación
rad	ángulo plano	radián
Ω	Ohm (V/A) Ohmio	resistencia eléctrica
°C	grado Celsius (grado centígrado)	temperatura
°	grado angular	ángulo plano
H	Henry (Henrio)	inductancia

c. Otras unidades derivadas

Símbolo	Unidad de Medida	Magnitud Física
m^2	metro cuadrado	área
m^3	metro cúbico	volumen
m^3-km	metro cúbico por kilometro	volumen por distancia
kg/m^3	kilogramo por metro cúbico	densidad
m/s	metro por segundo	velocidad

d. Prefijos

Símbolo	Prefijo	Valor
E	exa	10^{18}
P	peta	10^{15}
T	tera	10^{12}
G	giga	10^{9}
M	mega	10^{6}
k	kilo	10^{3}
m	mili	10^{-3}
µ	micro	10^{-6}
n	nano	10^{-9}
p	pico	10^{-12}
f	femto	10^{-15}
a	atto	10^{-18}

e. Otros prefijos

Símbolo	Prefijo	Valor
h	hecto	10^{2}
da	deca	10^{1}
d	deci	10^{-1}
c	centi	10^{-2}

f. Unidades de otros sistemas utilizadas en Perú

Símbolo	Unidad de Medida	Magnitud Física
min	minuto	tiempo
h	hora	Tiempo
d	día	tiempo
l	litro	volumen
ton	tonelada métrica	masa
ha	hectárea	área

g. Notación para taludes (vertical: horizontal)

Para taludes con inclinación menor que 1:1, expresar la inclinación del talud como la relación de una unidad vertical a un número de unidades horizontales (1:n).

Para taludes con inclinación mayor que 1:1 expresar la inclinación del talud como la relación de un número de unidades verticales a una unidad horizontal (n:1).

01.06 Definiciones

La definición de los términos usados en el presente documento corresponden al "Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial", aprobado mediante Resolución Ministerial N.° 660-2008-MTC/02.

Así mismo, a continuación se incluyen la definición de los términos no contenidos en el indicado glosario y que serán de uso exclusivo para el presente documento.

Bases de Licitación

Documento que contiene todas las disposiciones, condiciones y procedimientos para efectuar una licitación y para el control administrativo de la obra durante su ejecución y hasta su liquidación final.

Contrato

Documento o instrumento jurídico suscrito entre la Entidad Licitante y el Contratista, de conformidad con las Leyes del Perú. En él se establecen los derechos y obligaciones de ambas partes.

Dispositivos de Control de Tránsito

Están conformados por las señales verticales y horizontales, semáforos y dispositivos auxiliares que tienen la función de facilitar al conductor la observancia estricta de las reglas que gobiernan la circulación vehicular, tanto en carreteras como en las calles de la ciudad.

Efecto

Todo comportamiento o acontecimiento del que pueda razonablemente decirse que ha sido influido por algún aspecto del programa o Proyecto.

Enfermedad Profesional

Enfermedad producto del trabajo diario en un ambiente dañino, que es de origen lento y se agrava también lentamente.

Entidad Licitante

Es la entidad pública que somete a licitación de acuerdo a las leyes del Perú, la ejecución de una determinada obra.

Impacto

Resultado de los efectos de un Proyecto (ONU, 1984) con alteraciones que se dan a mediano o largo plazo en la población objetivo y que pueden atribuirse única y exclusivamente al Proyecto.

Ingeniero Residente ó Superintendente

Profesional representante autorizado del Contratista, con la autoridad para actuar por él en la dirección de la obra.

Inspector

Funcionario de la Entidad Licitante en quien se ha delegado la responsabilidad de supervisar un determinado Proyecto.

Población afectada

Las personas que por resultado de las actividades relacionadas con un Proyecto reciben las consecuencias del mismo.

Proyecto

Comprende los estudios y las obras de una determinada intervención del Estado. Incluyendo el Reasentamiento Involuntario y el Plan de Conservación Ambiental.

Salubridad

Aspectos y condiciones que tienden a conservar y preservar la salud de los seres orgánicos.

Salud

Estado en que el ser orgánico ejerce normalmente todas sus funciones.

Tráfico de Diseño

Número de aplicaciones de carga para el período de diseño del Proyecto. Si el número de aplicaciones es menor de 10^4 se considera Tráfico Ligero. Si el número de aplicaciones es mayor o igual a 10^4 y menor de 10^6 se considera como tráfico Medio. Si el número de aplicaciones es mayor o igual a 10^6, se considera tráfico pesado.

Zona del Proyecto

Área que comprende al Proyecto y las zonas adyacentes o complementarias requeridas por este.

SECCION 02

CONDICIONES DE LICITACIÓN

SECCIÓN 02

Condiciones de licitación

Las condiciones generales de la contratación se encuentra determinado por los actos comprendidos en el proceso de selección que se inicia con la convocatoria, incluye base legal, registro de participantes y entrega de bienes, formulación y absolución de consultas, elevación de observaciones al OSCE e integración de las bases, forma de presentación de la propuestas, contenido de la propuesta técnica, económica, evaluación de propuestas, otorgamiento y consentimiento de la buena pro, solución de controversias, suscripción y vigencia del contrato, requisitos de las garantías, ejecución de las garantía, régimen de penalidades, adelantos y pagos.

Todos estos aspectos básicos deben estar contenidos en las Bases que prepara la Entidad convocante, acorde a la normatividad vigente.

En el caso de obras se debe contar con el expediente técnico aprobado y cumplirse con las demás obligaciones establecidas en el ordenamiento legal como a continuación se detalla:

Tabla 02-01

Número	Descripción	Fecha de Publicación
	Constitución Política del Estado, Título III, Capítulo IV, Artículo 76	30 DIC.1993
D. Leg. Nº 1017	Decreto Legislativo que aprueba la ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento Decreto Supremo Nº 184-2008-EF	04 JUN.08; entraron en vigencia el 1 FEB.2009 de conformidad al Decreto de Urgencia Nº 014-2009 pub. 31 ENE.2009
Ley Nº …	Ley de presupuesto del Sector Público	vigente
Ley Nº 27293	Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública y sus modificatorias	28 JUL.2000
D.S. Nº 102-2007 EF modificada por D.S. Nº 038-2009-EF	Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Inversión Pública y su modificatoria	El Reglamento publicado el 19 JUL07 y la modificatoria el 16 FEB.09
Resolución Directoral Nº 002-2009-EF/68.01	Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública	05 FEB.2009

En toda contratación para construcción de carreteras se aplicarán criterios para garantizar la sostenibilidad ambiental, procurando evitar impactos ambientales negativos en concordancia con la normatividad aplicable vigente, entre las cuales se indican las siguientes:

Tabla 02-02

Número	Descripción	Fecha de Publicación
D.S. Nº012-2009-MINAM	Política Nacional del Ambiente	23 MAY.2009
Ley Nº 28611 D. L. Nº 1055	Ley General del Ambiente que modifica la Ley Nº 28611	15 OCT.2005 27 JUN.2008
Ley Nº 28245 D.S. Nº 08-2005-PCM	Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental Reglamento	04 JUN.2004 28 ENE.2005
D. L. Nº 1078 que modifica la Ley Nº 27446	Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental	28 JUN.2008
D. S. Nº 019-2009-MINAM	Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental	25 SET.2009
Ley Nº 29338	Ley de Recursos Hídricos	31 MAR.2009
D.S. Nº 001-2010-AG	Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos	24 MAR.2010
D.S. Nº 002-2009-MINAM	Reglamento sobre Transparencia acceso a la información pública ambiental y participación y consulta ciudadana en asuntos ambientales	17 ENE.2009
D. L. Nº 1065 modifica Ley Nº 27314	Modifica Ley General de Residuos Sólidos	28 JUN.2008
Ley N° 29785	Ley del Derecho a la Consulta Previa a los Pueblos Indígenas u Originarios, reconocidos en el Convenio 169 de la OIT	6 SET.2011
D.S. N° 001-2012-MC	Reglamento de la Ley N° 29785	2 ABR.2012

Las obras se ejecutaran con el menor impacto ambiental, principalmente en lo relativo a la utilización de suelos, cursos de agua, calidad del aire, fauna y flora silvestre, así como la relación con la comunidad afectada por el Proyecto.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones es la autoridad en esta materia a través de la Dirección General de Asuntos Socio Ambiental, la misma que se encarga de velar por el cumplimiento de las normas vigentes aplicables con el fin de asegurar la viabilidad socio ambiental de los proyectos de infraestructura, indicándose entre otros, los siguientes conceptos y normas:

a. Protección y preservación del medio ambiente

Tabla 02-03

Número	Descripción	Fecha de Publicación
	Manual Ambiental para el Diseño y Construcción de Vías	1995
R.D. Nº 068-2005-MTC/ 16	Manual de Gestión Socio Ambiental para Proyectos Viales Departamentales	22 NOV.2005
	Guía Ambiental para la Rehabilitación y Mantenimiento de Caminos Rurales	
	Manual de Concienciación Ambiental para la Rehabilitación y el Mantenimiento de Caminos Rurales	
	Guía para la Determinación de los Costos Ambientales en Carreteras	1995
R.V.M. N.º 226-99MTC/15.02	Guía para Supervisión Ambiental de Carreteras	1999
	Informe de Supervisión Ambiental. Especificaciones Técnicas Generales	
	Medidas Ambientales a ejecutar finalizadas las Obras	
	Guía para elaborar Estudios de Impacto Ambiental en el Sector Transportes	
	Guía para el Desarrollo de Auditorías e Inspectorías Ambientales de Proyectos Viales	1995
R.N.M.Nº 1079-2007-MTC/ 02	Lineamientos para la Elaboración de los Términos de referencia de los estudios de Impacto Ambiental para proyectos de infraestructura vial	28 DIC.2007

En el ámbito nacional las normas que tienen relación con la Protección y Preservación del Medio Ambiente, entre otras son las siguientes:

Tabla 02-04

Número	Descripción	Fecha de Publicación
Art. 66-69 Del ambiente y Recursos Naturales	Constitución Política, Título III, Capítulo II	30 DIC.1993
Ley Nº 26410	Ley del Consejo Nacional del Ambiente	22 DIC.1994
Ley Nº 28245	Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental	08 JUN.2004
D.S. Nº 08-2005-PCM	Reglamento Ley Marco de Gestión Ambiental	28 ENE.2005
Ley Nº 28611	Ley General del Ambiente	15 OCT.2005
D. L. Nº 1013	Ley de Creación Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente	14 MAY.2008
Res. Contraloría Nº 470-2008-CG	Guía de Auditoría Ambiental Gubernamental	01 NOV.2008
Ley Nº 29256	Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos	04 JUL.2007
D.S. Nº 021-2008-MTC	Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos	10 JUN.2008
Ley Nº 28804	Regula Declaratoria de Emergencia Ambiental	21 JUL.2006
Ley Nº 26786	Ley de Evaluación del Impacto Ambiental para obras y actividades	1997
Ley Nº 26834	Ley de Áreas Naturales Protegidas	1997
Ley Nº 26913	Ley que modifica el Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales	1998
Ley Nº 613-90	Obligación de realizar estudios de Impacto Ambiental (EIA) derogado por la Ley Nº 28611	1990
D.L. Nº 757-91	Ley Marco Crecimiento de la inversión Privada	13 NOV.1991
Ley Nº 28221	Ley que regula el derecho por extracción de materiales de los álveos o cauces de los ríos por las municipalidades	07 MAY.2004
D.S. N.º 037-96-EM	Normas para aprovechamiento de canteras de materiales de construcción que se utilizan en obras de infraestructura del Estado	28 OCT.1996
R.M. Nº 188-97-EM/VMM	Reglamento de normas para el aprovechamiento de canteras	1997
Ley Nº 28221	Ley que regula el derecho por extracción de materiales de alveolos o cauces de los ríos por las municipalidades	11 MAY.2004
D.S. N.º 044-98-PCM	Reglamento Nacional para la aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles	11 NOV. 1998
D.S. Nº 047-2001-MTC	Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial	0CT.2001

Las obras se ejecutaran con estricto cumplimiento de las recomendaciones descritas en el Estudio de Impacto Ambiental sobre Manejo de Áreas Ambientales.

b. Seguridad laboral

Tabla 02-05

Número	Descripción	Fecha de Publicación
R.S. N.º 021-83-TR	Normas Básicas de Seguridad e Higiene en Obras de Edificación	23 MAR.1983
D.S. Nº 009-2005-TR Mod. D.S. Nº 007-2007-TR	Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo y su modificatoria	28 SET.2005 y la modificación el 06 ABR.2007
D.L. N.º 18846	Ley de Accidentes de Trabajo. Declarada no válido por Ley N.º 29477. Restablecen vigencia del D.L. Nº 18846 sobre Seguro de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales a través de la Ley N.º 26183 de 1993.	1971
Ley N.º 26183	Restablece a la Ley de Accidentes de Trabajo	1993
Ley N.º 26790	Ley de Modernización de la Seguridad Social en Salud	17 MAY.1997
D.S.Nº 009-97-SA	Reglamento de la Ley de Modernización de la Seguridad Social en Salud	09 SET.1997
D.S. Nº 003-98-SA	Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo	14 ABR.1998
D.S. Nº 009-2005-TR Mod. D.S.Nº 007-2007-TR	Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo y su modificatoria	28 SET.2005 modificado del 06 ABR.2007
D.S. N.º 046-2001-EM	Reglamento de Seguridad e Higiene Minera	26 JUL.2001
Ley N.º 26636	Ley Procesal del Trabajo	24 JUN.1996
D.L. N.º 728	Texto Único Ordenado del Decreto Legislativo que rige para los trabajadores sujetos al régimen laboral privado	1991
D.L. N.º 688	Ley de Consolidación de Beneficios Sociales	1991
D.S. N.º 024-2001-TR	Reglamento de la Ley de Consolidación de Beneficios Sociales	2001
Ley N.º 28806 modificado por Ley N.º 29346	Ley General de Inspección del Trabajo y su modificatoria	19 JUN.2006 modificado el 09 ABR.2009
D.S. N.º 019-2006-TR Mod. D.S. Nº 019-2007-TR	Reglamento de la Ley General de Inspección del Trabajo	29 OCT.2006 modificado el 11 SET.2007

c. Aspectos socio culturales

Tabla 02-06

Número	Descripción	Fecha de Publicación
Art. 21 Patrimonio Cultural de la Nación	Constitución Política del Perú	1993
Ley N.º 27972	Ley Orgánica de Municipalidades	27 MAY.2003
Ley N.º 27616	Ley que restituye recursos a los gobiernos Municipales	29 DIC.2001
Ley Nº 27867	Ley Orgánica de Gobiernos Regionales	26 JUN.2007
Ley N.º 29313 que modifica la Ley N.º 26300	Ley de los Derechos de Participación y Control Ciudadanos	07 ENE.2009
D.S. Nº 002-2009-MINAM	Reglamento sobre Transparencia Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales	16 ENE.2009
Ley N.º 27580	Ley que dispone medidas de protección que debe aplicar el Instituto Nacional de Cultura para la ejecución de obras en bienes culturales inmuebles	06 DIC.2001
D.L. N.º 696	Ley de Promoción de la Inversión Privada en Acciones de Renovación Urbana	1991
D.S. N.º 11-95-MTC	Reglamento del Decreto Legislativo Nº 696.	1995
Ley N° 27181	Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre	1995
D.S. N° 034-2008-MTC	Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial	2008
D.S. N° 017-2007-MTC	Reglamento de Jerarquización Vial	2007
Ley Nº 28296 Mod. por D. L. 1003	Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación y su modificación respecto al Art. 30 para la agilización en la ejecución de obras públicas	2004 modificación publicada el 02 MAY.2008
R.L. N.º 26236	Protección, Conservación y Recuperación de bienes arqueológicos, históricos y culturales.	1993
TITULO VIII DELITOS CONTRA EL PATRIMONIO CULTURAL (Art. 226- 231) Mod. por Ley N.º 27244	Código Penal D. L. Nº 635 y su modificatoria	Código año 1991 modificatoria 26 DIC.1999
Ley N.º 228567	Modifica el Art. 228 del Código Penal	02 JUL.2005
Ley Nº 29263 Arts. 304 - 307 sobre Delitos Ambientales Arts. 308 - 313 Delitos contra los Recursos Naturales	Ley que modifica diversos artículos del Código Penal y de la Ley General del Ambiente	02 OCT.2008
Art. 936 Protección al Patrimonio Cultural de la Nación	Código Civil D. L. Nº 295	25.JUL.1984

Tabla 02-06 (Continuación)

Número	Descripción	Fecha de Publicación
Ley Nº 27752	Ley que modifica Art. 82 del Código Procesal Civil sobre Patrocinio de Intereses Difusos	08 JUN.2002
Ley Nº 27444 art.34 Procedimiento de Evaluación Previa con silencio negativo , cuando la solicitud versa sobre asuntos de interés público (..) la defensa nacional y el patrimonio histórico cultural de la Nación.	Ley de Procedimiento Administrativo General	ABR.2001
Ley N.º 29060 Primera Disposición Transitoria Complementaria y Final	Ley del Silencio Administrativo	07 JUL.2007
D.S. Nº 010-09-VIVIENDA Norma G.050 Seguridad durante la Construcción	Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones	09 MAY.2009
Ley N.º 27117	Ley General de Expropiaciones	1999
Ley N.º 27628	Ley que facilita la ejecución de obras públicas viales	09 ENE.2002
Ley N.º 29171	Ley que establece medidas para agilizar el procedimiento de expropiación de los inmuebles afectados por la ejecución de obras públicas de infraestructura de gran envergadura	22 DIC.2007
Ley N.º 26512	Ley de Saneamiento de Inmuebles del Estado	27 JUL.1995
R.M. Nº 631-2007-VIVIENDA	Que precisa que la Dirección Nacional de Construcción será el órgano responsable de llevar a cabo las tasaciones	12 DIC.2007
R.M. Nº 126-2008-VIVIENDA	Reglamento Nacional de Tasaciones del Perú	13 MAY.2007
D.L. N.º 1089	Que regula el régimen temporal extraordinario de formalización y Titulación de Predios Rurales (que no es aplicable para el caso de los pueblos indígenas)	28 JUN.2008
D.S. Nº 032-2008-VIVIENDA	Reglamento del D. L. N.º 1089	14 DIC.2008

d. Aspectos de seguridad vial

Tabla 02-07

Número	Descripción	Fecha de Publicación
R.M. N.º 210-2000-MTC/15.02	Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras	03 MAY.2000
R.M. Nº 405-2000-MTC-02 que modifica la R.M N.º 210-2000-MTC/15.02	Modifican el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras	07 OCT.2000
R.M. Nº 733-2004-MTC-02 que modifica la R.M N.º 210-2000-MTC/15.02	Modifican el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras	29 SET.2004
R.M. N.º 870-2008-MTC/02	Modifican el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras	09 DIC.2008
R.D. N.º 050-2007-MTC/14	Directiva de Reductores de Velocidad Tipo Resalto	2007
R.M. N.º 824-2008-MTC/02	Directiva de Sistema de Contención de Vehículos Tipo Barreras de Seguridad	2008

e. Aspectos contractuales, de Procedimientos y de Control

Tabla 02-08

Número	Descripción	Fecha de Publicación
D.L. Nº 1071 que mod. Ley Nº 26572	Ley de Arbitraje	28 JUN.2008
D.L. Nº 1070 que mod. Ley Nº 26872	Ley de Conciliación	28 JUN.2008
D.S. 014-2008 JUS	Reglamento de la Ley de Conciliación	30 AGO.2008
Ley N.º 29370	Ley de Organización y funciones del Ministerio de Transporte y Comunicaciones	03 JUN.2009
Ley Nº 27785	Ley Orgánica del Sistema Nacional de Control y sus modificatorias	23 JUL.2002
Ley Nº 28716	Ley de Control Interno de las Entidades del Estado	18 ABR.2006
Res. Contraloría 196-2010-CG	Directiva sobre control previo externo de las prestaciones adicionales de obra	23 JUL.2010
R.M. Nº 846-2009	Modifican el TUPA del MTC	15 DIC.2009

SECCION 03

CONTROL DE MATERIALES

SECCIÓN 03

Control de materiales

03.01 Generalidades

Todos los materiales necesarios para la ejecución de las obras serán suministrados por el Contratista, por lo que es de su responsabilidad la selección de los mismos, de las fuentes de aprovisionamiento del Proyecto, teniendo en cuenta que los materiales deben cumplir con todos los requisitos de calidad exigidos en estas Especificaciones y requerimientos establecidos en los Estudios Técnicos y Ambientales del Proyecto.

Los precios consignados en los presupuestos de cada Proyecto deberán incluir los costos de transportes, carga, descarga, manipuleo, mermas y otros conceptos que pudieran existir.

El Contratista deberá conseguir oportunamente todos los materiales y suministros que se requieran para la construcción de las obras y mantendrá permanentemente una cantidad suficiente de ellos para no retrasar la progresión de los trabajos. En el caso de zonas caracterizadas por épocas de lluvias, huaycos, desbordes de ríos y fuertes variaciones climáticas suele darse la interrupción de las vías de comunicación lo cual impide el normal suministro de materiales, víveres y medicinas. Por previsión ante estas variaciones es responsabilidad del Contratista elaborar un Plan de Emergencia de previsión de almacenamiento de stock que cubra un lapso no menor de 30 días. La cuantificación del stock se elaborará basándose en una previa evaluación de los consumos mensuales y en función de las diferentes etapas del proceso de ejecución de la obra.

Los materiales suministrados y demás elementos que el Contratista emplee en la ejecución de las obras deberán ser de primera calidad y adecuados al objeto que se les destina. Los materiales y elementos que el Contratista emplee en la ejecución de las obras sin el consentimiento y aprobación del Supervisor deberán ser rechazados por éste cuando no cumplan los controles de calidad correspondientes.

03.02 Certificación de calidad

Los materiales a emplear en obra y que sean fabricados comercialmente deben estar respaldados por certificados del productor en el que se indique el cumplimiento de los requisitos de calidad que se establecen en estas especificaciones. La certificación debe ser entregada para cada lote de materiales o partes entregadas en la obra. Así mismo, de ser el caso el Contratista también presentará certificados de calidad emitidos por organismos nacionales oficiales.

Del mismo modo los materiales que por su naturaleza química o su estado físico presenten características propias de riesgo deben contar con las especificaciones de producción respecto a su manipulación, transporte, almacenamiento y medidas de seguridad a ser tenidas en cuenta.

Esta disposición no impide que la Supervisión solicite al Contratista, como responsable de la calidad de la obra, la ejecución de pruebas confirmatorias en cualquier momento en cuyo caso si se encuentra que no están en conformidad con los requisitos establecidos serán rechazados estén instalados o no. Las copias de los certificados de calidad del fabricante o de los resultados de las pruebas confirmativas deben ser entregadas al Supervisor.

Si el Supervisor cree necesario tanto tomar muestras como repetir o adicionar pruebas para verificar la calidad de los materiales, debido a que las pruebas del Contratista sean declaradas inválidas, no se hará pago de dicho trabajo puesto que se considera una obligación subsidiaria del Contratista.

03.03 Almacenamiento de materiales

Los materiales tienen que ser almacenados de manera que se asegure la conservación de su calidad para la obra y tienen que ser localizados de modo que se facilite su rápida inspección. Cualquier espacio adicional que se necesite para tales fines tiene que ser provisto por el Contratista sin costo alguno para la entidad contratante.

Los materiales aún cuando hayan sido aprobados antes de ser almacenados, pueden ser inspeccionados, cuantas veces sean necesarias, antes de que se utilicen en la obra.

En el almacenamiento de los materiales es responsabilidad del Contratista garantizar medidas mínimas de seguridad a fin de evitar accidentes que afecten físicamente a los trabajadores y personas que circulen en la obra.

Será responsabilidad del Supervisor la verificación del cumplimiento de las mismas, considerando que:

- Los materiales sean almacenados fuera del área de tránsito peatonal y de traslado de maquinarias y equipos.
- Los materiales no sean apilados contra tabiques y paredes sin comprobar la suficiente resistencia para soportar la presión. Se recomienda una distancia mínima de 0,50 m entre el tabique o pared y las pilas de material.
- Las barras, tubos, maderas, etc., se almacenen en casilleros para facilitar su manipuleo y así no causar lesiones físicas al personal.
- Cuando se trate de materiales pesados como tuberías, barras de gran diámetro, tambores, etc., se arrumen en camadas debidamente esparcidas y acuñadas para evitar su deslizamiento y facilitar su manipuleo.
- En el almacenamiento de los materiales, que por su naturaleza química o su estado físico presenten características propias de riesgo, se planifique y adopten las medidas preventivas respectivas según las especificaciones técnicas dadas por el productor.
- Las medidas preventivas así como las indicaciones de manipulación, transporte y almacenamiento de los materiales de riesgo, sean informadas a los trabajadores mediante carteles estratégicamente ubicados en la zona de almacenamiento.
- El acceso a los depósitos de almacenamiento, está permitido solamente a personas autorizadas y en el caso de acceso a depósitos de materiales de riesgo, las personas autorizadas deberán estar debidamente capacitadas en las medidas de seguridad a seguir y así mismo, contar con la protección adecuada requerida según las especificaciones propias de los materiales en mención.

Todas las áreas de almacenamiento temporal e instalaciones de las plantas, tienen que ser restauradas a su estado original por el Contratista según las Normas contenidas en los Manuales y Reglamentos de Medio Ambiente que forman parte del Expediente Técnico y según lo estipulado en la **Sección 906.**

03.04 Transporte de los materiales

Todos los materiales, tanto los transportados a obra como los generados durante el proceso constructivo, tienen que ser manejados en tal forma que conserven su calidad para el trabajo. Los agregados tienen que ser transportados desde lugar de almacenaje o de producción hasta la obra en vehículos cubiertos y asegurados a la carrocería, de tal modo que eviten la pérdida o segregación de los materiales después de haber sido medidos y cargados.

El transporte de los materiales debe sujetarse a las medidas de seguridad, según las normas vigentes y deben estar bajo responsabilidad de personas competentes y autorizadas. Los medios empleados para el transporte de materiales deben ser adecuados a la naturaleza, tamaño, peso, frecuencia de manejo del material y distancia de traslado para evitar lesiones físicas en el personal encargado del traslado de los materiales y reducir el riesgo de accidentes durante el proceso de traslado.

Los equipos y vehículos de transporte de materiales deberán ser operados por personal autorizado y debidamente capacitado para ello.

Antes de ingresar a vías pavimentadas, se deberán limpiar los neumáticos de los vehículos. Cualquier daño producido por los vehículos de obra en las vías por donde transitan, deberán ser corregidos por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo.

03.05 Material provisto por la entidad contratante

Cualquier material proporcionado por la entidad contratante, será entregado o puesto a disposición del Contratista en los almacenes y lugares que se indiquen en el contrato. El costo del transporte a obra, manejo y la colocación de todos esos materiales después de entregados al Contratista se considerará incluido en el precio del contrato para la partida correspondiente a su uso. El Contratista será responsable de todo el material que le sea entregado. En caso de daños que puedan ocurrir después de dicha entrega se efectuarán las deducciones correspondientes y el Contratista asumirá las reparaciones y reemplazos que fueran necesarios, así como por cualquier demora que pueda ocurrir.

03.06 Inspección en las fuentes de producción

El Supervisor puede llevar a cabo la inspección de materiales en las fuentes de producción y en los laboratorios de control de calidad. Se pueden obtener

muestras de material para realizar ensayos de laboratorio y así comprobar que se cumplen los requisitos de calidad del material.

Esta puede ser la base de aceptación de lotes fabricados en cuanto a la calidad. En todos los casos que se realice una inspección, el Supervisor tendrá la cooperación y ayuda del Contratista y del productor de los materiales y contar con libre acceso a todas las instalaciones y laboratorios de control de calidad.

Las fuentes de producción serán inspeccionadas periódicamente para comprobar su cumplimiento con métodos especificados.

03.07 Uso de materiales encontrados en la ejecución de la obra

Excepto cuando se especifique de otra forma, todos los materiales adecuados que sean encontrados en la excavación, tales como piedra, grava o arena, deberán ser utilizados en la construcción de terraplenes o para otros propósitos según se haya establecido en el contrato o según ordene el Supervisor. El Contratista no deberá excavar o remover ningún material fuera del derecho de vía de la carretera, sin autorización escrita de la entidad competente y/o propietario.

En caso que el Contratista haya producido o procesado material en exceso a las cantidades requeridas para cumplir el contrato, la entidad contratante podrá tomar posesión de dicho material en exceso, incluyendo cualquier material de desperdicio, sin obligación de reembolsar al Contratista por el costo de producción, o podrá exigir a este, que retire dicho material y restaure el entorno natural a una condición satisfactoria a su costo.

Para el caso de materiales extraídos, según lo indica la Ley Nº 26737, el D.S. Nº 013-97-AG y el D.S. Nº 016-98-AG, el volumen extraído de los materiales de acarreo, será de acuerdo al autorizado en el permiso otorgado, el cual debe corresponder al expediente técnico de la obra. Luego de finalizada la obra el material excedente quedará a la disponibilidad de la Administración Técnica del Distrito de Riego.

Los materiales excedentes de la obra, serán dispuestos y acondicionados en los lugares debidamente autorizados (DME), según lo establecido en la **Sección 209.**

El material de cobertura vegetal u orgánica que se destine para su uso posterior en actividades de revegetación de taludes, canteras u otros fines, se almacenará en sitios adecuados para este propósito, hasta su utilización

cuidando de no mezclarlo con otros materiales considerados como desperdicios.

03.08 Materiales defectuosos

Todo material rechazado por no cumplir con las especificaciones exigidas, deberá ser restituido por el Contratista y queda obligado a retirar de la obra los elementos y materiales defectuosos a su costo, en los plazos que indique el Supervisor.

SECCION 04

CONTROL DE CALIDAD

SECCIÓN 04

Control de calidad

Descripción

04.01 Generalidades

En esta sección se muestran en forma general, los distintos aspectos que deberá tener en cuenta el Supervisor para realizar el Control de Calidad de la obra, entendiendo el concepto como una manera directa de garantizar la calidad del producto construido. Asimismo el Contratista debe realizar su propio control de la calidad de la obra.

La Supervisión controlará y verificará los resultados obtenidos y tendrá la potestad, en el caso de dudas, de solicitar al Contratista la ejecución de ensayos especiales en un laboratorio independiente.

La responsabilidad por la calidad de la obra es única y exclusivamente del Contratista. Cualquier revisión, inspección o comprobación que efectúe la Supervisión no exime al Contratista de su obligación sobre la calidad de la obra.

Requerimientos de construcción

04.02 Laboratorio

El Laboratorio de la Supervisión, así como el del Contratista deberá contar con los equipos que se requieren en el Expediente Técnico. Todos los equipos, antes de iniciar la obra, deberán poseer certificado de calibración, expedido por una firma especializada o entidad competente de acuerdo al Reglamento de Acreditación de Organismos de Certificación, Organismos de Inspección y Laboratorios de Ensayo y Calibración. Este certificado debe tener una fecha de expedición menor de 1 mes antes de la orden de inicio.

La certificación de calibración de los equipos deberá actualizarse cada 6 meses, contados estos a partir de la última calibración.

El sitio para el laboratorio debe estar dotado por lo menos de 4 áreas, las cuales deben estar delimitadas por ambientes separados, con las siguientes áreas mínimas:

- Área de Ejecución de Ensayos: 24 m^2
- Área de Almacenamiento de materiales: 12 m^2
- Área de Gabinete de Laboratorio: 12 m^2
- Área de laboratorio de Supervisión: 16 m^2

04.03 Organización

La Supervisión deberá establecer una organización para las labores de Control de Calidad de la obra, la cual estará compuesta como mínimo de la siguiente forma:

- Jefe de Supervisión: Profesional especializado y con la experiencia requerida de acuerdo al contrato suscrito con la entidad contratante.
- Jefe de Laboratorio: Profesional especializado en el manejo de laboratorios de suelos y pavimentos y con experiencia, acorde a lo requerido en el contrato suscrito con la entidad contratante.
- Laboratoristas Inspectores: Profesionales o técnicos de laboratorio con experiencia en control de calidad de obras viales, acorde a los requisitos y cantidades establecidos en el contrato suscrito con la entidad contratante.
- Ayudante de Laboratorio: Personal auxiliar para la ejecución de ensayos de laboratorio y de campo, en cantidades necesarias para la ejecución de un adecuado control de calidad en las labores de la supervisión.

El equipo de laboratorio, de acuerdo al tipo y magnitud de obra, será especificado en los contratos de obra y supervisión.

Los equipos de control de calidad deben contar con el equipamiento y apoyo logístico correspondiente para el adecuado cumplimiento de sus labores.

04.04 Rutina de trabajo

El Supervisor definirá acorde a la normatividad vigente, los formatos de control para cada una de las actividades que se ejecutarán en el Proyecto.

Si el control se hace en el sitio, deberá realizarse la comparación con el parámetro respectivo. Realizada la comparación, debe indicarse si se acepta

o rechaza la actividad evaluada. En el caso de rechazo debe especificarse las razones e indicarse la medida correctiva, luego de la cual se volverá a realizar un nuevo control con el mismo procedimiento.

Todos los formatos deberán ser firmados por las personas que participaron en las evaluaciones, tanto de parte del Contratista como del Supervisor. El grupo de calidad de la Supervisión elaborará semanalmente un programa de ejecución de pruebas de control de calidad coordinadamente con el Contratista, coherente con el programa de construcción y las exigencias de éstas especificaciones, en el cual, se defina localización, tipo y número de pruebas.

Mensualmente y acorde a lo establecido en el contrato, la Supervisión elaborará un Informe de Control de Calidad, en el cual se consignen los resultados de las pruebas, la evaluación estadística, las medidas correctivas utilizadas y las conclusiones respectivas.

La Supervisión presentará el Informe Mensual a la entidad contratante, así como los informes especiales que le solicite, en los términos y plazos establecidos en el contrato.

Al terminar la obra, la Supervisión remitirá el Informe Final de Calidad, a la entidad contratante. Los análisis irán acompañados de gráficos, tablas, resultados de análisis de laboratorio y pruebas de calidad, etc. Incluirá también la información estadística del conjunto y el archivo general de los controles y cálculos efectuados.

La Supervisión revisará la información técnica que pudiera presentar el Contratista y hará llegar a la entidad contratante con sus respectivos comentarios y recomendaciones.

04.05 Evaluación estadística de los ensayos, pruebas y materiales para su aceptación

En esta sección se describe el procedimiento de evaluación estadística para los ensayos, pruebas y materiales, que de acuerdo con esta especificación, requieran que se les tome muestras y/o se hagan pruebas con el fin de ser aceptados.

Para cada actividad y en su respectiva especificación se establecen los parámetros para los aspectos que se definen a continuación:

a. Sector de control

Corresponde a la extensión, área o volumen que debe ser evaluada mediante una prueba de campo y/o laboratorio. Para cada lote o tramo de prueba se tomarán como mínimo 5 muestras, los cuales serán evaluados estadísticamente.

b. Nivel de calidad

Calificación del grado de exigencia que debe aplicarse dependiendo de la importancia de la actividad evaluada. Para esta especificación se han determinado dos categorías:

- Categoría 1: Exigencia alta (no se admite tolerancia).
- Categoría 2: Exigencia normal (tolerancias establecidas en estas Especificaciones).

c. Tolerancia

Rango normalmente permitido por encima o por debajo del valor especificado o del determinado en un diseño de laboratorio.

El valor del límite superior aceptado (LSA) es igual al valor especificado más la tolerancia.

El valor del límite inferior aceptado (LIA) es igual al valor especificado menos la tolerancia.

d. Sitio de muestreo

Lugar donde se deben tomar las muestras para ser ensayadas en laboratorio, o donde se debe verificar la calidad en campo. Estos sitios se determinarán mediante un proceso aleatorio, cuya metodología se expone en el **Anexo 1**, u otro aprobado por la Supervisión en el sector de control.

04.06 Cálculo estadístico

Para evaluar estadísticamente la calidad de la información recolectada para cada prueba, se seguirá la siguiente rutina:

- Determine el promedio aritmético (X) y la desviación estándar (S) de los resultados determinados para cada una de las muestras (n) que forma una prueba.

- Calcule el Índice de Calidad Superior (ICS) así:

$$ICS = \frac{LSA - X}{S}$$

- Calcule el Índice de Calidad Inferior (ICI) así:

$$ICI = \frac{LIA - X}{S}$$

En la **Tabla 04-01** determine el porcentaje de trabajo por encima del límite superior aceptado (Ps), correspondiente al ICS.

- Asimismo, determine en la **Tabla 04-01** el porcentaje de trabajo por debajo del LIA (Pi), correspondiente al ICI.
- Calcule el porcentaje de defecto de la prueba así:

$$P_d = P_s + P_i$$

- Con el porcentaje de defecto calculado y el nivel de calidad de la actividad, se determina en la **Tabla 04-02** la aceptabilidad o el rechazo de la prueba.

Tabla 04-01

Porcentaje de trabajo estimado por fuera de los límites de la especificación

Porcentajes estimados por fuera de límites de la especificación (Ps y/o Pi)	Índice de Calidad Superior ICS o índice de Calidad Inferior ICI												
	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10ª n=11	n=12ª n=14	n=15ª n=17	n=18ª n=22	n=23ª n=29	n=30ª n=42	n=43ª n=66	n=67ª n=∞
0	1,72	1,88	1,99	2,07	2,13	2,20	2,28	2,34	2,39	2,44	2,48	2,51	2,56
1	1,64	1,75	1,82	1,88	1,91	1,96	2,01	2,04	2,07	2,09	2,12	2,14	2,16
2	1,58	1,66	1,72	1,75	1,78	1,81	1,84	1,87	1,89	1,91	1,93	1,94	1,95
3	1,52	1,59	1,63	1,66	1,68	1,71	1,73	1,75	1,76	1,78	1,79	1,80	1,81
4	1,47	1,52	1,56	1,58	1,60	1,62	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70
5	1,42	1,47	1,49	1,51	1,52	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,59	1,60
6	1,38	1,41	1,43	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50	1,50	1,51	1,51	1,52
7	1,33	1,36	1,38	1,39	1,40	1,41	1,41	1,41	1,42	1,43	1,43	1,44	1,44
8	1,29	1,31	1,33	1,33	1,34	1,35	1,35	1,36	1,36	1,37	1,37	1,37	1,38
9	1,25	1,27	1,28	1,28	1,29	1,29	1,30	1,30	1,30	1,31	1,31	1,31	1,31
10	1,21	1,23	1,23	1,24	1,24	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,26	1,26
11	1,18	1,18	1,19	1,19	1,19	1,19	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
12	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
13	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
14	1,07	1,07	1,07	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
15	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
16	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
17	0,97	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
18	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
19	0,90	0,89	0,88	0,88	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
20	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84	0,84	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
21	0,84	0,82	0,82	0.81	0,81	0,81	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79
22	0,81	0,79	0,79	0.78	0,78	0,77	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
23	0,77	0,76	0,75	0,75	0,74	0,74	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
24	0,74	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	,070	0,70
25	0,71	0,70	0,69	0,69	0,68	0,68	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,66

Tabla 04-01 (Continuación)

Porcentajes estimados por fuera de límites de la especificación (Ps y/o Pi)	Índice de Calidad Superior ICS o índice de Calidad Inferior ICI												
	n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10ª n=11	n=12ª n=14	n=15ª n=17	n=18ª n=22	n=23ª n=29	n=30ª n=42	n=43ª n=66	n=67ª n=∞
26	0,68	0,67	0,67	0,65	0,65	0,65	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63
27	0,65	0,64	0,63	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,60
28	0,62	0,61	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57
29	0,59	0,58	0,57	0,57	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,54
30	0,56	0,55	0,57	0,54	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
31	0,53	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
32	0,50	0,49	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
33	0,47	0,46	0,45	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,43
34	0,45	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,40
35	0,42	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
36	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
37	0,36	0,35	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32
38	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
39	0,30	0,30	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
40	0,28	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
41	0,25	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
42	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
43	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
44	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
45	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
46	0,10	0,1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
47	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
48	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
49	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 04-02

Determinación de aceptabilidad y rechazo

Aceptabilidad		Porcentaje de defecto calculado Pd = Ps+Pi												
Categoría		Índice de Calidad Superior ICS o índice de Calidad Inferior ICI												
		n=5	n=6	n=7	n=8	n=9	n=10ª n=11	n=12ª n=14	n=15ª n=17	n=18ª n=22	n=23ª n=29	n=30ª n=42	n=43ª n=66	n=67ª n=∞
I	II													
1,05	1,10				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1,04	1,09			0	1	3	5	4	4	4	3	3	3	3
1,03	1,08		0	2	4	6	8	7	7	6	5	5	4	4
1,02	1,07		1	3	6	9	11	10	9	8	7	7	6	6
1,01	1,06	0	2	5	8	11	13	12	11	10	9	8	8	7
1,00	1,05	22	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
0,99	1,04	24	22	20	19	18	17	16	15	14	13	11	10	9
0,98	1,03	26	24	22	21	20	19	18	16	15	14	13	12	10
0,97	1,02	28	26	24	23	22	21	19	18	17	16	14	13	12
0,96	1,01	30	28	26	25	24	22	21	19	18	17	16	14	13
0,95	1,00	32	29	28	26	25	24	22	21	20	18	17	16	14
0,94	0,99	33	31	29	28	27	25	24	22	21	20	18	17	15
0,93	0,98	35	33	31	29	28	27	25	24	22	21	20	18	16
0,92	0,97	37	34	32	31	30	28	27	25	24	22	21	19	18
0,91	0,96	38	36	34	32	31	30	28	26	25	24	22	21	19
0,90	0,95	39	37	35	34	33	31	29	28	26	25	23	22	20
0,89	0,94	41	38	37	35	34	32	31	39	28	26	25	23	21
0,88	0,93	42	40	38	36	35	34	32	30	29	27	26	24	22
0,87	0,92	43	41	39	38	37	35	33	32	30	29	27	25	23
0,86	0,91	45	42	41	39	38	36	34	33	31	30	28	26	24
0,85	0,90	46	44	42	40	39	38	36	34	33	31	29	28	25
0,84	0,89	47	45	43	42	40	39	37	35	34	32	330	29	27
0,83	0,88	49	46	44	43	42	40	38	36	35	33	31	30	28
0,82	0,87	50	47	46	44	43	41	39	38	36	34	33	31	29
0,81	0,86	51	49	47	45	44	42	41	39	37	36	34	32	30
0,80	0,85	52	50	48	46	45	44	42	40	38	37	35	33	31
0,79	0,84	54	51	49	48	46	45	43	41	39	38	36	34	32
0,78	0,83	55	52	50	49	48	46	44	42	41	41	37	35	33
0,77	0,82	56	54	52	50	49	47	45	43	42	42	38	36	34
0,76	0,81	57	55	53	51	50	48	46	44	43	43	39	37	35
0,75	0,80	58	56	54	52	51	49	47	46	44	44	40	38	36
0,74	0,79	60	57	55	53	52	51	48	47	45	43	41	40	37
0,73	0,78	61	58	56	55	53	52	50	48	46	44	43	41	38
0,72	0,77	62	59	57	56	54	53	51	49	47	45	44	42	39
0,71	0,76	63	61	58	57	55	54	52	50	48	47	45	43	40
0,70	0,75	64	62	60	58	57	55	53	51	49	48	46	44	41
		Valores mayores que los mostrados arriba												

	Aceptable
	Rechazado

04.07 Seguimiento de calidad. Resultado de prueba

Para actividades como construcción de bases, subbases, concretos asfálticos y concretos portland entre otras, se recomienda, realizar un seguimiento de la calidad en el tiempo, para efectuar lo anterior se usará el método de la media móvil con sus gráficos de control respectivos, como se indica a continuación.

Este procedimiento indicará al contratista y supervisor la homogeneidad del material producido y permitirá realizar las correcciones respectivas.

Corresponde al promedio de los ensayos realizados sobre las muestra tomadas para evaluar un sector de control. Cada prueba debe estar definida, por lo menos, por 5 muestras.

04.08 Media móvil

Para esta especificación, media móvil, corresponderá al promedio aritmético de 5 resultados de prueba consecutivas, los 4 últimos resultados del parámetro evaluado y aceptado más el resultado cuya aceptación se haya considerado.

04.09 Zona de alerta

Zona que se encuentra entre el valor especificado y los límites aceptados, bien sea superior o inferior (LSA o LIA). Deberán ser seleccionados por el Jefe de Laboratorio.

04.10 Gráfico de control

Para una observación rápida de la variación, se deberá representar gráficamente el resultado en el tiempo y en la progresiva del parámetro evaluado. Al inicio de la obra y hasta el quinto sector de control, los resultados de la media móvil, se observarán con precaución.

Si por algún motivo se cambia de fórmula de trabajo, se iniciará una nueva media móvil.

Aceptación de los trabajos

04.11 Criterios

La aceptación de los trabajos estará sujeta a la conformidad de las mediciones y ensayos de control. Los resultados de las mediciones y ensayos que se ejecuten para todos los trabajos, deberán cumplir y estar dentro de las

tolerancias y límites establecidos en las especificaciones técnicas de cada partida. Cuando no se establezcan o no se puedan identificar tolerancias en las especificaciones o en el contrato, los trabajos podrán ser aceptados utilizando tolerancias aprobadas por el Supervisor.

Pago

04.12

El Control de Calidad para todas las actividades desarrolladas por el Supervisor, y el Contratista, bajo las condiciones estipuladas por este ítem, no será objeto de pago directo. La Supervisión está obligada a contar por lo menos con el personal detallado en la **Subsección 04.03**, y el Contratista con todo lo necesario para su propio control de calidad de obra. Asimismo ambos deben contar con laboratorios, equipo, vehículos, aditivos y todo lo necesario para realizar los controles de campo y gabinete, así como los cálculos, gráficos y mantenimiento de archivos.

SECCION 05

RELACIONES LEGALES Y RESPONSABILIDAD ANTE EL PÚBLICO

SECCIÓN 05

Relaciones legales y responsabilidad ante el público

Descripción

05.01

Para que exista un contrato de obra del cual se derivan las obligaciones legales, exige la concurrencia de requisitos como son:

a) Que el contratista se obligue a ejecutar una obra o a la prestación de un servicio en beneficio de un tercero,

b) Por un precio determinado,

c) Asumiéndolo con libertad, autonomía técnica y directiva,

d) A su vez empleando en ella sus propios medios y asumiendo los riesgos del negocio, tales como la pérdida o destrucción de materiales, deficiencia de la obra o destrucción y

e) Respondiendo por todos los salarios prestaciones e indemnizaciones de carácter laboral. Por su parte el beneficiario de la obra se obliga a pagar por el trabajo realizado por un precio determinado.

El Contratista tiene la responsabilidad de estar completamente informado de todas las leyes, normas, códigos, ordenanzas, reglamentos, ordenes y decretos de cuerpos o tribunales que tengan cualquier jurisdicción o autoridad, que en cualquier forma afecten el manejo de la obra.

El Contratista observará y cumplirá en todo momento con dichas leyes, normas, códigos, ordenanzas, reglamentos, ordenes y decretos, debiendo dejar a salvo a la entidad contratante y a sus representantes contra cualquier juicio, reclamo o demanda por cualquier daño o perjuicio que ocasione cualquier persona o propiedad durante la ejecución de la obra por responsabilidad original o basada en la violación de cualquiera de tal normatividad.

Los daños que se ocasionen en redes de servicios públicos, restos arqueológicos o históricos, andenes, pavimentos, edificaciones, puentes, otras obras y demás estructuras vecinas a la vía, por causas imputables al Contratista debido a la operación de sus equipos, entre otras causas, serán reparados por su cuenta y a su costo.

Requerimientos de construcción

05.02 Permisos y licencias

Las entidades públicas que tengan a su cargo la ejecución de obras viales, quedan exceptuados del pago por los derechos de extracción de materiales que acarrean y depositan las aguas en los álveos o cauce de los ríos que comprenden los minerales no metálicos que se utilizan con fines de construcción tales como limos, arcillas, arenas, grava, guijarros, cantos rodados, bloques o bolones, entre otros.

En cuanto a la base legal sobre permisos de extracción de materiales de acarreo remitirse a la Ley Nº 28221 Ley que Regula el Derecho por Extracción de Materiales de los Álveos o Cauces de los Ríos por las Municipalidades.

Los requisitos mínimos acorde a la Ley indicada son las siguientes:

a) Tipo de material a extraerse y el volumen del mismo expresado en metros cúbicos.

b) Cauce o zona de extracción así como puntos de acceso y salida del cauce, todo ello expresado en base a coordenadas UTM.

c) Planos a escala 1/5000 en coordenadas UTM de los aspectos mencionados en el inciso anterior.

d) Ubicación de las instalaciones de clasificación y acopio si lo hubiere.

e) Sistemas de extracción y características de la maquinaria a ser utilizada.

f) Plazo de extracción solicitado.

05.03 Patentes y regalías

El Contratista es el único responsable del uso y pago de regalías y cualquier costo relacionado con el uso de patentes, marcas registradas y derechos reservados ya sea de equipo, dispositivos, materiales, procedimientos u otros.

En los precios contractuales deberá incluir estos costos, ya que la entidad contratante no reconocerá ningún pago por estos conceptos.

05.04 Restos arqueológicos y sitios históricos

En el caso de existencia de restos arqueológicos y sitios históricos se deberá tener en cuenta la normatividad sobre preservación del Patrimonio Arqueológico y Cultural contenido en la Ley Nº 28296 "Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación", en la Ley Nº 27972 "Ley Orgánica de Municipalidades" en cuanto a la participación funcional de los gobiernos locales y Código Penal.

Los planos y documentos del Proyecto deberán detallar la existencia de restos arqueológicos registrados en la zona en que se ejecutarán las obras. Para ello el proyectista con el apoyo de un profesional arqueólogo deberá efectuar las verificaciones en los archivos del Ministerio de Cultura. En el caso de existencia de sitios de interés paleontológico, minas, asentamientos humanos antiguos o de época colonial, monumentos históricos, reliquias, fósiles u otros objetos de interés histórico, deberán ser consignados en el Proyecto con su respectivo levantamiento topográfico y delimitación del área coordinada y autorizada por el Ministerio de Cultura. En estos casos el trazo de la vía no deberá afectar las áreas así definidas.

Durante la ejecución de las obras, se deberán seguir las siguientes estipulaciones:

- Si el Proyecto ha consignado restos arqueológicos y/o áreas de interés histórico, el Contratista asegurará la presencia del profesional o profesionales especializados requeridos, quienes tendrán la responsabilidad de la ejecución de las actividades de preservación y tratamiento de las afectaciones a que hubiere lugar en la etapa constructiva, hasta el término de la obra. Dichos profesionales además prepararán los informes correspondientes sobre el desarrollo de tales actividades y ejecutarán sus labores en coordinación con los representantes de la supervisión y entidad contratante encargada de tales labores, según dispongan los contratos respectivos.
- Si durante la ejecución de las obras se encuentran restos arqueológicos y/o sitios de carácter histórico no detectados previamente y no incluidos en los archivos del Ministerio de Cultura, el Contratista deberá suspender de inmediato los trabajos en el área del hallazgo, notificando a la Supervisión, quien informará tal hecho a la entidad

contratante para las acciones del caso. Este hecho no impedirá que se pueda suministrar un equipo permanente de resguardo y vigilancia en el área del hallazgo hasta que se reciban las instrucciones correspondientes.

05.05 Uso de explosivos

El uso de explosivos será permitido únicamente con la aprobación por escrito del Supervisor, previa presentación de la información técnica y diseño del plan de voladura que éste solicite. Antes de realizar cualquier voladura se deberán tomar todas las precauciones necesarias para la protección de las personas, vehículos, la plataforma de la carretera, instalaciones y cualquier otra estructura y edificación adyacente al sitio de las voladuras. Es responsabilidad del Contratista, en prevención y cuidado de la vida de las personas, establecer medidas preventivas de seguridad, las cuales serán verificadas por el Supervisor en el Plan y en el informe posterior a la actividad ejecutada; así mismo, es necesario considerar entre otros lo siguiente:

- La voladura se efectúe siempre que fuera posible a la luz del día y fuera de las horas de trabajo o después de interrumpir éste. Si fuera necesario efectuar voladuras en la oscuridad debe contarse con la iluminación artificial adecuada.
- El personal asignado a estos trabajos esté provisto y use los implementos de seguridad: casco, zapatos, guantes, lentes, tapones de oídos apropiados, etc.
- Aislar la zona en un radio mínimo necesario que será aprobada por la supervisión. Para impedir el ingreso de personas a la zona peligrosa mientras se efectúan los trabajos de voladura tomar entre otras, las siguientes medidas:
  - Apostar vigías alrededor de la zona de operaciones.
  - Desplegar banderines de aviso.
  - Fijar avisos visibles en diferentes lugares del perímetro de la zona de operaciones.
  - Cerrar el tráfico de vehículos y que no se encuentren estacionados vehículos en las inmediaciones.
- Oportunamente y antes de la voladura debe darse señales audibles e inconfundibles (sirena intermitente) para que las personas se pongan en lugares seguros previamente fijados.

- Después de efectuada la voladura y una vez que la persona responsable se haya cerciorado de que no hay peligro se dará otra señal audible e inconfundible de que ha concluido el peligro.

El Contratista deberá tener en cuenta y cumplir fielmente las disposiciones legales vigentes para la adquisición, transporte, almacenamiento y uso de los explosivos e implementos relacionados. Según lo establecido por el D.S. N° 055-2010-EM "Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería" u otras normas vigentes.

El Contratista deberá llevar un registro detallado de la clase de explosivo adquirido, proveedor, existencias y consumo, así como de los accesorios requeridos.

Los vehículos que se utilicen para transportar los explosivos deben observar entre otras las siguientes medidas de seguridad, a fin de evitar consecuencias nefastas para la vida de los trabajadores y del público:

- Hallarse en perfectas condiciones de funcionamiento.
- Tener un piso compacto de madera o de un metal que no produzca chispas.
- Tener paredes altas para impedir la caída de los explosivos.
- En el caso de transporte por carretera estar provistos de por lo menos dos extintores de gas carbónico.
- Llevar un banderín visible, un aviso u otra indicación que señale la índole de la carga.

Los depósitos donde se guarden explosivos de manera permanente deberán:

- Estar construidos sólidamente y a prueba de balas y fuego.
- Mantenerse limpios, secos, ventilados y frescos y protegidos contra las heladas.
- Tener cerraduras seguras y permanecer cerrados con llave al cual solo tendrán acceso el personal autorizado y capacitado.
- Solo utilizar material de alumbrado eléctrico de tipo antideflagrante.
- Mantener alrededor del depósito, un área de 8 m de radio de distancia como mínimo que esté limpia, sin materiales de desperdicio, hojas secas o cualquier combustible.

En ningún caso se permitirá que los fulminantes, espoletas y detonadores de cualquier clase se almacenen, transporten o conserven en los mismos sitios que la dinamita u otros explosivos. La localización y el diseño de los polvorines, los métodos de transportar los explosivos y, en general, las precauciones que se tomen para prevenir accidentes, estarán sujetos a la aprobación del Supervisor, pero esta aprobación no exime al Contratista de su responsabilidad por eventuales accidentes.

Cualquier daño resultante de las operaciones de voladura deberá ser reparado por el Contratista a su cuenta, costo, riesgo y con aprobación del Supervisor.

El personal que intervenga en la manipulación y empleo de explosivos deberá ser de reconocida práctica y pericia en este tipo de trabajo, y reunirá condiciones adecuadas en relación con la responsabilidad que corresponda a estas operaciones.

El Contratista suministrará y colocará las señales necesarias para advertir al público de su trabajo con explosivos. Su ubicación y estado de conservación garantizarán, en todo momento, su perfecta visibilidad.

En todo caso, el Contratista cuidará especialmente de no poner en peligro vidas o propiedades, y será responsable de los daños que se deriven del empleo de explosivos durante la ejecución de las obras.

El almacenamiento, transporte, manejo y uso de explosivos se realizará según lo establecido en el D.S. N° 055-2010-EM "Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería".

En lo que se refiere a la utilización de explosivos, incluyendo además algunas recomendaciones como las que se mencionan a continuación:

- El contratista deberá contar con los mecanismos y procedimientos que garanticen la mínima afectación a los recursos naturales de la zona y a las poblaciones cercanas. Se establecerá un manejo adecuado de los explosivos para prevenir y minimizar los daños que se pueda ocasionar al medio ambiente y al mismo tiempo evitar la remoción innecesaria de material.
- El contratista es responsable de gestionar y obtener las autorizaciones y permisos correspondientes. Así mismo el uso de los explosivos requerirá la supervisión de personal capacitado, asegurando que no se ponga en peligro las vidas humanas, el medio ambiente, obras, construcciones existentes por riesgo a accidentes.

- Se deberá almacenar el mínimo posible de explosivos que permita realizar normalmente las tareas habituales. El manejo de explosivos debe ser realizado por un experto, a fin de evitar los excesos que puedan desestabilizar los taludes, causando problemas en un futuro.

05.06 Protección ambiental

El Contratista deberá cumplir con las leyes nacionales y reglamentos vigentes, tales como el "Reglamento de Consulta y Participación Ciudadana en el Proceso de Evaluación Ambiental y social en el Sub-Sector Transportes" (R.D. Nº 006-2004 MTC/16), sobre control de contaminación y protección del medio ambiente en relación con la construcción de carreteras, así como con los estudios de Impacto Ambiental específico de cada carretera y el correspondiente Plan de Manejo Ambiental.

El Contratista debe tomar las precauciones y medidas necesarias a fin de no exponer a los nativos a influencias extrañas a su cultura, para ello se debe elaborar una guía de procedimiento para estos casos.

Cuando las obras estén atravesando Áreas Ambientales Sensibles, se deben de extremar las medidas de vigilancia sobre el personal de obra en lo que respecta a caza, pesca, tráfico de especies animales y vegetales, para lo cual se instalarán cercos perimetrales a fin de mantener una mejor vigilancia las 24 horas del día.

Se deberá evitar la contaminación de arroyos, lagos, lagunas y estanques con sedimentos, combustibles, aceites, betunes, químicos u otros materiales dañinos, para evitar la contaminación de la atmósfera con materiales gaseosos o de partículas.

Colocar avisos explicativos invitando a la protección de especies, y la prohibición de arrojo de basura, caza, pesca y tala en dichas áreas. A este efecto se deberá tener en cuenta la Ley N.° 27314 Ley General de Residuos Sólidos, desarrollada por el D.S. N.° 057-2004 PCM, y modificada por el D.L. N° 1065, y que es la encargada de asegurar una buena gestión y manejo de los residuos, sanitaria y medioambientalmente adecuada.

Se debe limitar las velocidades máximas en estas zonas durante el día y la noche, a fin de evitar el atropello de especies de fauna en dichas zonas.

El Contratista deberá cumplir lo dispuesto en la base legal que previene la contaminación de las aguas del río donde extraen los materiales, así como

afectar el cauce a zonas aledañas, en caso contrario la autoridad competente suspenderá el permiso otorgado.

El Contratista no podrá instalar la maquinaria procesadora de materiales de acarreo en el cauce del río, tampoco en la faja marginal, por ser zonas intangibles, con el fin de evitar problemas de contaminación.

En el caso de las entidades públicas, eximida del pago al Estado, no significa que no deban presentar su solicitud acompañando los requisitos de ley.

La actividad extractiva de material de acarreo hasta su culminación deberá cumplir con los dispositivos legales vigentes.

Es necesario tener en cuenta la Ley N° 27446 del Sistema Nacional del Impacto Ambiental, y su modificatoria D.L. N° 1048 así como su Reglamento D.S. Nº 019-2009-MINAM; Ley Nº 28245 Ley Marco del Sistema Nacional del Impacto Ambiental y su reglamento D.S. Nº 08-2005-PCM, y otros dispositivos sectoriales como el de la RVM Nº 1079-2007-MTC/02 que aprueba los Lineamientos para la Elaboración de los Términos de Referencia para Estudios del Impacto Ambiental en la Construcción Vial.

05.07 Responsabilidad del contratista por el trabajo

Hasta la aceptación final de la obra por parte de la entidad contratante, el Contratista será responsable del mantenimiento y cuidado de la obra a su costo, tomando todas las precauciones contra daños o desperfectos a cualquier parte de la misma. El Contratista deberá reconstruir, reparar, reponer y responder por todos los daños o desperfectos que sufra cualquier parte de la obra y correrá por su cuenta y riesgo el costo de los mismos, con excepción de daños producidos por causas de fuerza mayor o fortuita debidamente establecidos en los contratos.

En casos de suspensión de los trabajos por cualquier causa, el Contratista será responsable del mantenimiento de la carretera, del funcionamiento del sistema de drenaje y deberá construir cualquier estructura provisional que fuese necesaria para proteger las obras ejecutadas y mantener el tránsito hasta la reanudación de los trabajos o según lo disponga la entidad contratante.

La responsabilidad es contractual frente al dueño de la obra y en todo lo no estipulado en el contrato se rige por las disposiciones del Código Civil sobre obligaciones y responsabilidad.

05.08 Derecho de vía

La entidad contratante es responsable de entregar al Contratista, la franja de terreno que constituye el Derecho de Vía liberado de cualquier interferencia para la ejecución de las obras.

05.09 Accidentes

El Contratista deberá informar al Supervisor de la ocurrencia de cualquier accidente sucedido durante la ejecución de los trabajos de acuerdo a lo establecido en el contrato y normas vigentes. Así mismo deberá mantener un archivo de todos los accidentes ocurridos que resulten en muerte, enfermedad ocupacional, lesión incapacidad y cualquier otro daño a la vida o salud de la persona, daño a la propiedad del Estado o Privada. El archivo de accidentes deberá estar disponible en todo momento para ser inspeccionado por el Supervisor.

El Contratista deberá sujetarse a las disposiciones legales vigentes de Seguridad Laboral a fin de controlar los riesgos de accidentes en la obra, y en concordancia con dichas normas diseñar, aplicar y responsabilizarse de un programa de seguridad para sus trabajadores. Además debe contar con informes actualizados de mantenimiento de los vehículos y equipos que se utilizan en la ejecución de la obra según normas vigentes.

Es responsabilidad del Supervisor programar periódicamente y a intervalos apropiados las respectivas inspecciones de la implementación de los planes de seguridad. El Supervisor debe coordinar con el Contratista y elaborar un Informe de observación con las indicaciones respectivas cuando se verifique la necesidad de prever un ajuste o subsanar un vacío en cuanto medidas de seguridad.

La custodia del archivo de accidentes será responsabilidad del Contratista.

05.10 Salubridad

El Contratista deberá cumplir con toda la reglamentación sobre salubridad ocupacional. Es responsabilidad del Contratista mantener en estado óptimo los espacios ambientales de trabajo, la eliminación de factores contaminantes y el control de los riesgos que afectan la salud del trabajador.

Así mismo deberá proveer y mantener en condiciones limpias y sanitarias todas las instalaciones y facilidades que sean necesarias para uso de sus empleados. Ningún pago directo será hecho por este concepto, pero los costos

que demande serán considerados como incluidos en los precios de licitación del Contrato.

En general, el Contratista debe cumplir con las disposiciones que se estipulan en la **Sección 09** y su verificación y control estará a cargo del Supervisor.

05.11 Equipo

Los principales impactos causados por el equipo y su tránsito, tienen que ver con emisiones de ruido, gases y material particulado a la atmósfera. El equipo deberá estar ubicado adecuadamente en sitios donde no perturbe a la población y al medio ambiente y contar además, con sistemas de silenciadores (especialmente el equipo de compactación de material, plantas de trituración y de asfalto).

Se tendrá cuidado también con el peligro de derrame de aceites y grasas de la maquinaria, para lo cual se realizarán revisiones periódicas a la maquinaria, así como la construcción de rellenos sanitarios donde depositar los residuos.

Se cuidará que la maquinaria de excavación y de clasificación de agregados no se movilice fuera del área de trabajo especificada a fin de evitar daños al entorno.

Los equipos a utilizar deben operar en adecuadas condiciones de carburación y lubricación para evitar y/o disminuir las emanaciones de gases contaminantes a la atmósfera.

El equipo deberá estar ubicado adecuadamente en sitios donde no perturbe a la población y al medio ambiente. Además, mantener en buen estado los sistemas de carburación y silenciadores a fin de evitar la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, así como ruidos excesivos, sobre todo si se trabaja en zonas vulnerables o se perturbe la tranquilidad.

El Contratista debe instruir al personal para que por ningún motivo se lave los vehículos o maquinarias en cursos de agua o próximos a ellos.

Por otro lado, cuando se aprovisionen de combustible y lubricantes, no deben producirse derrames o fugas que contaminen suelos, aguas o cualquier recurso existente en la zona.

Estas acciones deben complementarse con revisiones técnicas periódicas. Guardar herméticamente los residuos de las maquinarias y equipos, para luego transportarlos a lugares adecuados para la disposición final de estos residuos.

El Contratista debe evitar que la maquinaria se movilice fuera del área de trabajo especificada a fin de evitar daños al entorno. Además, diseñar un sistema de trabajo para que los vehículos y maquinarias no produzcan un innecesario apisonamiento de suelos y vegetación y el incremento de la turbidez de los cuerpos de agua.

SECCION 06

DESARROLLO Y PROGRESIÓN DE LA OBRA

SECCIÓN 06

Desarrollo y progresión de la obra

06.01 Equipos

El Contratista deberá mantener en los sitios de las obras los equipos adecuados a las características y magnitud de las obras y en la cantidad requerida, de manera que se garantice su ejecución de acuerdo con los planos, especificaciones de construcción, programas de trabajo y dentro de los plazos previstos.

El Contratista deberá mantener los equipos de construcción en óptimas condiciones, con el objeto de evitar demoras o interrupciones debidas a daños en los mismos. Las máquinas, equipos y herramientas manuales deberán ser de buen diseño y construcción teniendo en cuenta los principios de la seguridad, la salud y la ergonomía en lo que atañe a su diseño. Deben tener como edad máxima la que corresponde a su vida útil. La mala calidad de los equipos o los daños que ellos puedan sufrir, no serán causa que exima al Contratista del cumplimiento de sus obligaciones.

El Supervisor se reserva el derecho de exigir el reemplazo o reparación, por cuenta del Contratista, de aquellos equipos que a su juicio sean inadecuados o ineficientes o que por sus características no se ajusten a los requerimientos de seguridad o sean un obstáculo para el cumplimiento de lo estipulado en los documentos del contrato.

El mantenimiento o la conservación adecuada de los equipos, maquinaria y herramientas, no solo es básico para la continuidad de los procesos de producción y para un resultado satisfactorio y óptimo de las operaciones a realizarse, sino que también es de suma importancia en cuanto a la prevención de los accidentes.

Por lo cual es responsabilidad del Contratista:

- Establecer un sistema periódico de inspección que pueda prever y corregir a tiempo cualquier deficiencia.
- Programar una política de mantenimiento preventivo sistemático.

- Llevar un registro de inspección y renovación de equipos, maquinarias y herramientas, lo cual pondrá a disposición del Supervisor en el momento que sea requerido.

El Contratista asume la responsabilidad del cumplimiento del plan de mantenimiento y de los registros levantados al respecto. Emitirá informes periódicos y especiales a la Supervisión, quien dará las recomendaciones del caso si lo hubiere y verificará posteriormente el cumplimiento de las recomendaciones dadas las condiciones de operación de los equipos deberán ser tales, que no se presenten emisiones de sustancias nocivas que sobrepasen los límites permisibles de contaminación de los recursos naturales, de acuerdo con las disposiciones ambientales vigentes.

Toda maquinaria o equipo que de alguna forma puedan producir peligro deberá cumplir, entre otros, con los requisitos siguientes:

- Estar firmemente instaladas, ser fuertes y resistentes al fuego y a la corrosión.
- Que no constituyan un riesgo en sí, es decir que estén libres de astillas, bordes ásperos, afilados o puntiagudos.
- Prevengan el acceso a la zona de peligro durante las operaciones.
- Que no ocasionen molestias al operador en cuanto a visión y maniobrabilidad, y que estén provistos de casetas de protección contra la luz solar y lluvias.

Los equipos deberán tener los dispositivos de señalización necesarios para prevenir accidentes de trabajo. El Contratista debe solicitar al fabricante las instrucciones adecuadas para una utilización segura, las cuales deben ser proporcionadas a los trabajadores que hagan uso de ellos. Deberá así mismo, establecerse un reglamento y las sanciones respectivas a fin de evitar que los operarios sean distraídos en el momento que ejecuten su trabajo. Las máquinas y equipos accionados a motor deberán estar provistos de dispositivos adecuados, de accesos inmediatos y perfectamente visibles, para que el operario pueda detenerlos rápidamente en caso de urgencia y prevenir toda puesta en marcha intempestiva.

Además se proveerá a quienes utilicen las máquinas y equipos, de la protección adecuada y cuando sea necesario de protección auditiva.

06.02 Organización de los trabajos

En la organización de los trabajos se deberán considerar las recomendaciones establecidas en los estudios técnicos y ambientales del Proyecto. El Contratista organizará los trabajos en tal forma que los procedimientos aplicados sean compatibles con los requerimientos técnicos necesarios, las medidas de manejo ambiental establecidas en el plan de manejo ambiental del Proyecto, los requerimientos establecidos y los permisos, autorizaciones y concesiones de carácter ambiental y administrativo y demás normas nacionales y regionales aplicables al desarrollo del Proyecto. Así mismo la organización de los trabajos deberá considerar la protección de los trabajadores contra riesgos de accidentes y daños a la salud en cuanto sea razonable y factible evitar.

Los trabajos se deberán ejecutar de manera que no causen molestias a personas, ni daños a estructuras, servicios públicos, cultivos y otras propiedades cuya destrucción o menoscabo no estén previstos en los planos, ni sean necesarios para la construcción de las obras. Igualmente, se minimizará, de acuerdo con las medidas de manejo ambiental y los requerimientos establecidos por las autoridades ambientales, las afectaciones sobre recursos naturales y la calidad ambiental del área de influencia de los trabajos.

Es responsabilidad del Contratista asegurar la vigilancia necesaria para que los trabajadores realicen su trabajo en las mejores condiciones de seguridad y salud.

06.03 Trabajos nocturnos

Los trabajos nocturnos deberán ser previamente autorizados por el Supervisor y realizados solamente en las secciones de obra que él indique. El Contratista deberá instalar equipos de iluminación de tipo e intensidad satisfactorias para el Supervisor, y mantenerlos en perfecto estado mientras duren los trabajos nocturnos y tomar las medidas del caso para evitar cualquier tipo de accidente tanto al personal vinculado al Proyecto como a los usuarios de la vía. El alumbrado artificial no deberá deslumbrar ni producir sombras molestas.

Las zonas en trabajo o de potencial peligro para el libre tránsito de vehículos y personas serán señalizadas con lámparas destellantes, barreras, conos y

elementos que garanticen al máximo su seguridad. Se cumplirá con lo dispuesto en el "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras" del MTC vigente y lo dispuesto en la **Sección 103,** de estas especificaciones.

06.04 Limpieza del sitio de los trabajos

Es responsabilidad del Contratista elaborar y aplicar un programa adecuado de orden y limpieza que contengan disposiciones sobre:

- El almacenamiento adecuado de materiales y equipos.
- La evacuación de desperdicios, desechos y escombros a intervalos adecuados.
- La atención oportuna de áreas cubiertas por hielo, nieve, aceite para que sean limpiadas con arena, aserrín o cenizas.

A la terminación de cada obra, el Contratista deberá retirar del sitio de los trabajos todo el equipo de construcción, los materiales sobrantes, escombros y obras temporales de toda clase, dejando la totalidad de la obra y el sitio de los trabajos en un estado de limpieza satisfactorio para el Supervisor. No habrá pago separado por concepto de estas actividades.

06.05 Disposición de desechos y sobrantes

El Contratista deberá disponer mediante procedimientos aprobados, todos los desechos, escombros, sobrantes y demás residuos provenientes de los trabajos necesarios para la ejecución de las obras, en los sitios indicados en el Proyecto o aprobados por el Supervisor, los que serán debidamente acondicionados y preparados.

El Contratista deberá cumplir con todos los reglamentos y requisitos que se indican en los documentos de manejo y protección del Medio Ambiente y lo estipulado en la **Sección 906**.

06.06 Personal

El Contratista deberá cumplir con todas las disposiciones legales para la contratación de su personal. Así mismo, se obliga al pago de los salarios y beneficios sociales que establecen las normas correspondientes, tales como el Código del Trabajo y demás disposiciones concordantes y complementarias. Ninguna obligación de tal naturaleza corresponde a la entidad contratante y ésta no asume responsabilidad, ni solidaridad alguna.

El Contratista debe asegurarse de que todos los trabajadores estén bien informados de los riesgos relacionados con sus labores y con la conservación del medio ambiente de su zona de trabajo, el conocimiento de las leyes y reglamentos laborales, las normas técnicas y las instrucciones relacionadas con la prevención de accidentes y los riesgos para la salud.

El personal profesional, técnicos, empleados y obreros tendrán la suficiente capacidad y solvencia técnica y moral para el desempeño de sus trabajos en las áreas asignadas para cada uno.

El Supervisor podrá solicitar el reemplazo de cualquier persona que en su opinión no cumpla con los requisitos exigidos.

06.07 Control

El Contratista deberá tomar todas las disposiciones necesarias para facilitar el control por parte del Supervisor. Este, a su vez, efectuará todas las medidas que estime convenientes, sin perjuicio del avance de los trabajos.

Si alguna característica de los materiales y trabajos objeto del control no está de acuerdo con lo especificado o si, a juicio del Supervisor puede poner en peligro seres vivos o propiedades, éste ordenará la modificación de las operaciones correspondientes o su interrupción, hasta que el Contratista adopte las medidas correctivas necesarias.

SECCION 07

MEDICIÓN Y PAGO

SECCIÓN 07

Medición y pago

Descripción

07.01

Esta Sección contiene normas generales para la medición y pago de los diferentes trabajos a ejecutarse. En cada sección de estas Especificaciones se establecen normas específicas de medida y pago para cada trabajo y éstas prevalecen sobre las normas generales que aquí se describen.

Las unidades de medida y otros datos técnicos de estas Especificaciones aparecen en el Sistema Internacional (SI). Sin embargo debido a los usos y costumbres y por la procedencia de equipos y materiales importados aún prevalecen algunas medidas del sistema inglés; por esta circunstancia se introducirá en cada medida y dato técnico la unidad en SI y entre paréntesis el equivalente de uso común en sistema métrico o inglés cuando sea necesario.

En todo trabajo se deben medir las cantidades realmente ejecutadas en el período ejecutado, excepto cuando se trate de una partida cuyo pago sea a suma alzada ó global, en cuyo caso se estimará lo ejecutado, sobre la base de porcentajes.

07.02 Términos de medición

a. Metro cúbico (m^3)

1. En el prisma de carretera

Para el cálculo de volúmenes de excavaciones y terraplenes se usará el método del promedio de áreas extremas, en base a la determinación de las áreas en secciones transversales consecutivas, su promedio y multiplicado por la longitud entre las secciones a lo largo de la línea del eje de la vía. El volumen así resultante constituye el volumen a pagar cuando sea aprobado por el Supervisor.

2. En vehículo de transporte

Medir el volumen suelto transportado en vehículos por la determinación de las medidas internas de la tolva del camión. Los vehículos deben ser identificados en forma clara y especificar su volumen. Antes de la utilización de los vehículos se debe acordar con el Contratista los volúmenes, niveles y forma de la carga para responder al volumen cubicado. Todas las veces que sea cargado el vehículo deberá cumplir con la condición acordada.

3. En estructuras

Se medirá las líneas netas de la estructura como aparece en los planos y diseños, exceptuando aquellas que hayan sido modificadas para adaptarse a las condiciones del terreno que se medirán en el lugar de ejecución. No se efectuarán deducciones por los volúmenes ocupados por los refuerzos de acero, anclajes, perforaciones o tubos de diámetro menor de 20 cm.

4. En el sitio de ejecución

Se medirán las líneas netas de las áreas ejecutadas de acuerdo a las dimensiones del diseño multiplicándolo por el espesor uniforme de la unidad medida. No se efectuará ninguna deducción en las medidas, pero si se considerará los derrames de las capas de la estructura del pavimento, de acuerdo al diseño.

b. Unidad (Und.)

Una unidad entera. La cantidad es el número de unidades completadas y aceptadas.

c. Hectárea (ha)

La hectárea son 10.000 m^2. La medición se hará por medidas longitudinales y transversales, horizontales con la superficie del terreno.

d. Kilogramo (kg)

El kilogramo como unidad de masa tiene 1.000 gramos. Se medirá de acuerdo a la **Subsección 07.03.**

Si el material es provisto en sacos o envases de masa neta uniforme, se podrá utilizar para su medición.

La masa neta será tal como ha sido empacada por el fabricante.

e. Litro (l)

Las cantidades se medirán en tanques de volumen conocido y calibrado, con el uso de unidades de volumen aprobado o mediante volúmenes envasados comercialmente.

f. Metro (m)

Las medidas de longitud se efectuarán en forma paralela a las líneas netas de los elementos a medir.

g. Metro cuadrado (m^2)

Las medidas de áreas se efectúan en forma paralela a la superficie por medir.

No se efectúan deducciones de ningún tipo para la medición de áreas.

07.03 Dispositivos y procedimientos de pesaje

Cuando el material sea provisto o medido y pagado por masa se debe utilizar uno de los sistemas siguientes:

a. Sistema comercial de pesaje

Constituido por balanzas de uso comercial y de funcionamiento permanente. Deben contar con una certificación oficial y verificada por la Supervisión.

b. Facturas

Si el material es proporcionado por un proveedor habitual, se podrá utilizar las facturas de adquisición con la masa neta o el volumen convertido a masa. En este caso la Supervisión deberá efectuar verificaciones periódicas.

c. Sistema de pesaje proporcionado por el contratista

En este caso la balanza, su funcionamiento y el sistema de pesaje serán aprobados por la Supervisión y verificados periódicamente.

Medición

07.04

Se medirán y pagarán exclusivamente las cantidades correspondientes a las obras, de acuerdo al Proyecto, estas especificaciones y la aprobación del Supervisor.

Pago

07.05

Los precios unitarios del Contratista definidos para cada partida del presupuesto, cubrirán el costo de todas las operaciones relacionadas con la correcta ejecución de las obras.

Los precios unitarios deben cubrir los costos de materiales, mano de obra en trabajos diurnos y nocturnos, beneficios sociales, impuestos, tasas y contribuciones, herramientas, maquinaria pesada, transporte, ensayos de control de calidad, regalías, servidumbres y todos los gastos que demande el cumplimiento satisfactorio del contrato, incluyendo los imprevistos.

SECCION 08

SEGURIDAD LABORAL

SECCIÓN 08

Seguridad laboral

Descripción

08.01

Es en la ejecución de un Proyecto donde se hace más evidente el factor humano: la población que directa e indirectamente es afectada por el Proyecto y las personas que están involucradas en la puesta en ejecución de las diversas actividades diseñadas. El presente capítulo precisa normas generales que atañen a la seguridad laboral, que deberán ser consideradas en todo el proceso de ejecución de la obra vial.

La previsión es un factor clave en todo el proceso de ejecución de obras viales, en tanto ello permite un control en términos de la continuidad de las tareas, el cumplimiento de los plazos establecidos y el poder establecer medidas que cubran diversas contingencias que pueden surgir y que son factibles de ser predecibles y que pueden afectar a la masa laboral y por ende en los resultados del Proyecto.

Es responsabilidad del Contratista:

- Garantizar que los lugares o ambientes de trabajo sean seguros y exentos de riesgos para el personal.
- Facilitar medios de protección a las personas que se encuentren en una obra o en las inmediaciones de ella a fin de controlar los riesgos que puedan acarrear ésta.
- Establecer criterios y pautas desde el punto de vista de la seguridad y condiciones de trabajo en el desarrollo de los procesos, actividades, técnicas y operaciones que le son propios a la ejecución de las obras viales.
- Prevenir en la medida de lo posible los peligros que puedan suscitarse en el lugar de trabajo, organizar el trabajo teniendo en cuenta la seguridad de los trabajadores, utilizar materiales o productos

apropiados desde el punto de vista de la seguridad, y emplear métodos de trabajo que protejan a los trabajadores.

- Asegurarse que todos los trabajadores estén bien informados de los riesgos relacionados con sus labores y medio ambiente de trabajo; para ello brindara capacitación adecuada y dispondrá de medios audio visuales para la difusión.
- Establecer un reglamento interno para el control de las transgresiones a las medidas de protección y seguridad laboral.

08.02 Plan de seguridad laboral

Antes de dar inicio a la ejecución de la obra, el Contratista debe elaborar un Plan de Seguridad Laboral que contenga entre otros lo siguiente:

- Identificación desde el inicio de los trabajos, los factores y causas que podrían originar accidentes.
- Disposición de medidas para reducir los factores y causas de riesgo de accidentes.
- Diseño de programas de seguridad laboral.
- Procedimientos de difusión entre el personal sobre las medidas de seguridad. Deben considerarse metodologías adecuadas a las características socio-culturales del personal. Por ejemplo: Charlas, gráficos, vídeos.
- Hacer de conocimiento general las medidas de protección ambiental, tales como las prohibiciones de usar barbasco o dinamita para pescar, cortar árboles para viviendas, combustibles u otros específicos, caza de especies en extinción, compra de animales silvestres, a lo largo de toda la zona que atraviesa la carretera.

El plan de seguridad laboral será presentado al Supervisor para el seguimiento respectivo de su ejecución. Es responsabilidad evaluar, observar y elaborar las recomendaciones respectivas en forma oportuna; así como por el cumplimiento de las recomendaciones dadas. Es responsabilidad del Contratista poner en ejecución las recomendaciones dispuestas por el Supervisor.

La inspección que realice el Supervisor, entre otros, tiene por finalidad:

- Ubicar los focos potenciales de riesgo.
- Identificar las particularidades sobre las que se desarrolla la obra.

- Detectar los problemas que existan en materia de seguridad en la obra y que podrían afectar a los trabajadores.
- Hacer las recomendaciones necesarias para que el Contratista subsane las anomalías o carencias detectadas.
- Realizar campañas educativas periódicas, empleando materiales de trabajo sobre normas elementales de higiene y comportamiento.

El proceso de Supervisión considerará entre otros lo siguiente:

- Periodicidad de las inspecciones.
- Observación directa de la situación laboral mediante visitas de campo.
- Entrevistas con el personal en sus diferentes niveles.
- Remisión de las comunicaciones al Contratista para formalizar las observaciones y recomendaciones que hubieran.
- Seguimiento del cumplimiento del levantamiento de las observaciones y recomendaciones por parte del Contratista.

SECCION 09

SALUBRIDAD

SECCIÓN 09

Salubridad

Descripción

09.01

Compete a esta sección las normas generales que velen por el entorno y las condiciones favorables para la preservación de la salud de la población involucrada con el proyecto, considerando además los aspectos referidos a la prevención y atención de la salud de los trabajadores.

El Contratista es el responsable del cumplimiento de las disposiciones normativas vigentes sobre la materia y el Supervisor de su control y verificación. Entre otras se indican las siguientes:

09.02 Protección

El Contratista debe emplear métodos y prácticas de trabajo que protejan a los trabajadores contra los efectos nocivos de agentes químicos (gases, vapores líquidos o sólidos), físicos (condiciones de ambiente: ruido, vibraciones, humedad, energía radiante, temperatura excesiva, iluminación defectuosa, variación de la presión) y biológicos (agentes infecciosos tipo virus o bacterias que causan tuberculosis, pulmonía, tifoidea, hongos y parásitos). Para ello, entre otros, debe:

- Disponer que personal especializado localicen y evalúen los riesgos para la salud que involucre el uso en las obras de diversos procedimientos, instalaciones, maquinas, materiales y equipo.
- Utilizar materiales o productos apropiados desde el punto de vista de la salud.
- Evitar en el trabajo movimientos excesivos o innecesariamente fatigosos, que puedan afectar la salud de los trabajadores.
- Protección adecuada contra las condiciones climáticas que presenten riesgo para la salud.

- Proporcionar a los trabajadores los equipos y vestimentas de protección y exigir su utilización.
- Brindar las instalaciones sanitarias, de aseo, y alimentación adecuada y condiciones que permitan controlar brotes epidémicos y canales de transmisión de enfermedades.
- Reducción del ruido y de las vibraciones producidas por el equipo, la maquinaria, las instalaciones y las herramientas.

09.03 Servicios de atención de salud

El Contratista deberá adoptar disposiciones para establecer servicios de Atención Primaria de Salud en el centro de labores u obras, el cual debe estar instalado en un lugar de fácil acceso, convenientemente equipado y a cargo de un personal especializado calificado.

Deberá así mismo coordinar con el Centro de Salud más cercano que hubiere, al cual brindará la información del grupo poblacional a cargo de la obra. Para ello establecerá una ficha de registro por cada trabajador la cual debe consignar todas las referencias y antecedentes de salud y será producto de una verificación previa de las condiciones de salud del trabajador.

El Contratista garantizará la disponibilidad de medios adecuados y de personal con formación apropiada para prestar los primeros auxilios. En la organización de los equipos de trabajo de obra debe procurarse que por lo menos uno de los integrantes tenga capacitación o conocimientos de Primeros Auxilios.

En las obras deberá haber siempre una enfermería con equipo de salvamento y de reanimación con inclusión de camillas y en mayor exigencia en el caso de actividades de alto riesgo, como la de explosivos por ejemplo.

En períodos largos de ejecución de Obras el Contratista debe incluir en su programación un control periódico de la salud de sus trabajadores, constatando un buen estado de salud y en previsión de la aparición de epidemias y de enfermedades infecto-contagiosas, el cual puede realizarse en coordinación con el Centro de Salud más cercano.

Cada vez que se introduzca el uso de nuevos productos, maquinarias, métodos de trabajo debe informarse y capacitarse a los trabajadores en lo que concierne a las consecuencias para la salud y su seguridad personal.

En todas las áreas de trabajo, vehículos de transporte, plantas de asfalto y trituración, maquinas móviles, se deberá contar con botiquines de primeros auxilios, los cuales deberán contar con protección contra el polvo, la humedad o cualquier agente de contaminación. Los botiquines deben contar con instrucciones claras y sencillas sobre la utilización de su contenido. Debe a su vez comprobarse su contenido a intervalos regulares para verificar su vigencia y reponer las existencias.

Hay que tener especial atención en las diversas regiones climáticas de nuestro país a los efectos que ello puede producir en la salud de las personas. Deben tomarse medidas preventivas contra el estrés térmico, el frío o la humedad suministrando equipos de protección, cursos de formación para que se puedan detectar con rapidez los síntomas de tales trastornos y vigilancia médica periódica. En relación al calor las medidas preventivas deben incluir el descanso en lugares frescos y la disponibilidad de agua potable en cantidad suficiente.

09.04 Vestimenta y equipos de protección personal

El Contratista asume la responsabilidad de instruir al personal acerca de la utilización de las vestimentas y de los equipos de protección personal así como el exigir que se de cumplimiento a ello.

Debe evitarse todo contacto de la piel con sustancias químicas peligrosas cuando estas puedan producir daños. Para ello debe exigirse la higiene personal y vestimenta apropiada con objeto de evitar contacto cutáneo. Al manipular sustancias reconocidas como peligrosas, como sucede con el asfalto bituminoso, alquitrán, fibras de amianto, brea, petróleos densos deben tomarse medidas para que los trabajadores eviten la inhalación y el contacto cutáneo con dichas sustancias.

Debe protegerse a los trabajadores contra los efectos nocivos del ruido y las vibraciones producidas por las maquinas y los procedimientos de trabajo. Tener en cuenta entre otros, las siguientes medidas:

- Reducir el tiempo de exposición de esos riesgos
- Proporcionar medios de protección auditiva personal y guantes apropiados para el caso de las vibraciones. Respecto al trabajo en zonas rurales y de la selva debe proveerse de antídotos y medicamentos preventivos, a la par de las vestimentas adecuadas.

La elevación manual de cargas cuyo peso ocasione riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores debe evitarse mediante la reducción de su peso, el uso de herramientas y equipos mecánicos apropiados.

La selección de las vestimentas y equipos de protección personal debe realizarse teniendo en consideración la naturaleza de los riesgos y el tipo, alcance y eficacia de los medios de protección necesarios, así como disponer de un adecuado almacenamiento, mantenimiento, limpieza y demás cuidados sanitarios.

09.05 Bienestar

Comprende los aspectos relacionados con las condiciones que permiten una estancia favorable al trabajador durante el tiempo que permanece en la obra, las cuales son responsabilidad del Contratista y son objeto de control permanente por el Supervisor, y por lo general se refiere a:

a. Agua potable

Se debe disponer de un suministro suficiente de agua potable adecuada al consumo humano que en cuanto a límites de calidad de agua de acuerdo a las normas vigentes. Cuando se requiera transportarla al lugar de la obra deberá hacerse en camiones cisterna adecuados, limpios y periódicamente desinfectados, y deberá conservarse en recipientes cerrados y provistos de grifo.

Ninguna fuente de agua potable se debe comunicar con otra agua que no sea potable. Y en el caso de agua no potable se colocarán letreros visibles para prohibir su consumo.

b. Instalaciones sanitarias

En caso de no existir conexiones sanitarias, los campamentos contaran con pozos sépticos técnicamente diseñados, los silos artesanales deben ser ubicados en lugares seleccionados de tal manera que no afecten a las fuentes de abastecimiento de agua, su construcción debe incluir la impermeabilización de las paredes laterales y fondo de los mismos. Al cumplir los silos su tiempo de uso serán debidamente clausurados y sellados según las normas sanitarias.

c. Vestuarios, duchas y lavabos

Deben también ubicarse en áreas que eviten que los residuos se mezclen con fuentes de agua. Se recomienda considerar espacios separados para

hombres y mujeres. Las instalaciones deben mantenerse perfectamente limpias y desinfectadas.

d. Alojamiento

En caso de obras alejadas de los lugares de vivienda de los trabajadores debe disponerse de alojamientos adecuados considerando habitaciones para varones y mujeres, que cuenten con las instalaciones y mobiliarios correspondientes.

e. Alimentación

La alimentación de los trabajadores debe ser balanceada e higiénicamente preparada, el agua que se le proporcione como bebida tendrá que ser potable y hervida.

f. Recreación

Un aspecto que suele no tomarse en cuenta es sobre la necesidad de recreación de los trabajadores, lo que se hace manifiesto en mayor medida cuando la obra se realiza en zonas alejadas de los centros poblados. Por ello debe considerarse actividades de recreación según las condiciones del lugar y facilitar en las instalaciones del campamento los espacios adecuados para desarrollar dichas actividades.

g. Plan de emergencia

Debe contarse con un Plan de Emergencia en la obra, con la finalidad de prevenir a los trabajadores frente a situaciones de desastre natural, tales como huaycos, inundaciones, terremotos y otros. Se debe contar con equipos adecuados de comunicación, stock de víveres, medicinas, materiales, insumos y equipos de evacuación. El plan de emergencia, ejecución y control debe estar a cargo de un comité conformado por miembros representativos de los diferentes niveles de labor.

h. Población involucrada con el Proyecto

Con relación a la población afectada directa o indirectamente por la ejecución del proyecto, el Contratista debe tomar en cuenta entre otras, las siguientes recomendaciones:

- Establecer buenas relaciones con la comunidad en general, dentro de las normas de conducta y moralidad adecuadas, evitando comportamientos o acciones que generen rechazo o controversias que afecten el normal desenvolvimiento de las obras.

- Debe prohibirse el consumo de bebidas alcohólicas y/o estupefacientes en las instalaciones de la obra.
- Tomar las precauciones necesarias a fin de prevenir y evitar la transmisión de enfermedades infecto-contagiosas.

CAPITULO I

TRABAJOS PRELIMINARES

SECCION 101

MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO

SECCIÓN 101

Movilización y desmovilización de equipo

Descripción

101.01

Esta partida consiste en el traslado de equipos (transportables y autotransportables) y accesorios para la ejecución de las obras desde su origen y su respectivo retorno. La movilización incluye la carga, transporte, descarga, manipuleo, operadores, permisos y seguros requeridos.

101.02 Consideraciones generales

El traslado del equipo pesado se puede efectuar en camiones de cama baja, mientras que el equipo liviano puede trasladarse por sus propios medios, llevando el equipo liviano no autopropulsado como herramientas, martillos neumáticos, vibradores, etc.

El Contratista antes de transportar el equipo mecánico ofertado al sitio de la obra deberá someterlo a inspección de la entidad contratante de acuerdo a las condiciones establecidas en el contrato. Este equipo será revisado por el Supervisor en la obra, y de no encontrarlo satisfactorio en cuanto a su condición y operatividad deberá rechazarlo, en cuyo caso el Contratista deberá reemplazarlo por otro similar en buenas condiciones de operación. El rechazo del equipo no genera ningún derecho a reclamo y pago por parte del Contratista.

Si el Contratista opta por transportar un equipo diferente al ofertado, éste no será valorizado por el Supervisor.

El Contratista no podrá retirar de la obra ningún equipo sin autorización escrita del Supervisor.

Medición

101.03

La movilización se medirá en forma global (Glb.) El equipo a considerar en la medición será solamente el que ofertó el Contratista en el proceso de licitación.

Pago

101.04

Las cantidades aprobadas y medidas como se indican a continuación serán pagadas al precio de Contrato. El pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta Sección y según la **Subsección 07.05.**

El pago global de la movilización y desmovilización será de la siguiente forma:

- 50% del monto global será pagado cuando haya sido concluida la movilización a obra y se haya ejecutado por lo menos el 5% del monto del contrato total, sin incluir el monto de la movilización.
- El 50% restante de la movilización y desmovilización será pagada cuando se haya concluido el 100% del monto de la obra y haya sido retirado todo el equipo de la obra con la autorización del Supervisor.

Partida de pago	Unidad de pago
101.A Movilización y desmovilización de equipo	Global (Glb.)

SECCION 102

TOPOGRAFÍA Y GEOREFERENCIACIÓN

SECCIÓN 102

Topografía y georeferenciación

Descripción

102.01

Basándose en los planos y levantamientos topográficos del Proyecto, sus referencias y BM's, el Contratista realizará los trabajos de replanteo y otros de topografía y georeferenciación requeridos durante la ejecución de las obras, que incluye el trazo de las modificaciones aprobadas, correspondientes a las condiciones reales encontradas en el terreno. El Contratista será el responsable del replanteo topográfico que será revisado y aprobado por el Supervisor, así como del cuidado y resguardo de los puntos físicos, estacas y monumentación instalada durante el proceso del levantamiento del proceso constructivo.

El Contratista instalará puntos de control topográfico enlazado a la Red Geodésica Nacional GPS en el sistema WGS84, estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas UTM y de ser necesarias sus coordenadas geográficas. En caso que el Proyecto haya sido elaborado en otro sistema, éste deberá ser replanteado en el sistema WGS84. Para los trabajos a realizar dentro de esta sección el Contratista deberá proporcionar personal calificado, el equipo necesario y materiales que se requieran para el replanteo, estacado, referenciación, monumentación, cálculo y registro de datos para el control de las obras.

La información sobre estos trabajos, deberá estar disponible en todo momento para la revisión y control por el Supervisor.

El personal, equipo y materiales deberán cumplir entre otros, con los siguientes requisitos:

a. Personal

Se implementarán cuadrillas de topografía en número suficiente para tener un flujo ordenado de operaciones que permitan la ejecución de las obras de acuerdo a los programas y cronogramas. El personal deberá estar calificado para cumplir de manera adecuada con sus funciones en el tiempo establecido.

Las cuadrillas de topografía estarán bajo el mando y control de un Ingeniero especializado en topografía con la experiencia requerida en el contrato.

b. Equipo

Se deberá implementar el equipo de topografía necesario, capaz de trabajar con el grado de precisión necesario, que permita cumplir con las exigencias y dentro de los rangos de tolerancia especificados. Asimismo se deberá proveer el equipo de soporte para el cálculo, procesamiento y dibujo.

c. Materiales

Se proveerá los materiales en cantidades suficientes y las herramientas necesarias para la cimentación, monumentación, estacado y pintura. Las estacas deben tener área suficiente que permita anotar marcas legibles.

102.02 Consideraciones generales

Antes del inicio de los trabajos se deberá coordinar con el Supervisor sobre la ubicación de los puntos de control geodésico, el sistema de campo a emplear, la monumentación, sus referencias, tipo de marcas en las estacas, colores y el resguardo que se implementará en cada caso.

Los trabajos de topografía y de control estarán concordantes con las tolerancias que se dan en la **Tabla 102-01.**

Tabla 102-01

Tolerancias para trabajos de levantamientos topográficos, replanteos y estacado en construcción de carreteras

Tolerancia Fase de trabajo	Tolerancia Fase de trabajo	
	Horizontal	Vertical
Georeferenciación	1:100.000	± 5 mm
Puntos de Control	1:10.000	± 5 mm
Puntos del eje, (PC), (PT), puntos en curva y referencias	1:5.000	± 10 mm
Otros puntos del eje	± 50 mm	± 100 mm
Sección transversal y estacas de talud	± 50 mm	± 100 mm
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	± 50 mm	± 20 mm
Muros de contención	± 20 mm	± 10 mm
Límites para roce y limpieza	± 500 mm	--
Estacas de subrasante	± 50 mm	±10 mm
Estacas de rasante	± 50 mm	± 10 mm

Los formatos a utilizar serán previamente aprobados por el Supervisor y toda la información de campo, su procesamiento y documentos de soporte serán de propiedad de la entidad contratante una vez completados los trabajos. Esta documentación será organizada y sistematizada en medios electrónicos.

Los trabajos en cualquier etapa serán iniciados sólo cuando se cuente con la aprobación escrita de la Supervisión.

Cualquier trabajo topográfico y de control que no cumpla con las tolerancias anotadas será rechazado. La aceptación del estacado por el Supervisor no releva al Contratista de su responsabilidad de corregir probables errores que puedan ser descubiertos durante el trabajo y de asumir sus costos asociados.

Cada 500 m de estacado se deberá proveer una tablilla de dimensiones y color contrastante aprobados por el Supervisor, en el que se anotará en forma legible para el usuario de la vía, la progresiva de su ubicación.

Requerimientos de construcción

102.03

Los trabajos de Topografía y Georeferenciación comprenden los siguientes aspectos:

a. Georeferenciación

La georeferenciación se hará estableciendo puntos de control mediante coordenadas UTM, con una equidistancia aproximada no mayor de 10 km., ubicados a lo largo de la carretera. Los puntos seleccionados estarán en lugares cercanos y accesibles que no sean afectados por las obras o por el tráfico vehicular y peatonal. Los puntos serán monumentados en concreto con una placa de bronce en su parte superior en el que se definirá el punto por la intersección de dos líneas. La densidad de estos puntos y su equidistancia tomarán en cuenta la topografía del lugar geométrico de la carretera y necesidades de acceso seguro y rápido.

Estos puntos (ruta geodésica) servirán de base para todo el trabajo topográfico y a ellos estarán referidos los puntos de control y los del replanteo de la vía.

La red geodésica obtenida pasa a ser propiedad de la entidad contratante y los planos de ubicación y datos obtenidos deben ser incorporados en el respectivo informe técnico.

b. Puntos de control

Los puntos de control horizontal y vertical que puedan ser afectados por las obras deben ser reubicados en lugares en donde no sufran deterioros debido a las operaciones constructivas.

Se deberán establecer las coordenadas y elevaciones para los puntos reubicados antes que los puntos iniciales sean afectados.

El ajuste de los trabajos topográficos será efectuado con relación a dos puntos de control geodésico contiguos, ubicados a no más de 10 km.

c. Eje de la carretera

Todos los puntos del eje, señalados en el Proyecto deben ser replanteados. Estos puntos, en zonas de tangente será cada 20 m y en curvas cada 10 m, además de los otros puntos del eje donde se ubican

las obras de drenaje y complementarias. Todos los puntos replanteados serán identificados mediante la progresiva correspondiente, cuyo logotipo deberá contar con la aprobación del Supervisor.

Esta labor debe ser concluida antes de ejecutar las obras de movimiento de tierras en el eje del Proyecto Vial, a fin de contrastar en forma oportuna la coherencia de los datos del Proyecto y el terreno, la misma que será entregada a la entidad contratante en el respectivo informe técnico.

d. Sección transversal

Las secciones transversales del terreno natural deberán ser referidas al eje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no deberá ser mayor de 20 m en tramos en tangente y de 10 m en tramos de curvas. En caso de quiebres en la topografía se tomarán secciones adicionales por lo menos cada 5 m.

Se tomarán puntos de la sección transversal con la suficiente extensión para que puedan entrar los taludes de corte y relleno hasta los límites que indique el Supervisor. Las secciones además deben extenderse lo suficiente para evidenciar la presencia de edificaciones, cultivos, línea férrea, canales, etc., que por estar cercanas al trazo de la vía, podrían ser afectadas por las obras de la carretera, así como por el desagüe de las alcantarillas. Todas las dimensiones de la sección transversal serán reducidas al horizonte, desde el eje de la vía.

e. Estacas de talud y referencias

Se deberán instalar estacas de talud de corte y relleno en los bordes de cada sección transversal. Las estacas de talud establecen en el campo el punto de intersección de los taludes de la sección transversal del diseño de la carretera, con la traza del terreno natural. Las estacas de talud deben ser ubicadas fuera de los límites de la limpieza del terreno y en dichas estacas se inscribirán las referencias de cada punto e información del talud a construir conjuntamente con los datos de medición. El método de cálculo de la ubicación de las estacas de talud de corte y relleno debe ser previsto y aprobado por el Supervisor.

f. Límites de limpieza y roce

Los límites para los trabajos de limpieza y roce deben ser establecidos en ambos lados de la línea del eje en cada sección de la carretera.

g. Restablecimiento de la línea del eje

La línea del eje será restablecida a partir de los puntos de control. El espaciamiento entre puntos del eje no debe exceder de 20 m en tangente y de 10 m en curvas, además de los otros puntos que la Supervisión ordene.

El estacado debe ser restablecido cuantas veces sea necesario para la ejecución de cada etapa de la obra, para lo cual se deben resguardar los puntos de referencia.

h. Elementos de drenaje

Los elementos de drenaje deberán ser estacados para fijarlos a las condiciones del terreno.

Se deberá considerar lo siguiente:

1. Relevamiento del perfil del terreno a lo largo del eje de la estructura de drenaje que permita apreciar el terreno natural, la línea de flujo, la sección de la carretera y el elemento de drenaje.

2. Colocación de los puntos de ubicación de los elementos de ingreso y salida de la estructura.

3. Determinar y definir los puntos que sean necesarios para establecer la longitud de los elementos de drenaje y del tratamiento de sus ingresos y salidas.

i. Muros de contención

Se deberá relevar el perfil longitudinal del terreno a lo largo de la cara del muro propuesto. Cada 5 m y donde existan quiebres del terreno, se deben tomar secciones transversales hasta los límites que indique el Supervisor. Se deberán ubicar referencias adecuadas y puntos de control horizontal y vertical.

j. Canteras

Se debe establecer los trabajos topográficos esenciales referenciados en coordenadas UTM de las canteras de préstamo. Se debe colocar una línea de base referenciada, límites de la cantera y los límites de limpieza. También se deberán efectuar secciones transversales de toda el área de la cantera referida a la línea de base. Estas secciones deberán ser tomadas antes del inicio de la limpieza y explotación y después de

concluida la obra y cuando hayan sido cumplidas las disposiciones de conservación de medio ambiente, sobre el tratamiento de canteras.

k. Monumentación

Todos los hitos y monumentación permanente que se coloque durante la ejecución de la vía, deberán ser materia de levantamiento topográfico y referenciación.

l. Levantamientos diversos

Se deberán efectuar levantamientos, estacado y obtención de datos esenciales para el replanteo, ubicación, control y medición entre otros, de los siguientes elementos:

1. Zonas de depósitos de desperdícios.

2. Vías que se aproximan a la carretera.

3. Cunetas de coronación.

4. Zanjas de drenaje.

5. Badenes

Y cualquier elemento que esté relacionado a la construcción y funcionamiento de la carretera.

m. Trabajos topográficos intermedios

Todos los trabajos de replanteo, reposición de puntos de control y estacas referenciadas, registro de datos y cálculos necesarios que se ejecuten durante el paso de una fase a otra de los trabajos constructivos, deben ser ejecutados en forma constante que permitan la ejecución de las obras, la medición y verificación de cantidades de obra, en cualquier momento.

Aceptación de los trabajos

102.04 Criterios

Los trabajos de replanteo, levantamientos topográficos y todo lo indicado en esta sección serán evaluados y aceptados según las **Subsección 04.11.**

Medición

102.05

La topografía y georeferenciación se medirán en kilometro (km).

Pago

102.06

Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas al precio de contrato. El pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta sección y según la **Subsección 07.05.**

El pago de la Topografía y Georeferenciación será de acuerdo con el avance de obra de la partida específica.

- 30% (km) del total de la partida se pagará cuando se concluyan los trabajos de replanteo y georeferenciación de la obra.
- El 70% (km) restante de la partida se pagará en forma prorrateada y uniforme en los meses que dura la ejecución de la obra. Este costo incluye también la conservación de los monumentos de los puntos georefenciados y/o de control.

Partida de pago	Unidad de pago
102.A Topografía y georeferenciación	Kilómetro (km)

SECCION 103

MANTENIMIENTO DE TRÁNSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL

SECCIÓN 103

Mantenimiento de tránsito temporal y seguridad vial

Descripción

103.01

Las actividades que se especifican en esta sección abarcan lo concerniente a la conservación o mantenimiento vial durante el período de ejecución de obras, así como las relacionadas con la seguridad vial, durante las 24 horas del día, que incluyen todas las actividades, facilidades, dispositivos y operaciones necesarias para garantizar el tránsito vehicular y seguridad de los trabajadores y usuarios vulnerables. Entre otros, los trabajos incluyen:

- El mantenimiento de desvíos que sean necesarios para facilitar las tareas de construcción.
- La provisión de facilidades necesarias para el acceso de viviendas, servicios, etc. ubicadas a lo largo de la obra.
- La implementación, instalación y mantenimiento de dispositivos de control de tránsito y seguridad acorde a las distintas fases de la construcción.
- El control de emisión de polvo en todos los sectores sin pavimentar de la vía principal y de los desvíos habilitados que se hallan abiertos al tránsito dentro del área del Proyecto (D.S. N° 074-2001-PCM).
- El mantenimiento de la circulación habitual de animales domésticos y silvestres a las zonas de alimentación y abrevadero, cuando estuvieran afectadas por las obras.
- El transporte de personal a las zonas de ejecución de obras.

En general se incluyen todas las acciones, facilidades, dispositivos y operaciones que sean requeridos para garantizar la seguridad y confort del público usuario erradicando cualquier incomodidad o molestias que puedan ser ocasionados por deficientes servicios de mantenimiento de tránsito y seguridad vial.

103.02 Consideraciones generales

a. Plan de mantenimiento de tránsito y seguridad vial (PMTS)

Antes del inicio de las obras el Contratista presentará al Supervisor un "Plan de Mantenimiento de Tránsito Temporal y Seguridad Vial" (PMTS) para todo el período de ejecución de la obra y aplicable a cada una de las fases de construcción, el que será revisado y aprobado por escrito por el Supervisor. Sin este requisito y sin la disponibilidad de todas las señales y dispositivos en obra, que se indican en la **Subsección 103.03**, no se podrán iniciar los trabajos de construcción.

Para la preparación y aprobación del PMTS, se debe tener en cuenta las regulaciones contenidas en el capítulo IV del "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras" vigente del MTC. Las señales, dispositivos de control, colores a utilizar y calidad del material estarán de acuerdo con lo normado en este Manual, el Proyecto, lo especificado en esta sección y lo aprobado por el Supervisor.

El PMTS podrá ser ajustado, mejorado o reprogramado de acuerdo a las evaluaciones periódicas de su funcionamiento que efectuará el Supervisor.

El PMTS deberá abarcar los siguientes aspectos:

1. Control temporal de tránsito y seguridad vial

El tránsito vehicular durante la ejecución de las obras no deberá sufrir detenciones de duración excesiva. Para esto se deberá diseñar sistemas de control por medios visuales y sonoros, con personal capacitado de manera que se garantice la seguridad y confort del público y usuarios de la vía, así como la protección de las propiedades adyacentes. El control de tránsito se deberá mantener hasta que las obras sean recibidas por la entidad contratante.

2. Mantenimiento vial

La vía principal en construcción, los desvíos, rutas alternas y toda aquella que se utilice para el tránsito vehicular y peatonal será mantenida en condiciones aceptables de transitabilidad y seguridad, durante el período de ejecución de obra incluyendo los días feriados, días en que no se ejecutan trabajos y aún en probables períodos de

paralización. La vía no pavimentada deberá ser mantenida sin baches ni depresiones y con niveles de rugosidad que permita velocidad uniforme de operación de los vehículos en todo el tramo contratado. Estas condiciones deberán mantenerse las 24 horas del día.

3. Transporte de personal

El transporte de personal a las zonas en que se ejecutan las obras, será efectuado en vehículos con asientos y estado general bueno. No se permitirá de ninguna manera que el personal sea trasladado en las tolvas de volquetes o plataformas de camiones de transporte de materiales y enseres.

Los horarios de transporte serán fijados por el Contratista, así como la cantidad de vehículos a utilizar en función al avance de las obras, por lo que se incluirá en el PMTS un cronograma de utilización de vehículos, que será aprobado por el Supervisor, así como su control y verificación.

b. Desvíos a carreteras y calles existentes

Cuando lo indiquen el Proyecto se utilizarán para el tránsito vehicular vías alternas existentes o construidas por el Contratista. Con la aprobación del Supervisor y de las autoridades locales, el Contratista también podrá utilizar carreteras existentes o calles urbanas fuera del eje de la vía para facilitar sus actividades constructivas. Para esto, además del mantenimiento adecuado y reparaciones de los daños que pudiera causar a las vías, deberá instalar señales y otros dispositivos que indiquen y conduzcan claramente al usuario a través de ellas.

c. Período de responsabilidad

La responsabilidad del Contratista para el mantenimiento del tránsito y seguridad vial, se inicia el día de la entrega del terreno al Contratista. El período de responsabilidad abarcará hasta el día de la entrega final de la obra a la entidad contratante, en este período se incluyen todas las suspensiones temporales que puedan haberse producido en la obra, independientemente de la causal que la origine.

d. Estructuras y puentes

Las estructuras y puentes existentes que como parte del Contrato vayan a ser reemplazados, serán mantenidos y operados por el Contratista hasta su reemplazo total y luego desmontados o cerrados al tránsito.

En caso que ocurran deterioros en las estructuras o puentes bajo condiciones normales de operación durante el período de responsabilidad según la **Subsección 103.02(c),** el Contratista efectuará inmediatamente a su cuenta, costo y riesgo, las reparaciones que sean necesarias para restituir la estructura al nivel en que se encontraba al inicio de dicho período. Estas reparaciones tendrán prioridad sobre cualquier otra actividad del Contratista.

Si la construcción de alguna estructura requiere que se hagan desvíos del tránsito, el Contratista deberá proporcionar estructuras y puentes provisionales seguros y estables que garanticen la adecuada seguridad al tránsito público, de acuerdo al Proyecto o lo aprobado por el Supervisor.

El Supervisor deberá impartir las órdenes e instrucciones necesarias para el cumplimiento de lo especificado en esta Subsección.

Las condiciones expuestas en esta Subsección no serán aplicables cuando ocurran deterioros ocasionados por eventualidades que no correspondan a condiciones normales de operación, como pueden ser sobrecargas mayores a la capacidad del puente, a pesar de la advertencia señalizada correspondiente, crecientes extraordinarias, desestabilización de la estructura por lluvias, y otros a criterio del Supervisor.

Materiales

103.03

Las señales, dispositivos de control, colores a utilizar y calidad del material estarán de acuerdo con lo normado en el Manual de Dispositivos para "Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras" del MTC vigente y todos ellos tendrán la posibilidad de ser trasladados rápidamente de un lugar a otro, para lo que deben contar con sistemas de soporte adecuados.

El Contratista, después de aprobado el "PMTS", deberá instalar de acuerdo a su programa y de los frentes de trabajo, todas las señales y dispositivos necesarios en cada fase de obra y cuyas cantidades deberán ser aprobadas por el Supervisor.

Las señales, dispositivos y chalecos deberán tener material con características retroreflectivas que aseguren su visibilidad en las noches, oscuridad y/o en condiciones de neblina o de la atmósfera según sea el caso. El material retroreflectivo de las señales será el indicado en los planos y documentos del

Proyecto y debe ser como mínimo del Tipo IV, para zonas con condiciones normales (no existe clima y geometría críticas para la visibilidad), y del Tipo XI, para zonas críticas, que incluye el uso de colores como el naranja fluorescente, según sea la peligrosidad del área según la **Subsección 800.05(a).**

Los conos deben llevar dos franjas de material reflectivo flexible blanco que debe cumplir como mínimo con los niveles de reflectividad del tipo IV, según la **Subsección 800.05(a)**; la primera franja debe tener un ancho de 15 cm y estará ubicada a 10 cm de la parte superior del cono, la segunda franja debe tener un ancho de 10 cm y estará ubicada a 30 cm de la parte superior del cono.

Los barriles deben tener una base de diámetro mínimo de 40 cm y una altura mínima de 80 cm; cada barril debe llevar 02 franjas de material reflectivo flexible blanco y 02 franjas de material reflectivo flexible naranja, el material reflectivo en los barriles debe cumplir como mínimo con los niveles de reflectividad del tipo IV según la **Subsección 800.05(a)**; así mismo cada franja debe tener un ancho mínimo de 15 cm, dichas franjas se colocarán en el barril intercalando los colores, empezando en la parte superior con el color naranja.

Los chalecos deben ser de alta visibilidad basados en la Norma Internacional ANSI/ISEA 107-2010, guía de selección de prendas de alta visibilidad. Estos entre otros, deben tener las siguientes características:

Color: Amarillo Limón o Naranja, fluorescentes. Estos colores que poseen pigmentos de flúor, permiten que la tela (por ende el trabajador) sean vistos en condiciones de día, sobre todo cuando la luz es baja (Neblina, polvo, clima inclemente). Estas telas deben cumplir con Norma ANSI/ISEA 107-2010 o en su defecto la Norma Europea EN-471.

Distribución de Cinta Reflectiva: La distribución de cinta debe cumplir 2 aspectos importantes: 360° y 180°. Esto quiere decir que el trabajador debe ser visto por todos lados, cuando gira (360°) y se agacha (180°) pues gran parte de su trabajo lo realiza de esa manera. Por lo tanto la cinta reflectiva debe dar vuelta el contorno del trabajador por pecho y hombros. El ancho de la cinta debe ser de 2" y puede ser plomo plata (tecnología de microesferas de vidrio) o plastificada amarillo limón (tecnología microprismas). La cinta de ser plomo plata, debe tener como mínimo una brillantez de 500 candelas, y garantía de lavado de 60 ciclos y con imagen externas para garantizar la calidad. De ser plastificada la brillantez debe ser no menos de 700 candelas y

una garantía de lavado de 75 ciclos industriales, también con logo externo de garantía de calidad. Ambas tecnologías deben cumplir y exceder las Normas ANSI/ISEA 107-2010 y EN471. Exigir Certificación del fabricante.

También para las obras es posible que se requiera utilizar otro tipo de prendas como casacas, camisa con pantalón o mameluco, estas prendas también deben guiarse bajo la Norma ANSI/ISEA 107-2010, con colores fluorescentes y cintas reflectivas de 2", distribuidas de tal manera que se visualice el contorno del trabajador. El utilizar cintas reflectivas en las piernas de los trabajadores según Norma (2 aros de 2" en cada pierna) aumenta un 80% su visibilidad.

Equipo

103.04

El Contratista propondrá para aprobación del Supervisor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, con la frecuencia que sea necesaria. Básicamente el Contratista pondrá para el servicio de nivelación una motoniveladora y camión cisterna; volquetes y cargador en caso sea necesario efectuar bacheos. La necesidad de intervención del equipo será dispuesta y ordenada por el Supervisor, acorde con el PMTS.

Requerimientos de construcción

103.05

El Contratista deberá proveer el personal suficiente, así como las señales, materiales y elementos de seguridad que se requieran para un efectivo control del tránsito y de la seguridad vial.

El Contratista está obligado al cumplimiento de las disposiciones dadas en esta sección y el Supervisor a exigir su cumplimiento cabal. Cualquier contingencia derivada de la falta de cumplimiento del Contratista será de su exclusiva responsabilidad.

103.06 Control de tránsito y seguridad vial

El Contratista deberá proveer cuadrillas de control de tránsito en número suficiente, que estarán bajo el mando de un controlador capacitado en este

tipo de trabajo. El Controlador tendrá entre otras, las siguientes funciones y responsabilidades:

- Implementación del PMTS.
- Coordinación de las operaciones de control de tránsito.
- Determinación de la ubicación, posición y resguardo de los dispositivos de control y señales en cada caso específico.
- Corrección inmediata de las deficiencias en el mantenimiento de tránsito y seguridad vial.
- Coordinación de las actividades de control con el Supervisor.
- Organización del almacenamiento y control de las señales y dispositivos, así como de las unidades rechazadas u objetadas.
- Cumplimiento de la correcta utilización y horarios de los vehículos de transporte de personal.

El tránsito será organizado de acuerdo al PMTS cuando sea necesario alternar la circulación, para lo que se habilitará un carril de circulación con un ancho mínimo de 3 m, que será delineado y resaltado con el uso de barricadas, conos y barriles que contengan el uso de material reflectivo de Tipo IV como mínimo, ya que esta operación puede durar las 24 horas, esto servirá para separar dicho carril de las áreas en que se ejecutan trabajos de construcción, manteniendo la seguridad del área.

La detención de los vehículos será el mínimo indispensable con la finalidad de evitar molestias innecesarias al usuario.

En los carriles de circulación durante la ejecución de las obras, no se permitirá la acumulación de suelos y otros materiales que puedan significar peligro al usuario. En caso que ocurra acumulaciones de nieve serán removidas, para dar acceso y circulación a las vías y desvíos utilizados a la brevedad posible.

Las áreas de estacionamiento del equipo y vehículos en obra deben ubicarse a un mínimo de 10 m del borde de la vía de circulación vehicular o en su defecto ser claramente señalizado con barreras y lámparas destellantes, siempre y cuando lo apruebe el Supervisor.

103.07 Zona de desvíos y caminos de servicio

El Contratista sólo utilizará para el tránsito de vehículos, los desvíos y calles urbanas que se indique en el Proyecto. En caso el Proyecto no indique el uso de desvíos y sea necesaria su utilización, el Supervisor definirá y autorizará

los desvíos que sean necesarios. En el caso de calles urbanas, se requerirá además la aprobación de autoridades correspondientes.

En los desvíos y caminos de servicio se deberán usar de forma permanente barreras, conos y barriles para desviar y canalizar el tráfico hacia los desvíos. En las noches se deberán colocar lámparas de luces destellantes intermitentes. No se permitirá el uso de mecheros y lámparas accionadas por combustibles o carburantes que afecten y agredan al medio ambiente.

El Contratista deberá proporcionar equipo adecuado aprobado por el Supervisor y agua para mantener límites razonables de control de emisión de polvo por los vehículos en las vías que se hallan bajo tránsito. La dispersión de agua mediante riego sobre plataformas sin pavimentar será aplicada en el momento oportuno para evitar que se produzca polvo, incluyendo las noches, feriados, domingos y períodos de paralización. Para controlar la emisión de polvo el Contratista podrá proponer otros sistemas que sean aprobados por el Supervisor.

Durante períodos de lluvia el mantenimiento de los desvíos y vías de servicio deberá incrementarse, no permitiéndose acumulaciones de agua en la plataforma de las vías habilitadas para la circulación vehicular.

Si el Contratista, para facilitar sus actividades, decide construir un desvío nuevo no previsto en el Contrato, será con la aprobación del Supervisor y a su cuenta, costo y riesgo.

El Contratista tiene la obligación de mantener en condiciones adecuadas, las vías y calles utilizadas como desvíos. En caso que por efectos de desvío de tránsito, sobre las vías o calles urbanas se produzca algún deterioro en el pavimento o en los servicios públicos, el Contratista deberá repararlos a su cuenta, costo y riesgo, previa aprobación del Supervisor y conformidad de las autoridades correspondientes.

103.08 Circulación de animales silvestres y domésticos

Si las obras en ejecución afectan de algún modo la circulación habitual de animales silvestres y domésticos a sus zonas de alimentación, abrevadero, descanso o refugio, el Contratista deberá restaurar de inmediato las rutas habituales a fin de no dificultar el acceso a dichas zonas. El Supervisor ordenará que se ejecuten las obras que sean necesarias para este fin, si no se encuentran en el Proyecto y de conformidad con el diseño del PMTS pertinente.

103.09 Requerimientos complementarios

Los sectores en que existan excavaciones puntuales en la zona de tránsito, excavaciones de zanjas laterales o transversales que signifiquen algún peligro para la seguridad del usuario, deben ser claramente delimitados y señalizados con dispositivos de control de tránsito y señales que serán mantenidos durante el día y la noche, hasta la conclusión de las obras en dichos sectores. Principalmente en las noches se utilizarán señales y dispositivos muy notorios y visibles para resguardar la seguridad del usuario, debiendo utilizarse como mínimo, material reflectivo del Tipo IV y si fuera necesario el uso de colores fluorescentes, dependiendo de la peligrosidad de los trabajos, con la finalidad de alertar al conductor y usuarios de la vía.

La instalación de los dispositivos y señales para el control de tránsito seguirá entre otras, las siguientes disposiciones:

- Las señales y dispositivos de control deberán ser aprobados por el Supervisor y estar disponibles antes del inicio de los trabajos, entre los que se incluyen los de replanteo y topografía.
- Se instalarán solo los dispositivos y señales de control que se requieran en cada etapa de la obra y en cada frente de trabajo.
- Los dispositivos y señales deben ser reubicados cuando sea necesario.
- Las unidades perdidas, sustraídas, en mal estado, destruidas o calificadas en estado inaceptable por la Supervisión, deberán ser inmediatamente sustituidas.
- Las señales y dispositivos deben ser limpiadas, reparadas periódicamente y cambiarlas de ser necesario.
- Las señales y dispositivos serán retiradas totálmente cuando las obras hayan concluido.

  El personal que controla el tránsito debe usar equipo de comunicación portátil y silbatos en sectores en que se alterne el tráfico como efecto de las operaciones constructivas. También deben usar señales que indiquen al usuario el paso autorizado o la detención del tránsito.

Aceptación de los trabajos

103.10 Criterios

Los trabajos de mantenimiento de tránsito y seguridad vial según lo indicado en esta sección serán evaluados y aceptados según la **Subsección 04.11.** Si se detectan condiciones inaceptables de transitabilidad o de seguridad vial a criterio de la Supervisión de acuerdo a lo establecido en la **Subsección 103.01** y **103.12** de esta especificación, la Supervisión ordenará la paralización de las obras en su totalidad, hasta que el Contratista efectúe las acciones correctivas, sin perjuicio de que le sean aplicadas las multas que dispusiera el Contrato. En este caso, todos los costos derivados de tal acción serán asumidos por el Contratista.

Estas acciones serán informadas por el Supervisor a la entidad contratante.

Para la aceptación de los trabajos, el Contratista deberá cerrar todos los accesos a los desvíos utilizados durante la construcción, así como desmantelar los puentes o estructuras provisionales, dejando todas las áreas afectadas de acuerdo a lo dispuesto por el Plan de Manejo Ambiental y aprobadas por el Supervisor.

Para la recepción de la obra el Supervisor deberá certificar claramente que el Contratista no tiene pendiente ninguna observación originada por alguna disposición de esta especificación.

Medición

103.11

El Mantenimiento de tránsito y seguridad vial se mide en forma Global (Glb).

Si el servicio completo de esta partida, incluyendo la provisión de señales, mantenimiento de tránsito, mantenimiento de desvíos y rutas habilitadas, control de emisión de polvo y otros solicitados por el Supervisor, ha sido ejecutado a satisfacción del Supervisor, se considerará una unidad completa en el período de medición. En caso de no haberse completado alguna de las exigencias de esta especificación según la **Subsección 103.01**, se aplicarán factores de descuento de acuerdo al siguiente criterio:

- Provisión señales y mantenimiento adecuado tránsito PMTS 0,4
- Mantenimiento de desvíos y rutas habilitadas 0,3
- Control adecuado de emisión de polvo 0,3
- Circulación de animales silvestres y domésticos 0,5
- Transporte de personal 0,5

Los descuentos son acumulables hasta un máximo de 1,0 en cada período de medición.

Pago

103.12

Las cantidades medidas y aprobadas serán pagadas al precio de Contrato. El pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta sección y según la **Subsección 07.05.**

El pago se efectuará en forma proporcional a las valorizaciones mensuales, de la siguiente forma:

$$\frac{V_m}{M_c} M_p (1 - F_d)$$

En que:

V_m = Monto Total de la Valorización Mensual

M_c = Monto Total del Contrato

M_p = Monto de la Partida 103

F_d = Factor de descuento

En caso que los trabajos no sean realizados a satisfacción del Supervisor, se efectuará su pago con descuento en el período afectado, y se aplicará lo prescrito en la **Subsección 103.10** si el factor de descuento llega a ser mayor de 0,5.

Los descuentos aplicados no podrán ser recuperados en ningún otro mes. Tampoco podrán adelantarse trabajos por este concepto.

Partida de pago	Unidad de pago
103.A Mantenimiento de tránsito temporal y seguridad vial	Global (Glb)

SECCION 104

CAMPAMENTOS

SECCIÓN 104

Campamentos

Descripción

104.01

Son las construcciones necesarias para instalar la infraestructura que permita albergar a los trabajadores, insumos, maquinaria, equipos y otros, que incluye la carga, descarga, transporte de ida y vuelta, manipuleo y almacenamiento, permisos, seguros y otros.

El Proyecto debe incluir todos los diseños que estén de acuerdo con estas especificaciones y con el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

La ubicación del campamento y otras instalaciones será propuesta por el Contratista y aprobada por la Supervisión, previa verificación que dicha ubicación cumpla con los requerimientos del Plan de Manejo Ambiental, salubridad, abastecimiento de agua, tratamiento de residuos y desagües.

Materiales

104.02

Los materiales para la construcción de los campamentos serán preferentemente desarmables y transportables, salvo que el Proyecto indique lo contrario.

Requerimientos de construcción

104.03 Generalidades

En este rubro se incluye la ejecución de todas las edificaciones, tales como campamentos, que cumplen con la finalidad de albergar al personal que

labora en las obras, así como también para el almacenamiento temporal de algunos insumos, materiales que se emplean en la construcción de carreteras; plataforma para instalación de planta de producción de materiales y tanques de almacenamiento de insumos, casetas de inspección, depósitos de materiales y de herramientas, caseta de guardianía, vestuarios, servicios higiénicos, cercos, carteles, etc.

El contratista deberá solicitar ante las autoridades competentes, dueños o representante legal del área a ocupar, los permisos correspondientes.

Las construcciones provisionales, no deberán ubicarse dentro de las zonas denominadas "Áreas Naturales Protegidas". Además, en ningún caso se ubicarán arriba de aguas de centros poblados, por los riesgos sanitarios inherentes que esto implica.

En la construcción del campamento se evitará al máximo los cortes de terreno, relleno, y remoción de vegetación. En lo posible, los campamentos deberán ser prefabricados y estar debidamente cercados.

No deberá talarse árboles o especies forestales que tengan un especial valor genético o paisajístico. Así tampoco, deberá afectarse cualquier lugar de interés cultural o histórico.

De ser necesario el retiro de material vegetal, éste deberá ser utilizado en procesos de revegetación de otras zonas. Los residuos de tala y desbroce no deben ser depositados en corrientes de agua, debiendo ser apiladas de manera que no causen desequilibrios en el área. Estos residuos no deben ser incinerados, salvo excepciones justificadas y aprobadas por el Supervisor.

104.04 Caminos de acceso

Los caminos de acceso estarán dotados de una adecuada señalización para indicar su ubicación y la circulación de equipos pesados, debiendo utilizarse como mínimo material reflectivo Tipo IV. Los caminos de acceso, al tener el carácter provisional, deben ser construidos evitando en lo posible movimiento de tierras, efectuando un tratamiento que mejore la circulación y evite la producción de polvo.

104.05 Instalaciones

En el campamento, se incluirá la construcción de canales perimetrales en el área utilizada, si fuere necesario, para conducir las aguas de lluvias y de escorrentía al drenaje natural más próximo. Adicionalmente, se construirán

sistemas de sedimentación al final del canal perimetral, con el fin de reducir la carga de sedimentos que puedan llegar al drenaje.

En el caso de no contar con una conexión a servicios públicos cercanos, no se permitirá, bajo ningún concepto, el vertimiento de aguas negras y/o arrojo de residuos sólidos a cualquier curso de agua.

Fijar la ubicación de las instalaciones de las construcciones provisionales conjuntamente con el Supervisor, teniendo en cuenta las recomendaciones necesarias, de acuerdo a la morfología y los aspectos atmosféricos de la zona.

Instalar los servicios de agua, desagüe y electricidad necesarios para el normal funcionamiento de las construcciones provisionales.

Se debe instalar un sistema de tratamiento a fin de que garantice la potabilidad de la fuente de agua; además, se realizarán periódicamente un análisis físico-químico y bacteriológico del agua que se emplea para el consumo humano.

Incluir sistemas adecuados para la disposición de residuos líquidos y sólidos. Para ello se debe dotar al campamento de pozos sépticos, pozas para tratamiento de aguas servidas y de un sistema de limpieza, que incluya el recojo sistemático de basura y desechos y su traslado a un relleno sanitario construido para tal fin.

El campamento deberá disponer de instalaciones higiénicas destinadas al aseo del personal y cambio de ropa de trabajo; aquellas deberán contar con duchas, lavatorios, sanitarios, y el suministro de agua potable, los cuales deberán instalarse en la proporción que se indica en la **Tabla 104-01.**

Tabla 104-01

N.° trabajadores	Inodoros	Lavatorios	Duchas	Urinario
1-15	2	2	2	2
16-24	4	4	3	4
25-49	6	5	4	6
Por cada 20 adicionales	2	1	2	2

Si las construcciones provisionales están ubicadas en una zona propensa a la ocurrencia de tormentas eléctricas se debe instalar pararrayos a fin de salvaguardar la integridad física del personal de obra.

104.06 Del personal de obra

A excepción del personal autorizado de vigilancia, se prohibirá el porte y uso de armas de fuego en el área de trabajo.

Las actividades de caza o compra de animales silvestres (vivos, pieles, cornamentas, o cualquier otro producto animal) quedan prohibidas. El incumplimiento de esta norma deberá ser causal de las sanciones que correspondan según normas vigentes. Además, la empresa contratista deberá prohibir el consumo de bebidas alcohólicas y estupefacientes al interior de los campamentos.

Estas disposiciones deben ser de conocimiento de todo el personal antes del inicio de obras, mediante carteles, charlas periódicas u otros medios.

104.07 Patio de máquinas

Para el manejo y mantenimiento de las máquinas en los lugares previamente establecidos al inicio de las obras, se debe considerar algunas medidas con el propósito de que no alteren el ecosistema natural y socioeconómico, las cuales deben ser llevadas a cabo por el Contratista.

Los patios de maquinas deberán tener señalización adecuada para indicar el camino de acceso, ubicación y la circulación de equipos pesados. Los caminos de acceso, al tener el carácter provisional, deben ser construidos con el mínimo movimiento de tierras efectuando un tratamiento constructivo, para facilitar el tránsito de los vehículos de la obra.

El acceso a los patios de máquina y maestranzas debe estar independizado del acceso al campamento, por lo que debe dotarse de todos los servicios necesarios señalados para éstos, teniendo presente el tamaño de las instalaciones, número de personas que trabajarán y el tiempo que prestará servicios. Al finalizar la operación, se procederá a su desmontaje y retiro.

Instalar sistemas de manejo y disposición de grasas y aceites. Para ello es necesario contar con recipientes herméticos para la disposición de residuos de aceites y lubricantes, los cuales se dispondrán en lugares adecuados para su posterior eliminación. En las zonas de lavado de vehículos y maquinaria deberán construirse desarenadores y trampas de grasa antes que las aguas puedan contaminar suelos, vegetación, agua o cualquier otro recurso.

El abastecimiento de combustible deberá efectuarse de tal forma que se evite el derrame de hidrocarburos u otras sustancias contaminantes al suelo, ríos, quebradas, arroyos, etc. Similares medidas deberán tomarse para el mantenimiento de maquinaria y equipo. Los depósitos de combustible deben quedar alejados de las zonas de dormitorios, comedores y servicios del campamento.

104.08 Desmontaje y retiro de campamentos

Antes de desmontar las construcciones provisionales, al concluir las obras, y de ser posible, se debe considerar la posibilidad de donación del mismo a las comunidades que hubiere en la zona.

En el proceso de desmontaje, el Contratista deberá hacer la demolición total de los pisos de concreto, paredes o cualquier otra construcción y trasladarlos a un lugar de disposición final de materiales excedentes. El área utilizada debe quedar totálmente limpia de basura, papeles, trozos de madera, etc.; sellando los pozos sépticos, pozas de tratamiento de aguas negras y el desagüe.

Una vez desmontadas las instalaciones, patio de máquinas y vías de acceso, se procederá a la recuperación ambiental de las áreas afectadas de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental.

Aceptación de los trabajos

104.09 Criterios

El Supervisor efectuará entre otros, los siguientes controles:

- Verificar que las áreas de dormitorio y servicios sean suficientes para albergar al personal de obra, así como las instalaciones sanitarias.
- Verificar el correcto funcionamiento de los servicios de abastecimiento de agua potable, debiendo cumplir con los requisitos que se estipulan en la **Sección 905.**
- Verificar el correcto funcionamiento de los sistemas de drenaje y desagüe del campamento, oficinas, patios de máquina, cocina y comedores.
- Verificar las condiciones higiénicas de mantenimiento, limpieza y orden de las instalaciones.

- La evaluación de los trabajos de campamentos y obras provisionales se efectuará de acuerdo a lo indicado en la **Subsección 04.11.**
- Verificar que el desmontaje y retiro de campamentos se realice de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental.

Medición

104.10

El Campamento se medirá en forma Global (Glb).

Pago

104.11

Las cantidades medidas y aprobadas serán pagadas al precio de contrato. El pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta sección y según la **Subsección 07.05,** incluyendo la carga, descarga, transporte de ida y vuelta.

El pago del campamento se realizará de acuerdo al siguiente criterio:

- 30% del total de la partida se pagará cuando se concluya la puesta en obra de los materiales necesarios para la edificación de los campamentos.
- 40% del total de la partida se pagará a la conclusión de las edificaciones correspondientes.
- 30% restante del total de la partida se pagará una vez que el Contratista haya concluido las labores de desmontaje y retiro de los campamentos de acuerdo a lo establecido en las presentes especificaciones técnicas generales.

Partida de pago	Unidad de pago
104.A Campamento	Global (Glb)

SECCION 105

PROTECCIÓN DE RESTOS ARQUEOLÓGICOS

SECCIÓN 105

Protección de restos arqueológicos

Descripción

105.01

Este trabajo consiste en la protección del patrimonio arqueológico y cultural de la Nación, respecto a la construcción de obras viales, que será ejecutado de acuerdo a las evaluaciones arqueológicas necesarias que otorgó la libre disponibilidad de las áreas donde se ejecutará el Proyecto y previstos en el Componente Arqueología de los respectivos estudios aprobados.

La conservación del patrimonio cultural de la Nación está considerada en la Ley Nº 28296, que declara de interés nacional y necesidad pública, comprobados objetivamente la protección, la imprescriptibilidad de derechos y el cumplimiento de las políticas nacionales de defensa, protección, promoción, propiedad y régimen legal y el destino de los bienes que constituyen el Patrimonio Cultural de la Nación.

En el artículo 22° de la mencionada Ley, se establece que toda obra pública o privada de edificación nueva, remodelación, restauración, ampliación, refacción, acondicionamiento, demolición, puesta en valor o cualquier otra que involucre un bien inmueble integrante del Patrimonio Cultural de la Nación, requiere para su ejecución de la autorización previa del Ministerio de Cultura.

En consecuencia, la obra vial que involucre bienes inmuebles integrantes del Patrimonio Cultural de la Nación, debe contar para su ejecución de la autorización previa del Ministerio de Cultura o la certificación que descarte la condición de bien cultural. En todo caso, tendrá el certificado de inafectación o de inexistencia de restos arqueológicos. Estas autorizaciones deben estar incluidas en los alcances del Proyecto y su gestión es de competencia de la entidad.

Asimismo, durante la ejecución de la obra se presente y ejecute un Plan de Monitoreo Arqueológico (PMA) que garantice la no afectación de sitios

arqueológicos identificados durante el estudio y realizar planes de contingencia frente a hallazgos fortuitos.

Si el Proyecto ha consignado restos arqueológicos y/o áreas de interés histórico, el Contratista asegurará la presencia del profesional o profesionales especializados requeridos, quienes tendrán la responsabilidad de la ejecución de las actividades de preservación y tratamiento de las afectaciones a que hubiere lugar en la etapa constructiva, hasta el término de la obra. Dichos profesionales además prepararán los informes correspondientes sobre el desarrollo de tales actividades y ejecutarán sus labores en coordinación con los representantes de la supervisión y entidad contratante encargada de tales labores, según dispongan los contratos respectivos.

Requerimientos de construcción

105.02

El Contratista estará obligado a la protección de restos arqueológicos ubicados en la zona de servidumbre y su colindancia. En tal sentido, no promoverá ni realizará excavaciones en sitios arqueológicos o cementerios, ni alterará bienes inmuebles integrantes del patrimonio cultural de la Nación. En caso contrario, el Contratista estará sujeto a las multas, incautaciones y decomisos a cargo del Ministerio de Cultura, sin perjuicio de las penas que imponga el Código Penal por delitos cometidos en ese campo.

El Supervisor de Obra a través de su especialista de Arqueología debe brindar charlas de inducción al Contratista y todo su personal, sobre lo que es un sitio arqueológico, lo que representa y el valor que posee cada objeto hallado, llegado el caso de encontrar alguno, comunicará de inmediato a la supervisión de obra, para que se efectúen las acciones necesarias de acuerdo a la naturaleza del hallazgo.

En caso de que se detecte nuevos restos arqueológicos en la zona de servidumbre y áreas colindantes a la zona de construcción el Supervisor de Obra informará a la entidad contratante, para que se defina la estrategia de contingencia.

En el caso que el Contratista requiera nuevo espacio diferente a los establecidos en el Expediente Técnico de Obra, en el Estudio de Impacto Ambiental y el CIRA como áreas auxiliares (campamentos, patio de máquinas, depósitos de material excedente, canteras), se elaborará el expediente

correspondiente y gestionará ante el Ministerio de Cultura el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA). Esta gestión es de competencia y responsabilidad del Supervisor de Obra y de la entidad contratante.

105.03

Este programa se aplicará durante todo el tiempo que demande la construcción de la obra proyectada y será el Supervisor de Obra y la entidad responsables de otorgar la disponibilidad de áreas al Contratista su control y seguimiento.

Medición

105.04

El Plan para la protección de restos arqueológicos que se efectúan en el marco de un Plan de Monitoreo Arqueológico, no será materia de medición directa, pero se evidenciará con los informes de avance mensual del Plan, elaborado por el especialista en arqueología. En esos documentos se definirán las acciones futuras, mitigación y contingencias de aplicación del Plan que pudieran haberse presentado en el mes. El indicado informe será aprobado por el Supervisor y se incluirá en los respectivos informes que presente a la entidad contratante.

Pago

105.05

No se efectuará pago directo por la aplicación del programa especificado de protección de restos arqueológicos. El Contratista deberá incluir los costos que demande la protección de restos arqueológicos en sus costos indirectos, constituyendo compensación total para cumplir los alcances establecidos en la presente especificación.

CAPITULO II

MOVIMIENTO DE TIERRAS

SECCION 201

DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO

SECCIÓN 201

Desbroce y limpieza del terreno

Descripción

201.01 Generalidades

Este trabajo consiste en rozar y desbrozar la vegetación existente, destroncar y desenraizar árboles, así como limpiar el terreno en las áreas que ocuparán las obras y las zonas o fajas laterales requeridas para la vía, que se encuentren cubiertas de rastrojo, maleza, bosques, pastos, cultivos, etc., incluyendo la remoción de tocones, raíces, escombros y basuras, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los siguientes trabajos.

201.02 Clasificación

El desbroce y limpieza se clasificará de acuerdo con los siguientes criterios:

a. Desbroce y limpieza en bosque

Comprende la tala de árboles, remoción de tocones, desenraice y limpieza de las zonas donde la vegetación se presenta en forma de bosque continuo.

Los cortes de vegetación en las zonas próximas a los bordes laterales del derecho de vía, deben hacerse con sierras de mano, a fin de evitar daños considerables en los suelos de las zonas adyacentes y deterioro a otra vegetación cercana. Todos los árboles que se talen, según el trazado de la carretera, deben orientarse para que caigan sobre la vía, evitando de esa manera afectar a vegetación no involucrada.

Debe mantenerse, en la medida de lo posible, el contacto del dosel forestal, con la finalidad de permitir el movimiento de especies de la fauna. De encontrarse especies de flora o fauna con un importante valor genético y/o en peligro de extinción determinadas en las especificaciones y estudios previos, éstos deben ser trasladados a lugares próximos de donde fueron afectados.

El traslado de cualquier especie será objeto de una Especificación Especial, preparada por el responsable de los estudios, en la cual se definirá el procedimiento y los cuidados que serán necesarios durante toda actividad hasta su implantación en el nuevo sitio.

b. Desbroce y limpieza en zonas no boscosas

Comprende el desenraice y limpieza en zonas cubiertas de pastos, rastrojo, maleza, escombros, cultivos y arbustos.

También comprende la remoción total de árboles aislados o grupos de árboles dentro de superficies que no presenten características de bosque continuo.

En esta actividad se deberá proteger las especies de flora y fauna en la zona afectada, en concordancia con el Plan de Manejo Ambiental.

Materiales

201.03

Los materiales obtenidos como resultado de la ejecución de los trabajos de desbroce y limpieza, se depositarán de acuerdo con lo establecido en la **Subsección 201.07.**

El volumen obtenido por esta labor no se depositará por ningún motivo en lugares donde interrumpa alguna vía transitada o zonas que sean utilizadas por la población como acceso a centros de importancia social, salvo si el Supervisor lo apruebe por circunstancias de fuerza mayor.

Equipo

201.04

El equipo empleado para la ejecución de los trabajos de desbroce y limpieza deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere la aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajuste al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la especificación.

Los equipos que se empleen deben contar con adecuados sistemas de silenciadores, sobre todo si se trabaja en zonas vulnerables o se perturba la tranquilidad del entorno.

El equipo debe cumplir con lo que se estipula en la **Subsección 05.11.**

Requerimientos de construcción

201.05 Ejecución de los trabajos

Los trabajos de desbroce y limpieza deberán efectuarse en todas las zonas señaladas en los planos o aprobadas por el Supervisor y de acuerdo con procedimientos aprobados por éste, tomando las precauciones necesarias para lograr condiciones de seguridad satisfactorias.

Para evitar daños en las propiedades adyacentes o en los árboles que deban permanecer en su lugar, se procurará que los árboles que han de derribarse caigan en el centro de la zona objeto de limpieza, trozándolos por su copa y tronco progresivamente, cuando así lo exija el Supervisor.

Las ramas de los árboles que se extiendan sobre la rasante de la carretera, deberán ser cortadas o podadas para dejar un claro mínimo de 6 m, a partir de la superficie de la misma y en una sección libre de acuerdo las necesidades de seguridad prevista.

201.06 Remoción de tocones y raíces

En aquellas áreas donde se deban efectuar trabajos de excavación, todos los troncos, raíces y otros materiales inconvenientes, deberán ser removidos hasta una profundidad no menor de 60 cm del nivel de la subrasante del proyecto.

En las áreas que vayan a servir de base de terraplenes o estructuras de contención o drenaje, los tocones, raíces y demás materiales inconvenientes a juicio del Supervisor, deberán eliminarse hasta una profundidad no menor de 30 cm por debajo de la superficie que deba descubrirse de acuerdo con las necesidades del proyecto.

Todos los troncos que estén en la zona del proyecto, pero por fuera de las áreas de excavación, terraplenes o estructuras, podrán cortarse a ras del suelo.

Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con el suelo que haya quedado al descubierto al hacer la limpieza y éste se conformará y apisonará hasta obtener una densidad similar a la del terreno adyacente.

201.07 Remoción de capa vegetal

La remoción de la capa vegetal se efectuará con anterioridad al inicio de los trabajos a un tiempo prudencial para que la vegetación no vuelva a crecer en los lugares donde pasará la vía y en las zonas reservadas para este fin.

El volumen de la capa vegetal que se remueva al efectuar el desbroce y limpieza no deberá ser incluido dentro del trabajo objeto de la presente Sección. Dicho trabajo se encontrará cubierto por la **Sección 202.**

201.08 Remoción y disposición de materiales

Los productos de desbroce y limpieza que puedan ser utilizados durante el desarrollo de las obras son propiedad de la entidad contratante y deberán acopiarse para su uso posterior, sin que se produzca deterioro en ellos. El Contratista deberá hacerse cargo de la gestión de los productos de desbroce y limpieza que no vayan a ser utilizados, ya sea realizando un tratamiento de los mismos o transportándolos a vertedero.

Los árboles talados que sean susceptibles de aprovechamiento, deberán ser despojados de sus ramas y cortados en trozos de tamaño conveniente, los que deberán apilarse debidamente a lo largo de la zona de derecho de vía, disponiéndose posteriormente según lo apruebe el Supervisor.

El resto de los materiales provenientes del desbroce y la limpieza, deberán ser retirado del lugar de los trabajos, transportado y depositado en los lugares establecidos en el proyecto o señalados por el Supervisor, donde dichos materiales deberán ser enterrados convenientemente, de tal manera que la acción de los elementos naturales no pueda dejarlos al descubierto, según se estipula en la **Sección 209.**

Para el traslado de estos materiales los vehículos deberán estar cubiertos con una lona de protección, con la seguridad respectiva, a fin de que éstas no se dispersen accidentalmente durante el trayecto a la zona de disposición de desechos previamente establecido por la autoridad competente, así como también es necesario aplicar las normas y disposiciones legales vigentes. Los materiales excedentes por ningún motivo deben ser dispuestos sobre cursos

de agua (escorrentía o freática), debido a la contaminación de las aguas, seres vivos e inclusive puede modificar el microclima. Por otro lado, tampoco deben ser dispuestos de manera que altere el paisaje natural.

La materia vegetal inservible y los demás desechos del desbroce y limpieza deberán ser transportados a depósitos de materiales excedentes o plantas de tratamiento, que deberán estar indicados en el Proyecto o, en su defecto, aprobados por el Supervisor.

Por ningún motivo se permitirá que los materiales de desecho se incorporen en los terraplenes, ni disponerlos a la vista en las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, ni en sitios donde puedan ocasionar perjuicios ambientales.

201.09 Orden de las operaciones

Los trabajos de desbroce y limpieza deben efectuarse con anterioridad al inicio de las operaciones de explanación. En cuanto, dichas operaciones lo permitan, y antes de disturbar con maquinaria la capa vegetal, deberán levantarse secciones transversales del terreno original, las cuales servirán para determinar el volumen de la capa vegetal y del movimiento de tierra, de conformidad con la **Sección 202.**

Si después de ejecutados el desbroce y la limpieza, la vegetación vuelve a crecer, el Contratista deberá efectuar una nueva limpieza, a su costo, antes de realizar la operación constructiva siguiente.

Aceptación de los Trabajos

201.10 Criterios

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará, entre otros los siguientes controles:

- Verificar que el Contratista disponga de todos los permisos requeridos.
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista.
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos aplicados por el Contratista.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.

- Comprobar que la disposición de los materiales obtenidos de los trabajos de desbroce y limpieza, se ajuste a las exigencias de la presente especificación y todas las disposiciones legales vigentes.
- Medir las áreas en las que se ejecuten los trabajos en acuerdo a esta especificación.
- Señalar todos los árboles que deban quedar de pie y ordenar las medidas para evitar que sean dañados.

El Contratista aplicará las acciones y los procedimientos constructivos recomendados en los respectivos estudios o evaluaciones ambientales del proyecto, las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales, y el Supervisor velará por su cumplimiento.

La actividad de desbroce y limpieza se considerará terminada cuando la zona quede despejada para permitir que se continúe con las siguientes actividades de la construcción.

La evaluación de los trabajos de desbroce y limpieza se efectuarán según lo indicado en la **Subsección 04.11.**

Medición

201.11

La unidad de medida del área desbrozada y limpiada, será la hectárea (ha), en su proyección horizontal, aproximada al décimo de hectómetro cuadrado, de área limpiada y desbrozada satisfactoriamente, dentro de las zonas señaladas en el Proyecto o indicadas por el Supervisor. No se incluirán en la medida las áreas correspondientes a la plataforma de vías existentes.

Tampoco se medirán las áreas limpiadas y desbrozadas en zonas de préstamos o de canteras y otras fuentes de materiales que se encuentren localizadas fuera de la zona del proyecto, ni aquellas que el Contratista haya despejado por conveniencia propia, tales como vías de acceso, vías para acarreos, campamentos, instalaciones o depósitos de materiales.

Pago

201.12

El pago del desbroce y limpieza se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aprobado por el Supervisor y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05.**

El precio deberá cubrir todos los costos de desmontar, destroncar, desenraizar, rellenar y compactar los huecos de tocones; disponer los materiales sobrantes de manera uniforme en los sitios aprobados por el Supervisor.

El pago por concepto de desbroce y limpieza se hará independientemente del correspondiente a la remoción de capa vegetal en los mismos sitios, aún cuando los dos trabajos se ejecuten en una sola operación. La remoción de capa vegetal se medirá y pagará de acuerdo con la **Sección 202.**

Partida de pago	Unidad de pago
201.A Desbroce y limpieza en bosque	Hectárea (ha)
201.B Desbroce y limpieza en zonas no boscosas	Hectárea (ha)

SECCION 202

EXCAVACIÓN PARA EXPLANACIONES

SECCIÓN 202

Excavación para explanaciones

Descripción

202.01 Generalidades

Este trabajo consiste en el conjunto de actividades de excavar y remover, hasta el límite de acarreo libre (120 m), los materiales provenientes de los cortes requeridos para la explanación y préstamos, según los planos y secciones transversales del Proyecto o las instrucciones del Supervisor.

Comprende, además, la excavación y remoción de la capa vegetal, y de otros materiales blandos, orgánicos y deletéreos, en las áreas donde se hayan de construir los terraplenes de la carretera.

202.02 Excavación para la explanación

El trabajo comprende el conjunto de actividades de excavación y nivelación de las zonas comprendidas dentro del prisma vial donde ha de fundarse la carretera, incluyendo taludes y cunetas; así como la escarificación, conformación y compactación a nivel de subrasante en zonas de corte.

Incluye, además, las excavaciones necesarias para el ensanche o modificación del alineamiento horizontal o vertical de plataformas existentes.

202.03 Excavación Complementaria

El trabajo comprende las excavaciones necesarias para el drenaje en las labores de explanación, que pueden ser zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares existentes y de cauces naturales.

202.04 Excavación en zonas de préstamo

El trabajo comprende el conjunto de actividades para explotar los materiales adicionales a los volúmenes, provenientes de la excavación de la explanación de la carretera requeridos para la construcción de los terraplenes o pedraplenes, siempre y cuando éstos sean aptos para su caso.

202.05 Clasificación

a. Excavación sin clasificar

Se refiere a los trabajos de excavación de cualquier material sin importar su naturaleza.

No se admitirá ningún reajuste por clasificación, sea cual fuere la calidad del material encontrado.

b. Excavación clasificada

1. Excavación en roca fija

Comprende la excavación de masas de rocas mediana o fuertemente litificadas que, debido a su cementación y compactación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

Para iniciar los trabajos de Perforación y Voladuras de rocas se deberá presentar en primer lugar un Procedimiento Ejecutivo con carácter de obligatoriedad para ser aprobado por la supervisión, en el cual debe establecer los criterios de voladuras, las mallas de perforación; las cargas respectivas, los tipos de explosivos, los equipos a utilizar, etc. Considerando que se cumpla con los requerimientos ofrecidos en la propuesta técnico económica del Contratista para realizar esta partida de voladura en roca. Este procedimiento deberá estar en concordancia con el Estudio Geológico y Geotécnico que forma parte del Estudio Definitivo.

2. Excavación en roca fracturada (suelta)

Comprende la excavación de masas de rocas fracturada cuyo grado de cementación requiere el uso de maquinaria con accesorios auxiliares (ripers u otros) y explosivos, de ser el caso, explosivos en pequeña magnitud.

Comprende, también, la excavación, remoción y/o fragmentación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico (1 m^3), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas por acción natural y que para su fragmentación requieran el uso de explosivos.

3. Excavación en material suelto

Comprende la excavación de materiales no considerados en los numerales (1) y (2) de esta Subsección (excavación en roca fija y

fracturada o blanda), cuya remoción sólo requiere el empleo de maquinaria y/o mano de obra.

En las excavaciones sin clasificar y clasificadas, se debe tener presente la ubicación de la napa freática (medición y registros) para evitar su contaminación y otros aspectos colaterales.

Materiales

202.06

Los materiales provenientes de excavación para la explanación se utilizarán, si reúnen las calidades exigidas, en la construcción de las obras de acuerdo con los usos fijados en el Proyecto o determinados por el Supervisor.

El Contratista no podrá desechar materiales ni retirarlos para fines distintos a los del contrato, sin la autorización previa del Supervisor.

Los materiales provenientes de la excavación que presenten buenas características para uso en la construcción de la vía, serán reservados para utilizarlos posteriormente.

Los materiales de excavación que no sean utilizables serán eliminados como materiales excedentes y colocados en los Depósitos de Materiales Excedentes (DME), según lo indicado en la **Sección 209.**

Los materiales excedentes serán transportados humedecidos y cubiertos con lona para evitar la emisión de polvo y derrames.

El depósito temporal de los materiales no deberá interrumpir vías o zonas de acceso peatonal y vehicular.

Los materiales adicionales que se requieran para las obras, se extraerán de las zonas de préstamo aprobadas por el Supervisor y deberán cumplir con las características establecidas en las especificaciones correspondientes.

Equipo

202.07

El Contratista propondrá, para consideración del Supervisor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, los cuales no deben producir

daños innecesarios ni a construcciones ni a cultivos; y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

Los equipos de excavación deberán disponer de sistemas de silenciadores. Cuando se trabaje cerca a zonas ambientalmente sensibles, tales como colegios, hospitales, mercados y otros que considere el Supervisor, aunado a los especificados en el Estudio de Impacto Ambiental, los trabajos se harán manualmente si es que los niveles de ruido sobrepasan los niveles máximos recomendados.

Requerimientos de construcción

202.08 Excavación

Antes de iniciar las excavaciones se requiere la aprobación, por parte del Supervisor, de los trabajos de topografía, desbroce, limpieza y demoliciones, así como los de remoción de especies vegetales, cercas de alambre y de instalaciones de servicios que interfieran con los trabajos a ejecutar.

Las obras de excavación deberán avanzar en forma coordinada con las de drenaje del Proyecto, tales como alcantarillas, desagües, alivios de cunetas y construcción de filtros. Además se debe garantizar el correcto funcionamiento del drenaje y controlar fenómenos de erosión e inestabilidad.

La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los planos del Proyecto o indicadas por el Supervisor.

La excavación de la explanación se debe ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del Proyecto o las instrucciones del Supervisor. Toda sobre-excavación que haga el Contratista, por error o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, correrá por su cuenta, costo y riesgo y el Supervisor podrá suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas.

Cuando la altura del talud de corte sea mayor de 7 m (en suelos), o de diez metros (10 m en rocas), o según lo especifique el Proyecto, y la calidad del material por excavar lo exija, deberán construirse banquetas de corte con pendiente hacia el interior del talud a una cuneta que debe recoger y encauzar las aguas superficiales hacia áreas donde el talud no sea afectado.

El ancho mínimo de la terraza deberá permitir la operación normal de los equipos de construcción. La pendiente longitudinal de las banquetas y su dimensionamiento deberá especificarse en el Proyecto o seguir las indicaciones del Supervisor.

Al alcanzar el nivel de la subrasante en la excavación de material suelto, se deberá escarificar una profundidad mínima de 15 cm, conformar de acuerdo con las pendientes transversales especificadas y compactar, según las exigencias de compactación definidas en la **Subsección 202.19**.

Si los suelos encontrados a nivel de subrasante están constituidos por suelos inestables, el Supervisor ordenará las modificaciones que corresponden a las instrucciones del párrafo anterior, con el fin de asegurar la estabilidad de la subrasante. En este caso se aplicará lo especificado en la **Sección 207.**

En caso de que al nivel de la subrasante se haya determinado la existencia de propiedades físicas propias de suelos expansivos, se priorizará su estabilización o será de aplicación lo especificados en la **Sección 207**, en caso que los documentos del Proyecto o el Supervisor determinen su reemplazo, la profundidad de la excavación se determinará en base a un análisis de esfuerzos y deformaciones para las condiciones existentes de los materiales que conformarán la plataforma vial y del terreno de fundación. Los materiales de reemplazo deberán cumplir con las características definidas en la **Sección 205.**

Las cunetas y bermas deben construirse de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas especificadas en el Proyecto o las instrucciones del Supervisor.

Todo daño posterior a la ejecución de estas obras, causado por el Contratista, debe ser subsanado por éste, sin costo alguno para la entidad contratante.

Para las excavaciones en roca, los procedimientos, tipos y cantidades de explosivos y equipos que el Contratista proponga utilizar, deberán estar aprobados previamente por el Supervisor; así como la secuencia y disposición de las voladuras, las cuales se deberán proyectar en tal forma que sea mínimo su efecto fuera de los taludes proyectados. El Contratista garantizará la dirección y ejecución de las excavaciones en roca, considerando lo indicado en la **Subsección 05.05**.

Toda excavación en roca será hasta 15 cm por debajo de las cotas de subrasante, dicha área allanada y libre de puntas de roca, se deberá rellenar,

conformar y compactar con material seleccionado proveniente de las excavaciones o con material de subbase granular, según lo determine el Supervisor.

La superficie final de la excavación en roca deberá encontrarse libre de cavidades que permitan la retención de agua y tendrá, además, pendientes transversales y longitudinales que garanticen el correcto drenaje superficial.

202.09 Ensanche o modificación del alineamiento de plataformas existentes

En los Proyectos de mejoramiento de vías, donde se conserve la plataforma existente, los procedimientos que utilice el Contratista deberán permitir la ejecución de los trabajos de ensanche o modificación del alineamiento, evitando la contaminación del afirmado con materiales arcillosos, orgánicos o vegetales.

Los materiales excavados deberán cargarse y transportarse hasta los sitios de utilización o establecidos en el Proyecto o aprobados por el Supervisor.

Así mismo, el Contratista deberá garantizar el tránsito y conservar la superficie de rodadura existente, según se indica en la **Sección 103**.

Si el Proyecto exige el ensanche del afirmado existente, las fajas laterales se excavarán hasta el nivel de subrasante, dándole a ésta, posteriormente, el tratamiento indicado en la **Subsección 202.08**.

En las zonas de ensanche de terraplenes, el talud existente deberá cortarse en forma escalonada de acuerdo con lo que establezcan el Proyecto y las indicaciones del Supervisor.

202.10 Taludes

La excavación de los taludes se realizará adecuadamente para no dañar su superficie final, evitar la descompresión prematura o excesiva de su pie y contrarrestar cualquier otra causa que pueda comprometer la estabilidad del talud de corte final.

Los trabajos de excavación de taludes sea en cualesquiera de los materiales clasificados se debe ajustar a las consideraciones técnicas (Geología y Geotecnia) contenidas en el Proyecto en especial a los taludes considerados en los sectores críticos, cualquier modificación al respecto deberá ser coordinada con el Supervisor de la Obra si este lo considere pertinente.

El Contratista deberá comunicar con suficiente anticipación a la Supervisión el comienzo de cualquier excavación, y el sistema de ejecución previsto, para obtener la aprobación del proceso constructivo.

Cuando los taludes excavados, tienen más de 7 m, debido a que implica un riesgo potencial para la integridad física de los usuarios de la carretera, y se presenten síntomas de inestabilidad, se deberán hacer terrazas o banquetas de corte y realizar labores de sembrado de vegetación típica en la zona afectada para evitar la erosión, ocurrencia de derrumbes, o deslizamientos que puedan interrumpir las labores de obra, así como la interrupción del tránsito en la etapa operativa, para evitar aumentar los costos de mantenimiento. En los lugares que se estime conveniente, se deberán construir muros de contención.

El Contratista deberá realizar una inspección adecuada antes de realizar la excavación de los taludes, considerando la presencia de terrenos de sembríos, canales de regadíos, tomas de agua, diques y/o cualquier almacenamiento de agua en las zonas del talud superior; y de acuerdo a esta evaluación empezar a realizar los trabajos respectivos. Por ningún motivo el Contratista iniciara los trabajos si no ha establecido estas zonas debido a que podría generarse una nueva distribución de los flujos de las aguas y generar deslizamientos en las zonas de excavación. En el caso de que encuentre agua en los taludes de corte realizados, el Contratista deberá establecer inmediatamente un plan de contingencia para su control o derivación antes de continuar con los trabajos de estabilización del talud, en caso contrario podría causar una inestabilidad operativa imputable al Contratista. Todos estos trabajos deberán realizarse con la aprobación de la Supervisión.

Cuando sea preciso adoptar medidas especiales para la protección superficial del talud, tales como plantaciones superficiales, revestimientos, etc., previstas en el Proyecto u ordenadas por el Supervisor, estos trabajos deberán realizarse inmediatamente después de la excavación del talud. Estos trabajos se harán de acuerdo a lo que se estipula en las **Secciones 901, 902, 903** y **904**.

En el caso que los taludes presenten deterioro antes del recibo definitivo de las obras, el Contratista eliminará los materiales desprendidos o movidos y realizará las correcciones complementarias ordenadas por el Supervisor.

Si dicho deterioro es imputable a una mala ejecución de las excavaciones, el Contratista será responsable por los daños ocasionados y, por lo tanto, las correcciones se efectuarán a su cuenta, costo y riesgo.

202.11 Excavación Complementaria

La construcción de zanjas de drenaje, zanjas interceptoras y acequias, así como el mejoramiento de obras similares y cauces naturales deberá efectuarse de acuerdo con los alineamientos, secciones y cotas indicados en el Proyecto o aprobados por el Supervisor.

Toda desviación de las cotas y secciones especificadas, especialmente si causa estancamiento del agua o erosión, deberá ser subsanada por el Contratista y aprobada por el Supervisor y sin costo adicional para la entidad contratante.

202.12 Utilización de materiales excavados y disposición de sobrantes

Todos los materiales provenientes de las excavaciones de la explanación que sean utilizables y, según el Proyecto, estas especificaciones o aprobadas por el Supervisor, necesarios para la construcción o protección de terraplenes, pedraplenes u otras partes de las obras proyectadas, se deberán utilizar en ellos. El Contratista no podrá disponer de los materiales provenientes de las excavaciones ni retirarlos para fines distintos del contrato, sin autorización previa del Supervisor.

Los materiales provenientes de la remoción de capa vegetal, deberán almacenarse para su uso posterior en sitios accesibles, y de manera aceptable para el Supervisor; estos materiales se deberán usar preferentemente para el recubrimiento de los taludes de los terraplenes terminados, áreas de canteras explotadas y niveladas o donde lo disponga el Proyecto o el Supervisor. Para mayor referencia, ver el **Capítulo 9**.

Los materiales sobrantes de la excavación deberán ser colocados en los DME indicados en el Proyecto, según lo indicado en la **Sección 209.** De acuerdo con las instrucciones del Supervisor y en zonas aprobadas por éste, se usarán para el tendido de los taludes de terraplenes o para emparejar las zonas laterales de la vía y de las canteras. Se dispondrán en tal forma que no ocasionen ningún perjuicio al drenaje de la carretera o a los terrenos que ocupen, a la visibilidad en la vía ni a la estabilidad de los taludes o del terreno al lado y debajo de la carretera. Todos los materiales sobrantes se deberán

extender y emparejar de tal modo que permitan el drenaje de las aguas alejándolas de la vía, sin estancamiento y sin causar erosión, y se deberán conformar para presentar una buena apariencia.

Los materiales aprovechables de las excavaciones de zanjas, acequias y similares, se deberán utilizar en los terraplenes del Proyecto, extender o acordonar a lo largo de los cauces excavados, o disponer según lo determine y apruebe el Supervisor.

202.13 Excavación en zonas de préstamo

Los materiales adicionales que se requieran para la terminación de las obras proyectadas o indicadas por el Supervisor, se obtendrán mediante el ensanche adecuado de las excavaciones del Proyecto o de zonas de préstamo establecidas y/o previamente aprobadas por el Supervisor.

Para la excavación en zonas de préstamo se debe verificar que no se hayan producido desestabilizaciones en las áreas de corte que produzcan derrumbes y que pongan en peligro al personal de obra. Los cortes de gran altura se harán con aprobación del Supervisor.

Si se utilizan materiales de las playas del río, el nivel de extracción debe estar sobre el nivel del curso de las aguas para que las maquinarias no remuevan material que afecte el ecosistema acuático, debiendo ceñirse a lo dispuesto a la Ley Nº 28221 Ley que Regula el Derecho por Extracción de Materiales de los Álveos o Cauces de los Ríos por las Municipalidades.

En la excavación de préstamos se seguirá todo lo pertinente a los procedimientos de ejecución de las excavaciones de la explanación y complementarios.

202.14 Hallazgos arqueológicos, paleontológicos y sitios históricos

En caso de algún descubrimiento de restos arqueológicos, sitios de asentamientos humanos antiguos o de época colonial, reliquias, fósiles u otros objetos de interés histórico arqueológico y paleontológico durante la ejecución de las obras, el Contratista seguirá los lineamientos dados en la **Subsección 05.04**.

202.15 Manejo del agua superficial

Cuando se estén efectuando las excavaciones, se deberá tener cuidado para que no se presenten depresiones y hundimientos y acordonamientos de material que afecten el normal escurrimiento de las aguas superficiales.

En los trabajos de excavación, no deben alterarse los cursos de aguas superficiales, para lo cual mediante obras hidráulicas se debe encauzar, reducir la velocidad del agua y disminuir la distancia que tiene que recorrer. Estas labores traerán beneficios en la conservación del medio ambiente y disminución en los costos de mantenimiento, así como evitará retrasos en la obra.

202.16 Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el Contratista deberá limpiar y conformar las zonas laterales de la vía, las de préstamo y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con las indicaciones del Supervisor.

202.17 Referencias topográficas

Durante la ejecución de la excavación para explanaciones complementarias y préstamos, el Contratista deberá mantener, sin alteración, las referencias topográficas y marcas especiales para limitar las áreas de trabajo.

Aceptación de los Trabajos

202.18 Criterios

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar que el Contratista disponga de todos los permisos requeridos para la ejecución de los trabajos.
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista.
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos adoptados por el Contratista.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Verificar el alineamiento, perfil y sección de las áreas excavadas.
- Comprobar que toda superficie para base de terraplén o subrasante mejorada quede limpia y libre de materia orgánica
- Verificar la compactación de la subrasante.

- Medir los volúmenes de trabajo ejecutado por el Contratista de acuerdo a los documentos aprobados del Proyecto y la presente especificación.

El trabajo de excavación se dará por terminado y aceptado cuando el alineamiento, el perfil, la sección y la compactación de la subrasante estén de acuerdo con los planos del Proyecto, con éstas especificaciones y las instrucciones del Supervisor.

La cota de cualquier punto de la subrasante conformada y terminada no deberá variar en más de 10 mm con respecto a la cota proyectada.

Las cotas de fondo de las cunetas, zanjas y canales no deberán diferir en más de 15 mm de las proyectadas.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, y a satisfacción del Supervisor.

Las secciones transversales ejecutadas serán debidamente medidas y anotadas por el Contratista. El Supervisor verificará estos registros y si los encontrase correctos aprobará las mediciones como base para el pago.

No se pagarán las excavaciones efectuadas en exceso al de las secciones transversales aprobadas. Dichas sobre excavaciones serán rellenadas como lo ordene el Supervisor, con material de sub-base o de base granular, los gastos correrán por cuenta del Contratista.

La evaluación de los trabajos de excavación en explanaciones se efectuará según lo indicado en la **Subsección 04.11.**

Alternativamente, a los controles de compactación y deflectometría se deberá aplicar otros ensayos de calidad a nivel de subrasante como Ensayo de Placa, Penetración Dinámica de Cono (PDC), Geogauge.

202.19 Compactación de la subrasante en zonas de excavación

Una vez terminados los trabajos de excavación se procederá a efectuar el escarificado de la subrasante en las zonas de corte, hasta una profundidad de 15 cm por debajo del nivel de subrasante de replanteo, y se procederá a eliminar las piedra mayores de 3” de diámetro previo a la conformación (riego y batido), perfilado y compactado.

El Contratista suministrara y usara las plantillas, para el control de anchos y cotas. La cota de cualquier punto de la subrasante perfilada no deberá variar en más de 10 mm con respecto a la cota de replanteo aprobada.

La compactación de la subrasante, en los casos establecidos en la **Subsección 202.08**, se verificará de acuerdo con los siguientes criterios:

- La densidad de la subrasante compactada se definirá sobre un mínimo de 6 determinaciones, en sitios elegidos al azar con una frecuencia de una, cada 250 m^2 de plataforma terminada y compactada.
- Las densidades individuales del lote (D_i) deben ser, como mínimo, el 95% de la máxima densidad en el ensayo Proctor Modificado de referencia (D_e).

$$D_i \geq 0.95\ D_e$$

D_i: Densidades individuales

D_e: Máxima densidad en el ensayo Proctor Modificado

202.20 Ensayo de Deflectometría sobre la subrasante terminada

Se requiere un estricto control de calidad tanto de los materiales como de los equipos, procedimientos constructivos y en general de todos los elementos involucrados en la puesta en obra de la subrasante. De dicho control forma parte la medición de las deflexiones que se menciona a continuación.

Una vez terminada la explanación se hará deflectometría cada 25 metros en ambos sentidos, es decir, en cada uno de los carriles, mediante el empleo de Viga Benkelman, FWD o cualquier equipo de alta confiabilidad, antes de cubrir la subrasante con la subbase o con la base granular. Se analizará la deformada o curvatura de la deflexión obtenida de acuerdo al procedimiento del dispositivo utilizado (en el caso del FWD de por lo menos tres mediciones por punto).

Los puntos de medición estarán georeferenciados con el estacado del Proyecto, de tal manera que exista una coincidencia con relación a las mediciones que se efectúen a nivel de carpeta.

Un propósito específico de la medición de deflexiones sobre la subrasante, es la determinación del módulo resiliente de la capa, con la finalidad de detectar problemas puntuales de baja resistencia por módulos resilientes inferiores al de diseño, que puedan presentarse durante el proceso constructivo, su análisis y la oportuna aplicación de los correctivos a que hubiere lugar.

Los trabajos e investigaciones antes descritos, serán efectuados por el Contratista.

El Contratista deberá cumplir con lo indicado en la **Sección 103** para la protección del equipo de trabajo y el control de tránsito. Para el caso de la Viga Benkelman el Contratista proveerá un volquete operado con las siguientes características:

- Clasificación del vehículo: C2
- Peso con carga en el eje posterior: 82 kN (8.200 kg)
- Llantas del eje posterior: dimensión 10x20, 12 lonas. Presión de inflado: 0,56 MPa o 80 psi. Excelente estado.

El vehículo estará a disposición hasta que sean concluidas todas las evaluaciones de deflectometría.

El Contratista garantizará que el radio de curvatura de la deformada de la Subrasante que determine en obra sea preciso, para lo cual hará la provisión del equipo idóneo para la medición de las deflexiones.

Así mismo, para la ejecución de los ensayos deflectométricos, el Contratista hará la provisión del personal técnico, papelería, equipo de viga Benkelman doble o simples, equipo FWD u otro aprobado por la Supervisión, acompañante y en general, de todos los elementos que sean requeridos para llevar a efecto satisfactoriamente los trabajos antes descritos.

Los ensayos de deflectometría serán también realizados con las mismas condiciones y exigencias en las subrasantes terminadas en secciones en terraplén. De cada tramo que el Contratista entregue a la Supervisión completamente terminado para su aprobación, deberá enviar un documento técnico con la información de deflectometría, procesada y analizada. La Supervisión tendrá 24 horas hábiles para aprobar los ensayos presentados y de ser el caso, dictara las medidas correctivas que sean necesarias. Se requiere realizar el procedimiento indicado, para colocar la capa estructural siguiente.

Medición

202.21

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico completo, de material excavado en su posición original. Todas las excavaciones para explanaciones, zanjas, acequias y préstamos serán medidas por volumen ejecutado, con base en las áreas de corte de las secciones transversales del Proyecto, original o modificado, verificadas por el Supervisor antes y después de ejecutarse el trabajo de excavación y según se indica en la **Subsección 07.02(a) (1).**

No se medirán las excavaciones que el Contratista haya efectuado por error o por conveniencia fuera de las líneas de pago del Proyecto o las autorizadas por el Supervisor. Si dicha sobre-excavación se efectúa en la subrasante o en una calzada existente, el Contratista deberá rellenar y compactar los respectivos espacios, a su cuenta, costo y riesgo, y usando materiales y procedimientos aceptados por el Supervisor.

No se medirán ni se autorizarán pagos para los volúmenes de material colocado, perfilado, nivelado y compactado sobre plataforma excavada en roca.

En las zonas de préstamo, solamente se medirán en su posición original los materiales aprovechables y utilizados en la construcción de terraplenes y pedraplenes; alternativamente, se podrá establecer la medición de los volúmenes de materiales de préstamo utilizados, en su posición final en la vía, reduciéndolos a su posición original mediante relación de densidades determinadas por el Supervisor.

No se medirán ni se autorizarán pagos para los volúmenes de material removido de derrumbes, durante los trabajos de excavación de taludes, cuando a juicio del Supervisor fueren causados por procedimientos inadecuados o error del Contratista.

Pago

202.22

El trabajo de excavación se pagará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con el Proyecto o las instrucciones del Supervisor, para la respectiva clase de excavación ejecutada satisfactoriamente y aceptada por éste. Se deberá considerar para este fin lo dispuesto en la **Subsección 07.05.**

Deberá cubrir, además los costos de conformación de la subrasante, su compactación en todo tipo de terreno según se indica en la **Subsección 202.19**, la limpieza final, conformación de las zonas laterales y las de préstamo y disposición de sobrantes; los costos de perforación en roca, precortes, explosivos y voladuras; la excavación de acequias, zanjas, obras similares y el mejoramiento de esas mismas obras o de cauces naturales.

El Contratista deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio de utilización.

En las zonas del Proyecto donde se deba realizar trabajo de remoción de la capa vegetal, el precio unitario deberá cubrir el almacenamiento de los materiales necesarios para las obras; y cuando ellos se acordonan a lo largo de futuros terraplenes, su posterior traslado y extensión sobre los taludes de éstos, así como el traslado y extensión sobre los taludes de los cortes donde esté proyectada su utilización.

Si el material excavado es roca, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y sitios señalados por el Supervisor.

En los Proyectos de ensanche o modificación del alineamiento de plataformas existentes, donde debe garantizarse la seguridad y mantenimiento del tránsito, el Contratista deberá considerar en su precio unitario todo lo que se especifica en la **Sección 103**.

El precio unitario para excavación de préstamos deberá cubrir todos los costos de limpieza y remoción de capa vegetal de las zonas de préstamo, la excavación y los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de

explotación y de alquiler de las fuentes de materiales de préstamo, según corresponda.

No habrá pago por las excavaciones y disposición o desecho de los materiales no utilizados en las zonas de préstamo, pero es obligación del Contratista dejar el área bien conformada o restaurada de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental.

El transporte de los materiales provenientes de excedentes de la excavación se medirá y pagará de acuerdo con la **Sección 700**.

Partida de pago	Unidad de pago
Alternativa I	
202.A Excavación sin clasificar	Metro cúbico (m³)
Alternativa II	
202.B Excavación clasificada	
(1) Excavación en Roca Fija	Metro cúbico (m³)
(2) Roca Fracturada (suelta)	Metro cúbico (m³)
(3) Material Suelto	Metro cúbico (m³)

SECCION 203

REMOCIÓN DE DERRUMBES

SECCIÓN 203

Remoción de derrumbes

Descripción

203.01 Generalidades

Este trabajo consiste en remover y trasladar hasta la distancia libre de transporte, los materiales provenientes de la caída y/o desplazamiento de los taludes sobre la vía existente o en construcción, que se convierten en obstáculo para la utilización normal de la vía o para la ejecución de las obras, que incluye además los elementos de seguridad vial necesarios.

El trabajo se hará de acuerdo con esta especificación y las instrucciones del Supervisor, quien exigirá su aplicación desde la entrega de la vía al Contratista hasta la recepción definitiva de la obra por la entidad contratante.

El derrumbe puede producirse durante la construcción de los cortes proyectados y dentro de sus límites, antes o después de ejecutarse los trabajos de excavación.

Si el derrumbe se produce durante la ejecución de la obra, independientemente del volumen de derrumbe, la remoción de estos materiales será por cuenta y riesgo del Contratista. Sin embargo, si el derrumbe se produce una vez recepcionada la obra y cumplido el periodo de garantía de la misma, serán los servicios de mantenimiento los encargados de estos trabajos de remoción.

Materiales

203.02

Los materiales por remover serán los provenientes del derrumbe.

Equipo

203.03

Los equipos para la remoción de derrumbes están sujetos a la aprobación del Supervisor y deben ser suficientes para garantizar el cumplimiento de esta especificación y del programa de trabajo.

Los equipos empleados deben cumplir con las exigencias técnicas ambientales en lo que respecta a emisión de contaminantes y ruidos, identificados en los respectivos estudios definitivos aprobados, los cuales antes de ser empleados deben tener la aprobación del Supervisor. También debe aplicarse las consideraciones descritas en la **Subsección 06.01** del presente documento, en lo que respecta al uso de equipos.

Requerimientos de Construcción

203.04

El Contratista o los servicios de mantenimiento deberán ejecutar el trabajo en los sitios afectados de la vía, cuando lo solicite el Supervisor.

Cuando ocurra un derrumbe, el Contratista o los servicios de mantenimiento deberán colocar señales que indiquen, durante el día y la noche, la presencia del obstáculo de acuerdo con las disposiciones de la **Sección 103** y serán los responsables de mantener la vía transitable y segura, a fin de que no ocurran accidentes en perjuicio de los trabajadores, usuarios de la vía, ni tampoco retrasen las obras con otros imprevistos.

La remoción del derrumbe se efectuará en las zonas indicadas por el Supervisor y considerando siempre la estabilidad del talud aledaño a la masa de suelo desplazada y de las construcciones vecinas.

Los materiales excedentes serán transportados humedecidos y cubiertos con lona para evitar la emisión de polvo y derrames, ajustándose a las disposiciones legales vigentes. El depósito temporal de los materiales no deberá interrumpir vías o zonas de acceso de importancia local. Si el Supervisor lo autoriza, los materiales pueden ser empleados en las obras.

Si el material de derrumbe cae sobre cauces naturales en la zona de la vía, obras de drenaje, subrasantes, subbases, bases y pavimentos terminados, deberá extraerse con las precauciones necesarias, sin causar daños a las obras, las cuales deberán limpiarse en forma adecuada.

Los daños causados por descuido o error del Contratista será reparado por éste, sin costo alguno para a la entidad contratante.

Los materiales provenientes de los derrumbes deberán disponerse de la misma manera que el material excedente de las excavaciones, conforme se determina en la **Sección 202.**

Si el material de derrumbe cae sobre la vía que se halla disponible para el tránsito vehicular, la remoción del material deberá ser efectuada a la brevedad posible por el Contratista o por los servicios de mantenimiento con la aprobación escrita del Supervisor.

En las zonas de potenciales derrumbes, se deberá proveer la colocación de avisos de precaución y así mismo ocurridos estos, se instalará la señalización correspondiente.

Aceptación de los Trabajos

203.05

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Vigilar el cumplimiento de las especificaciones que se dan en la **Sección 103**.
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado.
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos aplicados.
- Comprobar que la disposición final de los materiales provenientes del derrumbe se ajuste a las exigencias de estas especificaciones y a las disposiciones legales vigentes.
- Medir el volumen de trabajo ejecutado.

El trabajo de remoción de derrumbes será aceptado cuando se ejecute de acuerdo con esta especificación y la aprobación del Supervisor.

La remoción del derrumbe se considerará completa cuando la vía quede limpia y libre de obstáculos y las obras de drenaje funcionen normalmente. La evaluación de los trabajos de "Remoción de Derrumbes" se efectuará de acuerdo a lo indicado en la **Subsección 04.11**.

Medición

203.06

La unidad de medida para la remoción de derrumbes será el metro cúbico (m^3) aproximado al metro cúbico completo.

El volumen de material removido, hasta el límite de acarreo libre, se medirá en estado suelto, verificado y controlado por el Supervisor.

Los volúmenes de derrumbes que a juicio de la Supervisión fueran causados por procedimientos inadecuados o errores del Contratista, no serán reconocidos para el pago.

Pago

203.07

La remoción de derrumbes se pagará al precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente, de acuerdo con la presente especificación y aceptado por el Supervisor, y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de remoción, hasta la distancia de transporte libre de 120 m, deberá incluir, también, los costos por mano de obra, señalización preventiva de la vía, control del tránsito automotor, limpieza y restablecimiento del funcionamiento de las obras de drenaje obstruidas por los materiales de derrumbe.

No se autorizarán pagos para los volúmenes de material de derrumbes, si los materiales se descargan sobre obras del Proyecto o áreas no autorizadas por el Supervisor.

Tampoco se autorizarán pagos para los volúmenes de material de derrumbes, causados por procedimientos inadecuados o errores del Contratista.

El transporte de material de derrumbe a una distancia mayor de 120 m de transporte libre, se medirá y pagará de acuerdo con la **Sección 700.**

Partida de pago	Unidad de pago
203.A Remoción de Derrumbes	Metro cúbico (m^3)

SECCION 204

EXCAVACIÓN GENERAL DE TÚNELES

SECCIÓN 204

Excavación general de túneles

Descripción

204.01

Esta sección se refiere a los trabajos de excavación necesarios para la construcción de túneles, según lo establecido en el Proyecto y en esta Sección.

Requerimientos de construcción

204.02 Excavaciones

Las excavaciones tendrán la forma, dimensiones y cotas indicadas en el Proyecto. Los límites teóricos de excavación y de revestimiento se definen a continuación:

- Superficie Teórica de Excavación: Es aquella superficie dentro de la cual no podrá quedar material alguno sin excavar.
- Superficie Teórica de Revestimiento: Es aquella superficie dentro de la cual, no podrá quedar ningún elemento del sostenimiento o apoyo del revestimiento. Delimita el área libre del túnel, en la que sólo se permitirán las instalaciones definidas en el Proyecto.

Al emplear el método de excavación tradicional de perforación y detonación, se recomienda efectuar el control de la sección de excavación mediante dispositivos láser.

Cuando el procedimiento de excavación propuesto por el Contratista, requiera aumentar en zonas localizadas la sección teórica de excavación, éste deberá proporcionar planos detallados de esas secciones para la revisión y aprobación previa por parte del Supervisor. En todo caso, cualquier sobreexcavación adicional no contemplada en el Proyecto y que sobrepase la superficie teórica de excavación será a cargo del Contratista.

204.03 Métodos

Los túneles se construirán excavando en el terreno, manualmente o con máquinas. Los sistemas habituales de excavación subterránea son medios mecánicos (rozadora, tuneladora, y maquinaria convencional), perforación y voladuras, y manual.

1. Métodos convencionales

El Contratista deberá usar métodos y técnicas apropiadas para que las superficies reales de excavación constituyan superficies aproximadas regulares, así como para evitar deterioros significativos de la roca adyacente al contorno.

Para ello, deberá programar una adecuada combinación de los siguientes factores principales: cantidad y calidad del explosivo; distribución de las perforaciones; espaciamiento de las perforaciones del contorno; secuencia de los retardos; formación de las caras libres; profundidad del barreno y carga; y programación del diagrama de disparo. No se deberá iniciar ninguna excavación sin la aprobación previa del Supervisor a los correspondientes diagramas de perforación y disparo.

Al encontrar rocas de mala calidad, se procederá a disminuir la longitud de los barrenos y la densidad de carga según corresponda.

Si los procedimientos empleados por el Contratista producen sobreexcavaciones excesivas (mayores de 0,30 m), deterioros de las rocas del contorno, disparos fallados, arena demasiado fina, y otras anomalías, deberán introducirse de inmediato los cambios de tecnología necesarios hasta lograr resultados tolerables a criterio del Supervisor.

Se considerará como tolerable aquella sobreexcavación que no exceda en promedio, el 10% de la sección geométrica teórica y siempre que en ningún punto, dicha sobreexcavación llegue a ser mayor de 0,30 m respecto de la línea teórica de excavación. Sin embargo, toda sobreexcavación adicional a la superficie teórica de excavación será de cargo exclusivo del Contratista, incluso los mayores volúmenes que eventualmente resulten para rellenar dichas sobreexcavaciones.

El Contratista será responsable de la seguridad y estabilidad de las excavaciones que efectúe, debiendo proceder oportunamente con los trabajos de sostenimiento que sean necesarios, ya sean estos temporales de

construcción o permanentes que establezca el Proyecto. Todas las áreas inestables deberán ser desquinchadas, acuñadas, fortificadas con pernos, recubiertas con hormigón proyectado o con otro método alternativo según sea el caso, previa aprobación del Supervisor. Los trabajos de desquinche y acuñado se considerarán incluidos dentro de las faenas propias de la excavación. Cuando el Proyecto lo especifique, deberán colocarse marcos metálicos en las cantidades y con el espaciamiento que se indique en el estudio definitivo aprobado y autorizado por el Supervisor.

El Contratista deberá cumplir con las disposiciones del "Reglamento de Seguridad e Higiene Minera" aprobado por el D.S. N° 046-2001-EM, del "Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo" aprobado por el D.S. N° 009-2005-TR, de la Ley N° 26786 de "Impacto Ambiental para Obras y Actividades", y de la R.V.M. N° 1079-2007-MTC/02 de "Lineamientos para la elaboración de los Términos de Referencia de los Estudios de Impacto Ambiental para Proyectos de Infraestructura Vial", así como sus modificatorias.

2. Tuneladoras

Existen cuatro tipos básicos de tuneladoras, en función de la caracterización del terreno a excavar:

- Topos: diseñadas para excavar rocas duras o medianas, que por lo general no requieren sostenimiento.
- Escudos: diseñadas para excavar rocas blandas o suelos, que necesitan sistemáticamente la colocación de un sostenimiento.
- Doble Escudo: capaces de trabajar como topo o como escudo, en función de la calidad del macizo rocoso, siendo la mejor solución para macizos con tramos de tipología variable suelo-roca.
- Hidroescudos: adecuadas para trabajar en terrenos constituidos por arenas sueltas o gravas arenosas, que dificultan el amasado.

El Contratista deberá tener en cuenta la sección y trazado del túnel a excavar, ya que las tuneladoras tienen radios de curvatura elevados, no aceptan curvas cerradas y la sección tiene que ser circular.

El Contratista deberá elegir el método de excavación y sostenimiento más adecuado de acuerdo a los documentos del Proyecto.

204.04 Informes

El Contratista deberá informar mensualmente a la Supervisión de todas las actividades realizadas en los frentes de trabajo, y además deberá elaborar los informes especiales que le solicite el Supervisor.

Para ello el Contratista deberá diseñar formularios apropiados donde se detallen con claridad los diferentes aspectos de los trabajos ejecutados en cada jornada. Normalmente se debe incluir entre otras, la información siguiente:

- Diagrama de perforación que indique claramente la posición, ángulo, diámetro, longitud y otros.
- Diagrama de disparos que indique claramente tiros vacíos, distintos tipos de explosivos, su diámetro en caso de ser cartuchos, accesorios de tronadura, si es sistema eléctrico o manual y otros.
- Tipo y cantidad de explosivo utilizado.
- Avance real de los disparos o kilometraje del frente de excavación
- Índice de calidad de roca, Q de Barton u otro indicado en el Proyecto.
- Plano geológico en que figuren las diversas estructuras atravesadas durante la excavación del túnel, indicando zonas de napas subterráneas, fallas y otros detalles geológicos relevantes.
- Tipo y cantidad de elementos de sostenimiento, tales como pernos, mallas, hormigón proyectado, marcos u otros elementos utilizados.
- Distribución y número de personas por actividad.
- Observaciones sobre hechos relevantes sucedidos durante la jornada, tales como: paralizaciones, afluencia de agua, desprendimientos de roca, tiros fallados, trabajos topográficos, accidentes u otros.

El Supervisor podrá solicitar información adicional relacionada.

204.05 Controles topográficos

Mientras se ejecuten las excavaciones, el Contratista deberá mantener un control permanente de los alineamientos y cotas, para lo cual, deberá recurrir a trabajos de precisión compatibles con la exactitud requerida.

Cuando la longitud total de túnel a excavar no supere los 3.500 m, deberán utilizarse métodos de definición de coordenadas que aseguren su traslado, dentro de las tolerancias vigentes asociadas al orden de control primario. Para túneles de longitudes superiores a 3.500 m, el Contratista deberá presentar en forma detallada el procedimiento que se seguirá para la definición de coordenadas, de manera que se mantenga dentro de las tolerancias admitidas.

204.06 Drenaje

Los frentes de trabajo deberán mantenerse razonablemente libres de aguas, para lo cual, el Contratista deberá utilizar los recursos necesarios y considerar todos los aspectos concernientes a la evacuación de las aguas, construyendo barbacanas, cunetas, zonas de bombeo y tuberías de conducción u otros.

Se deberán utilizar procedimientos adecuados, destinados a controlar las filtraciones, evitar prejuicios de calidad de las obras a construir y minimizar los riesgos constructivos.

204.07 Ventilación

Los frentes de trabajo deben mantenerse permanentemente ventilados mediante sistemas eficientes que permitan evacuar los gases tóxicos, el polvo en suspensión el aire viciado y cualquier otro agente similar proveniente de las detonaciones, escapes de motores de combustión interna u otras fuentes. La ventilación deberá ajustarse a las disposiciones de seguridad vigentes, proporcionando un caudal mínimo de aire fresco de 2 m^3 por minuto por cada 0,745 kW (1 HP) de potencia de los equipos de combustión interna, que estén operando dentro del túnel, y un mínimo de 3 m^3 por minuto por cada trabajador que se encuentre trabajando en el frente de excavación. La velocidad del aire no deberá sobrepasar los 150 m por minuto donde exista personal trabajando.

204.08 Iluminación

Para asegurar que los trabajos se desarrollen en forma eficiente y segura, se deberá proveer iluminación de una intensidad que alcance como mínimo los 50 lux en lugares dentro del túnel donde no se estén ejecutando trabajos y una intensidad mínima de 100 lux en los frentes de trabajo. En los lugares que se requiera mayor iluminación el Contratista adoptará las indicaciones del Supervisor.

204.09 Tratamiento de Fallas

Cuando se presentan áreas o sectores constituidos por suelos más débiles, localizados en forma de fallas que atraviesan la excavación, deberá emplearse el procedimiento de estabilización y fortificación establecido en el Proyecto o el que proponga el Contratista, previa verificación y aprobación del Supervisor.

Sin perjuicio de lo anterior y para aquellos casos en que la estabilidad de la excavación no esté comprometida, se recomiendan al menos las siguientes medidas:

- Cuando el ancho de la falla sea inferior a 0,30 m, se deberá excavar el material alterado hasta una profundidad igual a su espesor, pero no mayor de 0,20 m. La excavación resultante deberá rellenarse enseguida con hormigón proyectado, el que deberá además cubrir un área que sobrepase no menos de 0,25 m la zona alterada, en un espesor mínimo de 50 mm.
- Cuando el ancho de la falla esté comprendido entre 0,30 m y 1 m, se deberá excavar hasta una profundidad de 0,50 m, espacio que deberá rellenarse con hormigón del mismo tipo del previsto para el revestimiento y que se anclará a la roca sana adyacente con pernos. La zona se tratará enseguida con hormigón proyectado, el que deberá como mínimo cubrir 50 mm de las puntas de las rocas en un área que sobrepase en no menos de 0,5 m la zona alterada.
- Cuando el espesor de la falla sea superior a 1 m, el Contratista deberá proponer una solución debidamente respaldada por el informe de un especialista. El Supervisor dará su aprobación u ordenará las modificaciones que estime convenientes.

204.10 Conservación de las excavaciones

El Contratista será responsable de la conservación de los sectores excavados, para lo cual deberá revisar periódicamente las zonas de posibles desprendimientos, procediendo a acuñar los trozos de roca inestables, a retirar el material desprendido y a fortificar de inmediato previa consulta al Supervisor, si la situación así lo requiere. En general, el Contratista deberá informar al Supervisor sobre cualquier situación que a su juicio implique o conlleve un proceso de cambio en el comportamiento del material excavado,

tales como: la aparición de filtraciones o grietas, desplazamientos, desprendimientos u otras situaciones. El Contratista dispondrá de medidas de verificación sencillas para controlar el comportamiento de las excavaciones, como controles topográficos precisos, puntos testigos en yeso o vidrio y otras medidas similares. El control de convergencia será obligatorio y permanente en toda la obra del túnel.

204.11 Comunicaciones

Se deberá disponer de comunicaciones telefónicas o similares con al menos un sistema no radial (alámbrico) entre los frentes de las excavaciones y los portales de túnel. Dichos sistemas deberán tener una alimentación eléctrica independiente del suministro de energía general de la obra.

Medición

204.12 Excavación de túnel

Esta partida incluye las excavaciones requeridas para conformar la bóveda del túnel, así como toda excavación auxiliar prevista en los documentos del Proyecto o requerida por los procedimientos de trabajo establecidos en el mismo. Quedan incluidas y no dan derecho a pagos especiales a través de la presente partida u otras, obras tales como nichos, ensanches, estacados, bóvedas y otras necesarias para las maniobras del equipo o instalaciones fijas como transformadores, ventiladores u otros. Incluye asimismo, todos los trabajos de voladuras, conservación, acuñaduras, emparejado de piso, rellenos, drenajes, iluminación, ventilación, y toda otra actividad o trabajo requerido para el desarrollo adecuado y seguro de las excavaciones. Esta partida no incluye las obras de relleno y afianzamiento de zonas de falla, ni aquellas previstas como sostenimientos y fortificaciones del túnel. Las demás partidas necesarias para la habilitación del túnel, tales como pavimentos, ventilación, iluminación y otros, se ajustarán a lo establecido en las especificaciones del Proyecto del túnel.

Se cuantificará por metro (m) de avance la excavación en túnel, de acuerdo a lo establecido en el Proyecto de esta Sección. Cualquier sobreexcavación adicional que sobrepase la superficie teórica de excavación, incluso relleno, será de cargo exclusivo del Contratista.

204.13 Retiro del material de derrumbe

Se refiere a las operaciones que deban realizarse como consecuencia de hechos imprevisibles y no vinculadas a operaciones descuidadas, inoportunas u objetables ejecutadas por el Contratista, lo que deberá ser verificado y aprobado por la Supervisión. En general, está destinada al retiro de materiales producto de derrumbes y fallas imprevistas que se produzcan en el desarrollo de las obras. La partida incluye el acuñamiento y desquinche del área afectada, incluso la carga del material y su transporte a los DME, según lo indicado en la **Sección 209.**

Se cuantificará por metro cúbico (m^3) de retiro de material de derrumbe en túnel. Su medición se efectuará geométricamente entre la superficie teórica de excavación y la superficie expuesta del área de derrumbe.

La medición sólo procederá, si el Supervisor califica por escrito el evento que dio origen al derrumbe. En caso contrario, lo trabajos establecidos en el primer numeral de la siguiente partida serán a cargo del Contratista.

Partida de pago	Unidad de pago
204.A Excavación de túnel	Metro lineal (m)
204.B Retiro de material de derrumbe	Metro cúbico (m^3)

SECCION 205

TERRAPLENES

SECCIÓN 205

Terraplenes

Descripción

205.01 Generalidades

Este trabajo consiste en escarificar, nivelar y compactar el terreno de fundación, así como de conformar y compactar las capas del relleno (base, cuerpo y corona) hasta su total culminación, con materiales apropiados provenientes de las excavaciones del prisma vial o prestamos laterales o de cantera, realizados luego de la ejecución de las obras de desbroce, limpieza, demolición, drenaje y subdrenaje; de acuerdo con la presente especificación, el Proyecto y aprobación del Supervisor.

En los terraplenes se distinguirán tres partes o zonas constitutivas:

- Base, parte del terraplén que está por debajo de la superficie original del terreno, la que ha sido variada por el retiro de material inadecuado.
- Cuerpo, parte del terraplén comprendida entre la base y la corona.
- Corona, parte superior del terraplén comprendida entre el nivel superior del cuerpo y el nivel de subrasante, construida con un espesor de 30 cm, salvo que los planos del Proyecto o las especificaciones especiales indiquen un espesor diferente.

En el caso en el que el terreno de fundación se considere adecuado, la parte del terraplén denominado base no se tendrá en cuenta.

Materiales

205.02 Requisitos de los materiales

Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas (canteras); deberán estar libres de sustancias deletéreas,

de materia orgánica, raíces y otros elementos perjudiciales, de acuerdo a las exigencias del proyecto y autorizado por el Supervisor.

Si por algún motivo sólo existen en la zona, materiales expansivos, se deberá proceder a estabilizarlos antes de colocarlos en la obra. Las estabilizaciones serán definidas previamente en el Expediente Técnico.

Los materiales que se empleen en la construcción de terraplenes deberán cumplir los requisitos indicados en la **Tabla 205-01.**

Tabla 205-01
Requisitos de los materiales

Condición	Partes del terraplén		
	Base	Cuerpo	Corona
Tamaño máximo (cm)	15	10	7.5
% Máximo de fragmentos de roca >7,62 cm	30	20	
Índice de plasticidad (%)	<11	<11	<10

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste de los Ángeles: 60% máx. (MTC E 207)
- Tipo de Material: A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-6 y A-3

En la **Tabla 205-02** se especifican las normas y frecuencias de los ensayos a ejecutar para cada una de las condiciones establecidas en la **Tabla 205-01.**

205.03 Empleo

Los documentos del Proyecto o las especificaciones especiales indicarán el tipo de suelo por utilizar en cada capa. En casos que el cuerpo y base del terraplén estuvieran sujetos a inundaciones o al riesgo de saturación total, se utilizará para su construcción las especificaciones de la **Sección 206.**

Equipo

205.04

El equipo empleado para la construcción de terraplenes deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

Los equipos deberán cumplir las exigencias técnicas ambientales para la emisión de gases contaminantes y ruidos, además de cumplir las consideraciones descritas en la **Subsección 06.01**.

Requerimientos de construcción

205.05 Generalidades

Los trabajos de construcción de terraplenes se deberán efectuar según los procedimientos descritos en ésta Sección. El procedimiento para determinar los espesores de compactación deberá incluir pruebas aleatorias longitudinales, transversales y con profundidad, verificando que se cumplan con los requisitos de compactación en toda la profundidad propuesta.

El espesor propuesto deberá ser el máximo que se utilice en obra, el cual en ningún caso debe exceder de 30 cm.

Si los trabajos de construcción o ampliación de terraplenes afectaran el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el Contratista será responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente, según se especifica en la **Sección 103**.

La secuencia de construcción de los terraplenes deberá ajustarse a las condiciones estacionales y climáticas que imperen en la región del Proyecto. Cuando se haya programado la construcción de las obras previamente requeridas a la elevación del cuerpo del terraplén, no deberá iniciarse la construcción de éste, antes de que las alcantarillas y muros de contención se terminen en un tramo no menor de 500 m adelante del frente del trabajo, en cuyo caso deberán concluirse también, en forma previa, los rellenos de protección que tales obras necesiten.

Cuando se hace el vaciado de los materiales por lo general se produce polvo, para lo cual se debe contar con equipos apropiados de protección al personal; asimismo deben tomarse las medidas de seguridad correspondiente para evitar la presencia de personas ajenas a la obra, y prevenir accidentes u otros contratiempos.

205.06 Preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción de cualquier terraplén, el terreno base de éste deberá estar desbrozado y limpio, según se especifica en la **Sección 201** y ejecutadas las demoliciones de estructuras que se requieran, según se

especifica en la **Sección 604**. El Supervisor determinará los eventuales trabajos de remoción de capa vegetal y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base según la **Sección 202**, necesarios para garantizar la estabilidad del terraplén.

Cuando el terreno base esté satisfactoriamente limpio y drenado, se deberá escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en la presente especificación, en una profundidad mínima de 15 cm, aún cuando se deba construir sobre un afirmado.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de éstos sobre terreno inclinado, previamente preparado, el talud existente o el terreno natural deberán cortarse en forma escalonada (banquetas de estabilidad), de acuerdo con los planos o las instrucciones del Supervisor, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo.

Cuando lo señale el Proyecto o lo apruebe el Supervisor, la capa superficial de suelo existente que cumpla con lo señalado en la **Subsección 205.02**, deberá mezclarse con el material que se va a utilizar en el terraplén nuevo.

Si el terraplén se construye sobre turba o suelos blandos, se deberá asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales, su tratamiento previo o la utilización de cualquier otro medio propuesto por el Contratista y autorizado por el Supervisor, que permita mejorar la calidad del soporte, hasta que éste ofrezca la suficiente estabilidad para resistir esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado.

Si el Proyecto considera la colocación de un geotextil como capa de separación o de refuerzo del suelo, éste se deberá tender conforme se describe en la **Sección 511.**

205.07 Base y cuerpo del terraplén

El Supervisor sólo autorizará la colocación de materiales de terraplén cuando el terreno base esté adecuadamente preparado y consolidado, según se indica en la Subsección anterior.

El material del terraplén se colocará en capas de espesor uniforme, el cual será lo suficientemente reducido para que, con los equipos disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido. Los materiales de cada capa serán de características uniformes. No se extenderá ninguna capa, mientras no se haya comprobado que la subyacente cumple las condiciones de compactación exigidas.

Se deberá garantizar que las capas presenten adherencia y homogeneidad entre sí.

Será responsabilidad del Contratista asegurar un contenido de humedad que garantice el grado de compactación exigido en todas las capas del cuerpo del terraplén.

En los casos especiales en que la humedad del material sea considerablemente mayor que la adecuada para obtener la compactación prevista y cuando el exceso de humedad no pueda ser eliminado por el sistema de aireación, el Contratista propondrá y ejecutará los procedimientos más convenientes para ello, previa autorización del Supervisor.

Obtenida la humedad más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la capa.

En las bases y cuerpos de terraplenes, las densidades que alcancen no serán inferiores a las que den lugar a los correspondientes porcentajes de compactación exigidos, de acuerdo con la **Subsección 205.12(c) (1)**.

Las zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a otras obras, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando para la compactación, se compactarán con equipos apropiados para el caso, en tal forma que las densidades obtenidas no sean inferiores a las determinadas en esta especificación para la capa del terraplén masivo que se esté compactando.

El espesor de las capas de terraplén, será definido por el Contratista con base en la metodología de trabajo y equipo, y en ningún caso deberá exceder de 30 cm aprobada previamente por el Supervisor, que garantice el cumplimiento de las exigencias de compactación uniforme en todo el espesor.

En sectores previstos para la instalación de elementos de seguridad como guardavías, se deberá ensanchar el terraplén de acuerdo a lo indicado en los planos o como lo ordene el Supervisor.

205.08 Corona del terraplén

Salvo que los planos del Proyecto o las especificaciones particulares establezcan algo diferente, la corona deberá tener un espesor compacto mínimo de 30 cm construidos en dos capas de igual espesor, los cuales se conformarán utilizando suelos, según lo establecido en la **Subsección 205.02**, se humedecerán o airearán según sea necesario, y se compactarán

mecánicamente hasta obtener los niveles señalados en la **Subsección 205.12(c) (1).**

Los terraplenes se deberán construir hasta una cota superior a la indicada en los planos, en la dimensión suficiente para compensar los asentamientos producidos por efecto de la consolidación y obtener la subrasante final a la cota proyectada, con las tolerancias establecidas en la **Subsección 205.12(c).**

Si por causa de los asentamientos, las cotas de subrasante resultan inferiores a las proyectadas, incluidas las tolerancias indicadas en esta especificación, se deberá escarificar la capa superior del terraplén en el espesor que ordene el Supervisor y adicionar del mismo material utilizado para conformar la corona, efectuando la homogenización, humedecimiento o secamiento y compactación requeridos hasta cumplir con la cota de subrasante.

Si las cotas finales de subrasante resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de esta especificación, el Contratista deberá escarificar la capa superior del terraplén en el espesor que ordene el Supervisor, efectuando la homogenización, humedecimiento o secamiento y compactación requeridos hasta cumplir con la cota de subrasante.

205.09 Acabado

Al terminar cada jornada, la superficie del terraplén deberá estar compactada y bien nivelada, con peraltes o bombeo suficientes que permita el escurrimiento de aguas de lluvias.

205.10 Limitaciones en la ejecución

La construcción de terraplenes sólo se llevará a cabo cuando no exista presencia de precipitaciones pluviales y la temperatura ambiental no sea inferior a 6 ºC.

Deberá prohibirse la acción de todo tipo de tránsito sobre las capas en ejecución, hasta que se haya completado su compactación.

205.11 Estabilidad

El Contratista responderá, hasta la aceptación final, por la estabilidad de los terraplenes construidos con cargo al contrato y asumirá todos los costos que resulten de sustituir o reconstruir cualquier tramo que, a juicio del Supervisor, haya sido mal construido por descuido o error atribuible a aquel.

Se debe considerar la revegetación en las laderas adyacentes para evitar la erosión pluvial, según lo estipulado en la **Sección 901, 902** y **903,** según lo indique el Proyecto o lo apruebe el Supervisor.

Si el trabajo ha sido hecho adecuadamente conforme a las especificaciones, planos del Proyecto e indicaciones del Supervisor y resultaren daños ocasionados por causas de fuerza mayor o hechos fortuitos, debidamente comprobados, su tratamiento será acorde a lo establecido en los documentos del contrato, seguros y otras normas aplicables.

Aceptación de los trabajos

205.12 Criterio

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo utilizado por el Contratista.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Exigir el cumplimiento de las medidas de seguridad y mantenimiento de tránsito, según requerimientos de la **Sección 103.**
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos en la **Subsección 205.02.**
- Verificar y aprobar la compactación de todas las capas del terraplén.

  Realizar medidas de control topográfico para determinar las dimensiones y perfil longitudinal de los terraplenes.

b. Calidad de los materiales

De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- Granulometría
- Límites de Consistencia.
- Abrasión.
- Clasificación.

Los resultados deberán satisfacer las exigencias indicadas en la **Subsección 205.02**, según el nivel del terraplén, en caso contrario la Supervisión dispondrá el cambio de los materiales defectuosos.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas de los materiales y ordenará el retiro de aquellas que, no cumplan con las especificaciones técnicas correspondientes o que pudieran presentar, restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Además, efectuará verificaciones periódicas de la calidad del material que se establecen en la **Tabla 205-02.**

Tabla 205-02

Ensayos y frecuencias

Material o producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Terraplén	Granulometría	MTC E 204	D 422	T29	1 cada 1.000 m³	Cantera
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 1.000 m³	Cantera
	Contenido de material Orgánico	MTC E 118	—	—	1 cada 3.000 m³	Cantera
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 3.000 m³	Cantera
	Relación Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 cada 1.000 m³	Pista
	Compac-tación Base y cuerpo	MTC E 117	D 1556	T191	1 cada 500 m²	Pista
	Compac-tación Corona	MTC E 124	D2922	T238	1 cada 250 m²	Pista

(1) O antes, sí por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad o característica.

c. Calidad del trabajo terminado

Cada capa terminada de terraplén deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a la rasante y pendientes establecidas.

Los taludes terminados no deberán acusar irregularidades a la vista.

La distancia entre el eje del Proyecto y el borde del terraplén no será menor que la distancia señalada en los planos aprobados del proyecto.

La cota de cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no deberá variar en más de 1 cm de la cota proyectada.

No se tolerará en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

En adición a lo anterior, el Supervisor deberá efectuar las siguientes comprobaciones:

1. Compactación

Las determinaciones de la densidad de cada capa compactada se realizarán según se establece en la **Tabla 205-02** y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de 6 determinaciones de densidad. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar.

Las densidades individuales (D_i) del tramo deberán ser, como mínimo, el 90% de la máxima densidad obtenida en el ensayo Proctor Modificado de referencia (D_e) para la base y cuerpo del terraplén y el 95% con respecto a la máxima obtenida en el mismo ensayo, cuando se verifique la compactación de la corona del terraplén.

$$D_i \geq 0{,}90\ D_e \text{ (base y cuerpo)}$$

$$D_i > 0{,}95\ D_e \text{ (corona)}$$

La humedad del trabajo no debe variar en ±2% respecto del Óptimo Contenido de Humedad obtenido con el Proctor Modificado.

El incumplimiento de estos requisitos originará el rechazo del tramo.

2. Irregularidades

Todas las tolerancias que excedan la presente especificación deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo y aprobadas por el Supervisor.

3. Protección de la corona del terraplén

La corona del terraplén no deberá quedar expuesta a las condiciones atmosféricas; por lo tanto, se deberá construir en forma inmediata la capa superior proyectada una vez terminada la compactación y el acabado final de aquella. Será responsabilidad del Contratista la reparación de cualquier daño a la corona del terraplén, por la demora en la construcción de la capa siguiente.

El trabajo de terraplenes será aceptado cuando se ejecute de acuerdo con esta especificación y las indicaciones del Supervisor.

d. Ensayo de deflectometría sobre la subrasante terminada

Se aplica lo indicado en la **Subsección 202.20.**

La evaluación de los trabajos de "Terraplenes" se efectuará de acuerdo a lo indicado en las **Subseccion 04.11.**

Medición

205.13

La unidad de medida para los volúmenes de terraplenes será el metro cúbico (m^3), aproximado al metro cúbico completo, de material compactado, aprobada por el Supervisor, en su posición final.

Todos los terraplenes serán medidos por los volúmenes determinados según la **Subsección 07.02(a) (1),** verificadas por el Supervisor antes y después de ser ejecutados los trabajos de terraplenes. Dichas áreas están limitadas por las siguientes líneas de pago:

- Las líneas del terreno (terreno natural, con capa vegetal removida, afirmado existente, cunetas y taludes existentes).
- Las líneas del Proyecto (nivel de subrasante, cunetas y taludes proyectados).

No habrá medida ni pago para los terraplenes efectuados por el Contratista, que por error o conveniencia, se hayan ejecutado fuera de las líneas del Proyecto o de las establecidas por el Supervisor.

No se medirán los terraplenes que haga el Contratista en sus caminos de acceso y obras auxiliares que no formen parte de las obras del Proyecto.

Pago

205.14

El trabajo de terraplenes se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el Supervisor y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05.**

El precio unitario deberá cubrir los costos de escarificación, nivelación, conformación, compactación y demás trabajos preparatorios de las áreas en donde se haya de construir un terraplén nuevo; deberá cubrir, además, la colocación, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación de los materiales utilizados en la construcción de terraplenes; y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los terraplenes, de acuerdo con esta especificación, los planos y las instrucciones del Supervisor.

Los materiales para terraplenes provenientes de excavaciones del prisma vial, no se pagan en esta partida, por estar considerado su pago en la **Sección 202.**

La excavación de los materiales inadecuados requeridos para la construcción de terraplenes se paga de acuerdo a lo indicado en la **Sección 202**.

La obtención de los materiales para construcción de terraplenes provenientes de préstamos laterales o de cantera se pagarán en esta partida, en lo que respecta a su extracción, procesamiento y de corresponder, derechos de cantera.

El transporte del material se medirá y pagará de acuerdo con lo indicado en la **Subsección 700**.

Partida de pago	Unidad de pago
205.A Terraplenes	Metro cúbico (m³)

SECCION 206

PEDRAPLENES

SECCIÓN 206

Pedraplenes

Descripción

206.01

Este trabajo consiste en preparar la superficie de apoyo, conformar y compactar el relleno (base, cuerpo y corona) hasta su total culminación, con materiales pétreos debidamente aprobados, provenientes de las excavaciones del prisma vial o prestamos laterales o de cantera, de acuerdo con los planos y secciones transversales del Proyecto y las instrucciones del Supervisor, en el que previamente se deberán ejecutar las obras de drenaje, subdrenaje y otras que fueran necesarias.

En los pedraplenes se distinguirán tres partes o zonas constitutivas.

- Base, parte inferior del pedraplén, en contacto con el terreno natural (fundación).
- Cuerpo, parte del pedraplén, en contacto entre la base y la transición.
- Transición o corona, formada por la parte superior del pedraplén.

Materiales

206.02

Los materiales por emplear en la construcción de pedraplenes pueden proceder de la excavación de la explanación o de fuentes aprobadas y serán cantos rodados o rocas sanas, compactas, resistentes y durables.

Deberán además cumplir entre otros, con los siguientes requisitos:

a. Granulometría

El tamaño máximo no deberá ser superior a los 2/3 del espesor de la capa compactada.

Respecto a la Base y el Cuerpo, éstos deben ser construidos en 3 capas sucesivas, de piedra en la parte inferior, de grava en la parte intermedia y de arena gruesa y grava fina en la parte superior. Los espesores mínimos de dichas capas serán: 0,60, 0,25 y 0,15 m, respectivamente.

Los materiales pétreos empleados tanto en la transición como en las capas sucesivas del cuerpo del pedraplén, deben satisfacer las siguientes relaciones:

$$\frac{I_{15}}{S_{85}} \leq 5$$

$$\frac{I_{50}}{S_{50}} \leq 25$$

$$5 \leq \frac{I_{15}}{S_{85}} \leq 40$$

Así mismo deben tener un coeficiente de uniformidad (d_{60}/d_{10}) inferior a 20:

Siendo I_x la abertura del tamiz por el cual pasa el x por ciento en peso del material de la capa inferior, S_x la abertura del tamiz por el cual pasa el x por ciento en peso de material de la capa superior y d_x el diámetro por el cual pasa el x por ciento en peso del material.

Sin embargo, de acuerdo con la información obtenida durante el tramo de prueba a que se refiere la **Subsección 206.07**, el Supervisor podrá efectuar los cambios que considere pertinentes, para cada tipo de material por emplear, con el fin de cumplir las exigencias de esta especificación.

b. Resistencia a la abrasión

Al ser sometido al ensayo de Abrasión, según norma de ensayo MTC-E-207, el material por utilizar en la construcción del pedraplén no podrá presentar un desgaste mayor del 30%.

Equipo

206.03

Al respecto, se aplica lo descrito en la **Subsección 205.04**.

Requerimientos de construcción

206.04 Generalidades

Los trabajos de construcción de pedraplenes deberán efectuarse según procedimientos puestos a consideración del Supervisor y aprobados por éste. Su avance físico deberá ajustarse al programa de trabajo.

Si los trabajos de construcción de pedraplenes afectaren el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones con otras vías, el Contratista será responsable de mantenerlo adecuadamente, según lo especificado en la **Sección 103.**

206.05 Preparación de la superficie de apoyo

Antes de proceder a la colocación y compactación de los materiales del pedraplén, se deberán realizar, de acuerdo con lo establecido en las secciones respectivas de estas especificaciones, el desbroce y la limpieza, la excavación de la capa vegetal y material inadecuado, la demolición y remoción de estructuras y obstáculos existentes, si ello está previsto en el Proyecto.

Cuando se deban construir pedraplenes directamente sobre terrenos inestables compuestos por turba o arcillas blandas, se asegurará el retiro de estos materiales o su estabilidad, antes de terminar la estructura de la carretera. En los casos en que dichas operaciones no resulten posibles porque el espesor de la capa inestable sea considerable, estos materiales se desplazarán por cargas sucesivas de material de pedraplén, ayudadas o no por otras metodologías apropiadas, según lo contemple el Proyecto.

Si el Proyecto lo considera, la superficie de apoyo también podrá prepararse tendiendo directamente sobre el suelo blando un material geotextil, encima del cual se construirá el cuerpo del pedraplén. La colocación del geotextil se realizará conforme se describe en la **Sección 511**.

En los pedraplenes a media ladera, el Supervisor podrá exigir, para asegurar su estabilidad, el escalonamiento de aquella mediante la excavación que considera pertinente.

Cuando se hace el vaciado de los materiales pétreos, por lo general producen polvo por lo cual se debe contar con equipos apropiados de protección al personal; Así mismo deben tomarse las medidas de seguridad correspondiente para evitar la presencia de personas ajenas a la obra, y prevenir accidentes u otros contratiempos.

En los trabajos de compactación es necesario verificar el estado de conservación de las viviendas adyacentes a la vía, ya que pueden afectarse por las vibraciones propias de las obras.

206.06 Cuerpo y transición del pedraplén

El Supervisor autorizará la colocación de materiales de pedraplén cuando la superficie de apoyo esté adecuadamente preparada, según se indica en el numeral anterior. Se exceptúa de esta instrucción, el caso en el que la superficie de apoyo se obtenga por desplazamiento de suelos blandos mediante carga sucesivas de material de pedraplén.

El material de pedraplén se colocará y/o acomodará (evitando el método de lanzamiento) en capas sensiblemente paralelas a la superficie de la explanación, de espesor uniforme y lo suficientemente reducido, para que, con los medios disponibles, los vacíos entre los fragmentos más grandes se llenen con las partículas más pequeñas del mismo material, de modo que se obtenga el nivel de densificación deseado.

El espesor máximo de las capas compactadas se fijará de acuerdo con los siguientes criterios:

a. Base y cuerpo: Un metro (1m)

b. Transición:

El espesor de las capas compactadas deberá decrecer desde la parte inferior de esa zona hasta la superior, con el fin de establecer un paso gradual entre el cuerpo y la corona.

El espesor total de la transición será de 1 m o el que fije los planos o las especificaciones especiales.

El método que se apruebe para compactar las diferentes capas en que se construya el pedraplén, deberá garantizar la obtención de las compacidades deseadas y, para ello, deberán determinarse en la fase de experimentación, la granulometría del material, el espesor de cada capa, el equipo de compactación y su número de pasadas.

206.07 Tramo de prueba

Antes de iniciar los trabajos, el Contratista propondrá al Supervisor el método de construcción que considere más apropiado para cada tipo de material por emplear, con el fin de cumplir las exigencias de esta especificación.

En dicha propuesta se especificarán las características de la maquinaria por utilizar, los métodos de excavación, carga y transporte de los materiales, el procedimiento de colocación, los espesores de las capas y el método para compactarlas. Además, se aducirán experiencias similares con el método de ejecución propuesto, si las hubiere.

Salvo que el Supervisor considere que con el método que se propone existe suficiente experiencia satisfactoria, su aprobación quedará condicionada a un ensayo en la obra, el cual consistirá en la construcción de un tramo experimental, en el volumen que estime necesario, para comprobar la validez del método propuesto o para recomendar todas las modificaciones que requiera.

Durante esta fase se determinará, mediante muestras representativas, la gradación del material colocado y compactado y se definirá sobre el grado de densificación alcanzado.

Así mismo, se efectuarán piques y trincheras sobre el material compactado para verificar la uniformidad con que quedan colocados los materiales de las diversas capas.

Se controlarán, además, mediante procedimientos topográficos, las deformaciones superficiales del pedraplén, después de cada pasada del equipo de compactación.

206.08 Corona del pedraplén

Su construcción deberá ceñirse a lo establecido en la **Subsección 205.08**.

206.09 Limitaciones en la ejecución

La construcción de pedraplenes no se llevará a cabo durante precipitaciones pluviales.

Aceptación de los trabajos

206.10 Criterios

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que los materiales que se empleen en la construcción del pedraplén cumplan los requisitos de calidad mencionados en la **Subsección 206.02** y **206.06**.
- Verificar y aprobar la compactación de todas las capas del pedraplén.
- Realizar medidas de control topográfico para determinar las dimensiones y perfil longitudinal de los pedraplenes.

Los controles referentes a los materiales de la corona se harán de acuerdo con lo que se establece en la **Subsección 205.02**.

b. Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales empleados para la construcción de pedraplenes y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- La granulometría
- El desgaste Los Ángeles

Cuyos resultados deberán satisfacer las exigencias indicadas en la **Subsección 206.02**, en caso contrario se rechazarán los materiales defectuosos.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas de los materiales y ordenará el retiro de aquellas que, no cumplan con las especificaciones técnicas correspondientes o que pudieran presentar restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Además, efectuará las verificaciones periódicas de calidad del material que se establecen en la **Tabla 206-01.**

Tabla 206-01

Ensayos y frecuencias

Material o producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Pedraplén	Granulometría	MTC E 107	D 422	T27	1 cada 500 m³	Cantera
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 535	T96	1 cada 2.000 m³	Cantera

Notas:

(1) O antes, sí por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica.

En la construcción de la transición, el Supervisor exigirá que la gradación de los materiales empleados cumpla con las exigencias de la **Subsección 206.02**.

c. Calidad del trabajo terminado

El Supervisor exigirá que:

- Los taludes terminados no presenten irregularidades.
- La distancia entre el eje del Proyecto y el borde del pedraplén no sea menor que la distancia señalada en el Proyecto.
- La cota de terminación del pedraplén, conformado y compactado, no varíe en más de 5 cm de la proyectada.

Teniendo en cuenta que la densidad de las capas no puede verificarse por métodos convencionales, ésta se considerará satisfactoria después de que el equipo de compactación pase sobre cada capa el número de veces definido en el tramo de prueba.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor.

El trabajo de pedraplenes será aceptado cuando se ejecute de acuerdo con esta especificación y las indicaciones del Supervisor.

La evaluación de los trabajos de pedraplenes se efectuará de acuerdo a lo indicado en las **Subseccion 04.11.**

Medición

206.11

La unidad de medida para los pedraplenes será el metro cúbico (m^3) de material compactado, aprobado por el Supervisor, en su posición final, aproximado al metro cúbico completo.

Los volúmenes de pedraplén serán medidos según la **Subsección 07.02. (a) (1),** verificadas por el Supervisor antes y después de ser ejecutados los trabajos de pedraplenes. Dichas áreas estarán limitadas por las siguientes líneas de pago:

a. Las líneas del terreno (terreno natural con capa vegetal removida, afirmado existente, cunetas y taludes existentes);

b. Las líneas del Proyecto (línea inferior de la corona, cunetas y taludes proyectados).

En aquellas zonas en que el pedraplén se construya sobre terrenos inestables, mediante el proceso de desplazamiento, el volumen de pedraplén empleado hasta alcanzar el nivel del terreno original, se medirá en metros cúbicos sueltos (m^3), aproximados al metro cúbico completo, los cuales serán verificados por el Supervisor con base en el número de viajes vertidos, según la **Subsección 07.02. (a)(2)**.

No habrá medida de pedraplenes por fuera de las líneas del Proyecto o de las establecidas por el Supervisor, elaborados por el Contratista por error o conveniencia para la operación de sus equipos.

Pago

206.12

El trabajo de pedraplenes se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el Supervisor y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05.**

El precio unitario deberá cubrir los costos de preparación de la superficie de apoyo del pedraplen, así como, su conformación y compactación (base, cuerpo y corona) hasta su total culminación, con materiales debidamente aprobados y de acuerdo con los planos y secciones transversales del Proyecto y las instrucciones del Supervisor, en el que de ser el caso, previamente se deberán ejecutar las obras de drenaje, subdrenaje y otras que fueran necesarias.

Los materiales para pedraplenes provenientes de excavaciones del prisma vial, no se pagan en esta partida, por estar considerado su pago en la **Sección 202.**

La excavación de los materiales inadecuados requeridos para la construcción de pedraplenes se paga de acuerdo a lo indicado en la **Sección 202.**

La obtención de los materiales para construcción de pedraplenes provenientes de préstamos laterales o de cantera se pagarán en esta partida, en lo que respecta a su extracción, procesamiento y de corresponder, derechos de cantera.

El transporte de todos los materiales del pedraplén se medirá y pagará conforme se indica en la **Subsección 700.**

Si la preparación de la superficie de apoyo requiere la utilización de geotextiles, éstos se pagarán con cargo a la **Sección 511.** La corona del pedraplén se medirá y pagará conforme se indica en la **Sección 205.**

Partida de pago	Unidad de pago
206.A Pedraplenes	Metro cúbico (m³)

SECCION 207

MEJORAMIENTO DE SUELOS

SECCIÓN 207

Mejoramiento de suelos

Descripción

207.01

Este trabajo consiste en excavar el terreno por debajo de la subrasante o de fundación de terraplenes y su remplazo parcial o total con materiales aprobados debidamente conformados, acomodados y compactados, de acuerdo con la presente especificación, conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del Proyecto y las instrucciones del Supervisor.

El mejoramiento de suelos también puede realizarse a través del uso de estabilizadores de suelos, acorde a lo que establezca el Proyecto, para lo cual debe tenerse en consideración los tipos de estabilizadores de suelos y los procedimientos y condiciones establecidas en el **Capitulo 3.**

Del mismo modo el mejoramiento de suelos puede ejecutarse mediante el uso de geotextiles, para cuyo caso se observará lo establecido en la **Sección 414.**

Materiales

207.02

Los materiales existentes y/o de adición deberán presentar una calidad tal, que la capa mejorada cumpla por lo menos, los requisitos exigidos para la corona de terraplén en la **Subsección 205.02**.

Equipo

207.03

Al respecto, se aplica todo lo descrito en la **Subsección 205.04**.

Requerimientos de construcción

207.04 Generalidades

Los trabajos de mejoramiento deberán efectuarse según los procedimientos descritos en ésta Sección, y serán aprobados por el Supervisor.

Dichos trabajos sólo se efectuarán cuando no haya precipitaciones pluviales y la temperatura ambiental, sea cuando menos de 6ºC y los suelos se encuentren a un contenido de humedad inferior a su límite líquido.

Deberá prohibirse la acción de todo tipo de tránsito sobre las capas en ejecución, hasta que se haya completado su compactación.

Los espesores de las capas a conformar en el mejoramiento deberán ser como máximo de 30 cm, exceptuando los 30 cm por debajo del nivel de la subrasante que será conformado en 2 capas de 15 cm. En lo que corresponda deberán ceñirse a lo especificado en las **Subsecciones 205.07 y 205.08**.

Si los trabajos de mejoramiento afectan el tránsito de la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el Contratista será responsable de mantenerlo adecuadamente, según lo especificado en la **Sección 103.**

Los trabajos comprenderán, entre otras, las siguientes operaciones:

a. Escarificación

La escarificación se llevará a cabo en las zonas y con las profundidades que estipulen el Proyecto o el Supervisor, no debiendo en ningún caso afectar esta operación a una profundidad menor de 15 cm, ni mayor de 30 cm. Si la profundidad supera los 30 cm, será necesario aportar nuevo material, por capas, y compactar este material añadido.

Deberán señalarse y tratarse específicamente aquellas zonas en que la operación pueda interferir con obras de drenaje o refuerzo del terreno.

b. Compactación

El método de compactación elegido deberá garantizar la obtención de las compacidades mínimas necesarias establecidas en la **Subsección 207.06(b)(1).** Con este objeto deberá elegirse adecuadamente, para cada zona de la obra, la granulometría del material, el espesor de capa, el tipo de maquinaria de compactación y el número de pasadas del equipo.

Deberán señalarse y tratarse específicamente las zonas que correspondan a la parte superior de obras de drenaje o refuerzo del terreno, para que no sean dañadas durante las labores de compactación.

Antes de los trabajos de compactación se debe verificar los usos de los suelos adyacentes, en caso de presencia de infraestructura sensible a esta actividad, se debe evaluar sus condiciones y efectuar las previsiones del caso, entre ellas de las viviendas y sus usuarios, para que no sufran inconvenientes cuando se realice esta labor.

207.05 Clasificación

Se considera la siguiente clasificación:

a. Mejoramiento involucrando el suelo existente.

En el caso el Proyecto prevean el mejoramiento involucrando los materiales del suelo existente, o el Supervisor lo considere conveniente, pueden presentarse dos situaciones, sea mediante la estabilización mecánica o combinación de suelos, éstos se disgregarán en las zonas y con la profundidad establecida en los planos, empleando procedimientos aprobados por el Supervisor.

Los materiales que se empleen para el mejoramiento del suelo y que deben ser transportados hasta el lugar donde se realizan las obras deben estar protegidos con lona, humedecidos adecuadamente y contar con las condiciones de seguridad para que éstas no se derramen a lo largo de su recorrido.

El suelo de aporte para el mejoramiento se aplicará en los sitios indicados en los documentos del Proyecto o definidos por el Supervisor, en cantidad tal, que se garantice que la mezcla con el suelo existente cumpla las exigencias de la **Subsección 207.02**, en el espesor señalado en el Proyecto o aprobado por el Supervisor.

Los materiales disgregados y los de adición, se humedecerán o airearán hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación y, previa la eliminación de partículas mayores de 7.5 cm, se compactarán hasta obtener los niveles de densidad establecidos para la corona del terraplén en la **Subsección 205.12(c)(1).**

Antes de efectuar los trabajos de compactación se debe verificar lo previsto en la **Subsección 207.04(b).**

b. Mejoramiento empleando únicamente material adicionado.

Cuando los documentos del Proyecto prevean la construcción de la subrasante mejorada con aporte solamente con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que éste debe ser excavado previamente en el espesor indicado en los documentos del Proyecto y reemplazado por el material de adición.

En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para cuerpos de terraplén, en una profundidad de 15 cm. Una vez que el Supervisor considere que el suelo de soporte esté debidamente preparado, autorizará la colocación de los materiales, en espesores que garanticen la obtención del nivel de subrasante y densidad exigidos, empleando el equipo de compactación adecuado. Dichos materiales se humedecerán o airearán, según sea necesario, para alcanzar la humedad más apropiada de compactación, procediéndose luego a su densificación.

En el caso que el mejoramiento con material totalmente adicionado implique la remoción total del suelo existente, ésta se efectuará en el espesor previsto en los planos o dispuesto por la Supervisión en acuerdo con el procedimiento descrito en la **Subsección 202.08**. Una vez alcanzado el nivel de excavación indicado por el Supervisor, conformado y compactado el suelo, se procederá a la colocación y compactación en capas de los materiales, hasta alcanzar las cotas exigidas.

El espesor de las capas vendrá delimitado por la maquinaria de compactación que se emplee, el tipo de suelo y el grado mínimo de compactación que se desee alcanzar, variando desde los 15 cm hasta los 30 cm.

El mejoramiento hasta el nivel de la subrasante, deberá incluir en todos los casos, la conformación o reconstrucción de cunetas.

Los materiales que se reúnan o almacenen temporalmente deben estar protegidos contra las lluvias.

c. Mejoramiento adicionando únicamente material manufacturado

Cuando los documentos del Proyecto prevean la construcción de la subrasante mejorada solamente con la adición de material

manufacturado, se aplicarán lo previsto en las **Secciones 404, 405, 406, 407, 408** y la correspondiente a mejoramiento de subrasante con geotextiles. Éstas se efectuarán en las características y procedimientos previstos en el Proyecto o aprobado por la Supervisión.

Aceptación de los trabajos

207.06 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo utilizado por el Contratista.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Exigir el cumplimiento de las medidas de seguridad y mantenimiento del tránsito, según requerimientos de la **Sección 103**.
- Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos en la **Tabla 205-01**, en lo que sea aplicable.
- Verificar y aprobar la compactación de todas las capas de suelo que forman parte de la actividad especificada.
- Realizar medidas de control topográfico para determinar las dimensiones y perfil longitudinal.

b. Calidad del trabajo terminado

El suelo mejorado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse al nivel de subrasante y pendientes establecidas. El Supervisor deberá verificar, además que:

- La distancia entre el eje del Proyecto y el borde de la capa no sea inferior a la señalada en los planos o la definida por él.
- La cota de cualquier punto, no varíe en más de 1 cm de la cota proyectada.

Así mismo, efectuará las siguientes comprobaciones:

1. Compactación

Las determinaciones de la densidad de cada capa compactada mejorada se realizarán según se establece en la **Tabla 205-02** y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de 6 determinaciones de densidad. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar.

Las densidades individuales del tramo (D_i) deberán ser, como mínimo, el 95% de la máxima densidad obtenida en el ensayo Proctor Modificado de referencia (D_e).

$$D_i \geq 0{,}95\ D_e$$

La humedad de trabajo no debe variar en ±2% respecto del Óptimo Contenido de Humedad obtenido con el Proctor Modificado.

El incumplimiento de estos requisitos originará el rechazo del trabajo realizado.

Siempre que sea necesario, se efectuarán las correcciones por presencia de partículas sobredimensionadas, previamente al cálculo de los porcentajes de compactación.

En caso que el mejoramiento se construya en varias capas se aplicará los requisitos establecidos en la **Tabla 205-02** en lo referido a Relación Densidad – Humedad y Compactación.

El incumplimiento de los grados mínimos de compactación originará el rechazo del trabajo realizado.

2. Espesor

Sobre la base de los puntos escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m > e_d$$

Además el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, cuando menos, igual al 95% del espesor de diseño (e_d), en caso contrario será rechazado el trabajo realizado.

$$e_i \geq 0{,}95\ e_d$$

En el caso de que el mejoramiento se construya en varias capas, la presente exigencia se aplicará al espesor total que prevea el diseño.

Todas las áreas del suelo mejorado donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de la presente especificación, deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor y a plena satisfacción de éste.

3. Protección del suelo mejorado

El Contratista deberá responder por la conservación del suelo mejorado hasta que se coloque la capa superior y corregirá a su costo, cualquier daño que ocurra en ella después de terminada.

El trabajo de Mejoramiento de suelos será aceptado cuando se ejecute de acuerdo con esta especificación, las indicaciones del Supervisor y se complete a satisfacción del Proyecto.

La evaluación de los trabajos de Mejoramiento de Suelos se efectuará de acuerdo a lo indicado en la **Subsección 04.11**

c. Ensayo de deflectometría sobre la subrasante terminada.

Se aplica lo indicado en la **Subsección 202.20**.

Medición

207.07

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, recibida con la aprobación del Supervisor. Los volúmenes se determinarán con base en las áreas de las secciones transversales del Proyecto, verificadas por el Supervisor antes y después de la construcción del mejoramiento.

No habrá medida ni pago para los mejoramientos de suelos por fuera de las líneas del Proyecto o de las establecidas por el Supervisor, que haya efectuado el Contratista por error, o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Pago

207.08

El trabajo de mejoramiento se pagará al precio unitario pactado en el contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con el proyecto, la presente especificación y aceptada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir los costos de disgregación del material, la extracción y disposición del material inadecuado hasta la distancia libre de transporte, la adición o provisión del material aprobado de reemplazo, necesario para obtener las cotas proyectadas de suelo mejorado, su humedecimiento o aireación, compactación y perfilado final, y en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

Para la determinación del precio unitario de esta partida, según corresponda se considerarán los costos de excavación para explanaciones, transporte, acomodo en los DME, materiales de mejoramiento, compactación y perfilado final (terraplenes y pedraplenes).

Partida de pago	Unidad de pago
207.A Mejoramiento de Suelos	Metro cúbico (m³)

SECCION 208

OBRAS DE ENCAUZAMIENTO

SECCIÓN 208

Obras de Encauzamiento

Descripción

208.01

Este trabajo consiste en alinear, acomodar, ampliar o profundizar los cauces de ríos y quebradas, para facilitar el flujo de cuerpos de agua, proteger la vía y mejorar el funcionamiento de las obras de drenaje, complementarias y puentes. Incluye la eliminación de huaycos o aluviones y materiales que resulten excedentes de las labores de encauzamiento.

Solo podrán llevarse a cabo las excavaciones estipuladas en el Proyecto o aquellas expresamente autorizadas por el Supervisor. Quedan excluidas las excavaciones necesarias para la extracción de materiales del lecho de los ríos de conveniencia del Contratista.

Materiales

208.02

No se requieren materiales para la ejecución de los trabajos objeto de la presente Sección.

Requerimientos de construcción

208.03 Protección de la propiedad

Los trabajos se dispondrán de manera que se eviten daños a la propiedad pública y privada aledaña a las riberas, obras de conducción de aguas como canales, marcos partidores, etc., obras de protección fluvial y cualquier otra obra preexistente a las obras que se proyectan, situadas en la zona de trabajo. La reparación del daño producido sobre las instalaciones mencionadas

y otras, serán a cargo del Contratista, salvo que el proyecto disponga otras acciones a realizar.

208.04 Alineaciones, niveles y perfiles transversales

Antes de comenzar cualquier operación relacionada con el movimiento de tierras del cauce, se deberán tomar perfiles actuales de lecho a distancias iguales al ancho del cauce medio, no pudiendo ser superiores a 150 m entre sí, de borde a borde de sus riberas, alcanzando puntos altos de las cercanías, alejados del lecho. La extensión de los mencionados perfiles, es la del área de desarrollo del Proyecto, y permitirán definir las diferencias que presenta el lecho a causa de posibles crecidas producidas entre el momento en que se efectuó el Proyecto y la obra.

Los cortes, perfilados y encauzamiento deberán alcanzar con exactitud las cotas que muestren los planos, debiéndose respetar estrictamente los niveles, taludes y secciones transversales, cumpliendo con todos los detalles señalados en el Proyecto.

208.05 Disposición de los materiales

Los materiales excavados que constituyan excedente, podrán ser utilizados con autorización del Supervisor, en el relleno de depresiones existentes del lecho o en el recubrimiento de riberas afectadas por la erosión. En caso contrario, los materiales excavados y no utilizados, deberán transportarse, a depósitos de material excedente autorizados, y disponerse de acuerdo a lo señalado en la **Sección 209**, Conformación y acomodo de DME (Depósito de Materiales Excedentes). Alternativamente, el Contratista podrá solicitar la utilización de dichos materiales en trabajos de relleno y conformación de terraplenes o recubrimiento de taludes de terraplenes terminados, siempre que ello se ejecute en estricta conformidad con todos los aspectos señalados en esta especificación, y en lo pertinente, a lo establecido en la **Sección 205**, y adecuando a su entero cargo, todas las obras de drenaje u otras, que pudieran verse afectadas por el eventual mayor ancho de los terraplenes.

208.06 Mantenimiento de las obras

El Contratista deberá mantener en buenas condiciones las obras realizadas de acuerdo con esta Sección. Cualquier daño, deberá ser reparado por cuenta del Contratista a plena satisfacción del Supervisor.

208.07 Ejecución de los trabajos

Estos trabajos se ejecutaran en las zonas señaladas en los documentos del Proyecto u ordenadas por el Supervisor. Se realizarán teniendo en consideración los anchos, cotas de fondo y taludes precisados en el Proyecto y en la situación actual de perfiles transversales del cauce, levantados según la **Subsección 208.04**, en el momento de iniciar las obras.

Esta Sección considera las excavaciones en terreno de cualquier naturaleza, según la definición de estos materiales en la **Subsección 202.05**

Los taludes y cotas de fondo del cauce de éstas, deberán ajustarse a las indicaciones de Proyecto. Las superficies tanto del fondo como de los taludes, deberán quedar parejas y estables, con pendientes uniformes, que permitan un adecuado escurrimiento de las aguas. Las cotas de fondo no deberán superar en ningún punto las cotas establecidas en el perfil longitudinal del lecho previamente confeccionado por el Contratista y verificado por el Supervisor.

208.08 Encauzamiento en zona de puentes

Esta partida incluye la excavación, corte y perfilado del lecho en una longitud de 50 m aguas arriba y 50 m aguas abajo del puente, salvo que en el Proyecto se indique una longitud diferente. Los trabajos también deben incluir el transporte del material excedente excavado a depósitos debidamente autorizados o a acopios temporales, para usos posteriores, según la **Subsección 208.05**.

Cuando no se especifique en el Proyecto, se considerará un encauzamiento a fin de mantener la pendiente longitudinal del río en el sector, a todo el ancho del cauce y como mínimo la longitud indicada.

Medición

208.09 Obras de encauzamiento de ríos y quebradas

Esta partida incluye el corte, perfilado y encauzamiento del lecho de ríos y quebradas, de acuerdo a lo especificado en esta Sección y el Proyecto.

La medición de los volúmenes de obras correspondiente a esta partida se determinará geométricamente según los perfiles del Proyecto y aprobados por el Supervisor según la **Subsección 208.04**

Para efectos de pago, la construcción de obras de encauzamiento de ríos y quebradas, se identificará por metro cúbico (m^3) de movimiento de tierra requerido, de acuerdo a lo indicado en el Proyecto. Los movimientos de tierra no autorizados serán por cuenta del Contratista.

208.10 Encauzamiento en zonas de puentes

Para efectos de pago, la construcción de obras de encauzamiento de puentes, se identificará por metro cúbico (m^3) de movimiento de tierra requerido, de acuerdo a lo indicado en el Proyecto. Los movimientos de tierra no autorizados serán por cuenta del Contratista.

Pago

208.11

El pago se hará según la siguiente tabla, al precio unitario del Contrato, por toda la obra ejecutada conforme a esta especificación y aceptada por el Supervisor, para los distintos tipos de excavación.

Partida de pago	Unidad de pago
208.A Obras de encauzamiento de ríos y quebradas	Metro cúbico (m^3)
208.B Encauzamiento de puentes	Metro cúbico (m^3)

SECCION 209

CONFORMACIÓN Y ACOMODO DE DME

SECCIÓN 209

Conformación y acomodo de DME

Descripción

209.01

La conformación y acomodo de Depósito de Materiales Excedentes (DME), es la actividad de acondicionamiento y disposición final, de los materiales excedentes de la obra en lugares debidamente autorizados, y se construirán de acuerdo con el diseño específico que se haga para cada uno de ellos en el Proyecto, en el que se debe contemplar, acorde al Plan de Manejo Ambiental, la forma cómo serán depositados los materiales y el grado de compactación que se debe alcanzar, la necesidad de construir obras complementarias orientadas a conseguir la estabilidad del depósito. Incluye la obtención de permisos y autorizaciones correspondientes.

Esta partida no incluye ningún tipo de desecho generado en los campamentos u otras áreas provisionales que por su naturaleza debe ser manejado según lo ordena la Ley N.° 27314 Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento aprobado por D.S. N.° 057-2004-PCM.

209.02 Consideraciones generales

Se debe colocar la señalización correspondiente al camino de acceso y en la ubicación del lugar del depósito mismo. Los caminos de acceso, al tener el carácter provisional, deben ser construidos con el menor movimiento de tierras posible y poner una capa de material granular para facilitar el tránsito de los vehículos en la obra.

Las áreas designadas para el depósito de materiales excedentes, no deberán ser zonas inestables o áreas de importancia ambiental, tales como humedales o áreas agrícolas. Así mismo, se deberá tener las autorizaciones correspondientes en caso que el área señalada sea de propiedad privada, zona de reserva, o territorios especiales definidos por ley.

209.03 Requerimientos de construcción

Los lugares de depósito de materiales excedentes se elegirán y construirán de acuerdo con las disposiciones legales vigentes sobre la materia.

Antes de colocar los materiales excedentes, se deberá retirar la capa orgánica del suelo hasta que se encuentre una capa que permita soportar la sobrecarga inducida por el depósito, a fin de evitar asentamientos que pondrían en peligro la estabilidad del lugar de disposición. El material vegetal removido se colocará en sitios adecuados que permitan su posterior uso para las obras de restauración y recuperación ambiental de áreas afectadas.

La excavación, si se realiza en laderas, debe ser escalonada, de tal manera que disminuya las posibilidades de falla del relleno por el contacto.

Deberán estar lo suficientemente alejados de los cuerpos de agua, de manera que durante la ocurrencia de crecientes, no se sobrepase el nivel más bajo de los materiales colocados en él.

El área total del depósito de materiales excedentes y su capacidad de material compactado en metros cúbicos serán definidas en el proyecto o autorizadas por el Supervisor. Antes del uso de las áreas destinadas a Depósito de Materiales Excedentes se efectuará un levantamiento topográfico de cada una de ellas, definiendo su área y capacidad. Así mismo se deberá efectuar otro levantamiento topográfico después de haber sido concluidos los trabajos en los depósitos para verificación y contraste de las condiciones iniciales y finales de los trabajos. Los planos topográficos finales deben incluir información sobre los volúmenes depositados, ubicación de muros, drenaje instalado y tipo de vegetación utilizada.

Las aguas infiltradas o provenientes de los drenajes deberán ser conducidas hacia un sedimentador antes de ser vertidas al cuerpo receptor. Todos los depósitos deben ser evaluados previamente, con el fin de definir la colocación o no de filtros de drenaje.

El lugar elegido no deberá perjudicar las condiciones ambientales o paisajísticas de la zona o donde la población aledaña pueda quedar expuesta a algún tipo de riesgo sanitario o ambiental.

No deberá colocarse los materiales sobrantes sobre el lecho de los ríos ni en quebradas, ni a una distancia menor de 30 m a cada lado de las orillas de los

mismos. Se debe evitar la contaminación de cualquier fuente y corriente de agua por los materiales excedentes.

Los materiales excedentes que se obtengan de la construcción de la carretera deberán ser retirados de las áreas de trabajo y colocados en las zonas indicadas para su disposición final.

La disposición de los materiales excedentes será efectuada en forma gradual y compactada por tanda de vaciado, de manera que el material particulado originado sea mínimo.

El depósito será rellenado paulatinamente con los materiales excedentes, en el espesor de capa dispuesto por el proyecto, o por el Supervisor, extendida y nivelada sin permitir que existan zonas en que se acumule agua y proporcionando inclinaciones para el escurrimiento natural del terreno.

Luego de la colocación de material común, la compactación se hará con dos pasadas de tractor de orugas como mínimo, sobre capas de espesor indicado en el proyecto y esparcidas de manera uniforme. Si se coloca una mezcla de material rocoso y material común, se compactará con 4 pasadas de tractor de orugas como mínimo, según el procedimiento antes indicado.

La colocación de material rocoso debe hacerse desde adentro hacia afuera de la superficie para permitir que el material se segregue y se pueda hacer una selección de tamaños. Los fragmentos más grandes deben situarse hacia la parte externa, de tal manera que sirva de protección definitiva del talud y los materiales más finos quedar ubicados en la parte interior del lugar de disposición de materiales excedentes. Antes de la compactación debe extenderse la capa de material colocado, retirando las rocas cuyo tamaño no permita el normal proceso de compactación, la cual se hará con por lo menos cuatro pasadas de tractor.

Los taludes de los depósitos de material deberán tener una pendiente adecuada a fin de evitar deslizamientos. Además, se tendrán que cubrir con suelos que posibiliten su revegetación de acuerdo al programa y diseño establecido en el proyecto o cuando llegue a su máxima capacidad.

Para la colocación de materiales en depresiones se debe conformar el relleno en forma de terrazas y colocar un muro de gavión o según lo indique el proyecto, para contención de ser necesario.

Si se suspende por alguna circunstancia las actividades de colocación de materiales, se deberá proteger las zonas desprovistas del relleno en el menor tiempo posible.

Las dos últimas capas de material excedente colocado tendrán que compactarse mediante diez pasadas de tractor por lo menos, para evitar las infiltraciones de agua.

Al momento de abandonar el lugar de disposición de materiales excedentes, éste deberá compactarse de manera que guarde armonía con la morfología existente del área y al nivel que no interfiera con la siguiente actividad de restauración y recuperación ambiental de áreas afectadas, utilizando la flora propia del lugar y a ejecutarse, en el caso de árboles y arbustos, de conformidad con lo establecido en la **Sección 902**.

Los daños ambientales que origine el Contratista, deberán ser subsanados bajo su responsabilidad, asumiendo todos los costos correspondientes.

Medición

209.04

La medición de la adecuación y el manejo del lugar final del depósito de materiales excedentes, se hará por metro cúbico (m^3) de material depositado y conformado.

Pago

209.05

El pago correspondiente a la ejecución de la conformación y acomodo de Depósito de Materiales Excedentes (DME), se hará por metro cúbico (m^3).

El pago constituirá la compensación completa por el costo del equipo, personal, materiales e imprevistos para la ejecución de esta partida, por lo que todo el trabajo ejecutado debe estar de acuerdo con lo especificado en la presente Subsección y contar con la aprobación del Supervisor.

No se incluye en el pago de esta partida el transporte del material a depositar, el cual se pagará con la **Sección 700**, por su parte la capa superficial de suelo cuando esté indicada en el proyecto o por el Supervisor, se pagará con la **Sección 901** y la restauración y recuperación ambiental de áreas afectadas que se pagará con la **Sección 906.**

De requerirse la construcción de obras complementarias éstas se pagarán en conformidad con la partida respectiva.

Ítem de pago	Unidad de pago
209.A Depósito de Materiales Excedentes (DME)	Metro cúbico (m³)

CAPITULO III

AFIRMADOS

SECCION 301

AFIRMADOS

SECCIÓN 301

Afirmados

Descripción

301.01

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas de afirmado (material granular seleccionado) como superficie de rodadura de una carretera, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, debidamente aprobados, con o sin adición de estabilizadores de suelos, que se colocan sobre una superficie preparada. Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes. Incluye el suministro, transporte, colocación y compactación del material, en conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en el Proyecto y aprobados por el Supervisor, y teniendo en cuenta lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental.

Generalmente el afirmado que se especifica en esta sección se utilizará como superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas.

Materiales

301.02

Para la construcción de afirmados, con o sin estabilizadores, se utilizarán materiales granulares naturales procedentes de excedentes de excavaciones, canteras, o escorias metálicas, establecidas en el Expediente Técnico y aprobadas por el Supervisor; así mismo podrán provenir de la trituración de rocas, gravas o estar constituidos por una mezcla de productos de diversas procedencias.

Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica,

terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material.

Para el traslado del material de afirmado al lugar de obra, deberá humedecerse y cubrirse con lona para evitar emisiones de material particulado, que pudiera afectar a los trabajadores y poblaciones aledañas.

Los requisitos de calidad que deben cumplir los materiales, deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas, según lo indicado en la **Tabla 301-01**.

Tabla 301-01

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	—				
37,5 mm (1½")	100	—				
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100				
9,5 mm ($^3/_8$ ")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4,75 mm (N.° 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (N.° 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N.° 40)	15-35	20-45	15-30	25.45	20-50	30-70
75 µm (N.° 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: AASHTO M-147

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad: 4-9% (MTC E 111)
- CBR (1): 40% mín. (MTC E 132)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0,1" (2,5 mm)

Equipo

301.03

Según lo indicado en la **Subsección 400.03.**

Requerimientos de construcción

301.04 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Según lo indicado en la **Subsección 400.04**.

301.05 Preparación de la superficie existente

El material de afirmado se descargará cuando se compruebe que la plataforma sobre la cual se va a apoyar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva deberán ser corregidas.

301.06 Transporte y colocación del material

El Contratista deberá transportar y depositar el material de modo, que no se produzca segregación, evitando los derrames de material y por ende la contaminación de fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar, ni cause daño a las poblaciones aledañas.

La colocación del material sobre la capa subyacente se hará en una longitud que no sobrepase los 1.500 m del lugar de los trabajos de mezcla, conformación y compactación del material.

301.07 Extensión, mezcla y conformación del material

El material se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. Si es necesario construir combinando varios materiales, se mezclarán formando cordones separados para cada material en la vía, que luego se unirán para lograr su mezclado. Si fuere necesario humedecer o airear el material, para lograr la humedad de compactación, el Contratista empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje una humedad uniforme en el material. Después de mezclado, se extenderá en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos.

301.08 Compactación

Cuando el material tenga la humedad apropiada, se compactará con el equipo aprobado hasta lograr la densidad especificada. En áreas inaccesibles a los rodillos, se usarán apisonadores mecánicos hasta lograr la densidad requerida.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de un tercio del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

No se extenderá ninguna capa de material, mientras no se haya realizado los controles topográficos y de compactación aprobados por el Supervisor en la capa precedente.

En esta actividad se tomarán los cuidados necesarios para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación. Los residuos generados por esta y las actividades mencionadas anteriormente, deben ser colocados en los depósitos de materiales excedentes, según se indica en la **Sección 209.**

301.09 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no fuere posible, el tránsito que necesariamente tenga que pasar sobre ellas se distribuirá en forma tal que no se concentren huellas de rodaduras en la superficie.

301.10 Aceptación de los trabajos

a. Controles

Según lo indicado en la **Subsección 400.07**

b. Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales a utilizarse y para cualquier volumen previsto se tomarán, cuatro muestras para los ensayos y frecuencias que se indican en la **Tabla 301-02.**

Tabla 301-02
Ensayos y Frecuencias

Material o producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Afirmado	Granulometría	MTC E 204	C 136	T27	1 cada 750 m³	Cantera (2)
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 750 m³	Cantera (2)
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 2.000 m³	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T193	1 cada 2.000 m³	Cantera (2)
	Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 cada 750 m²	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T191 T238	1 cada 250 m²	Pista

Notas:

(1) O antes, sí por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad o característica.

(2) Material preparado previo a su uso.

Los resultados deberán satisfacer las exigencias indicadas en la **Subsección 301.02**.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los materiales que presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

c. Calidad del trabajo terminado

Los trabajos de afirmado terminados deberán presentar una superficie uniforme y ajustarse a las dimensiones, rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto. La distancia entre el eje del Proyecto y el borde de la berma, no será inferior a la señalada en los planos. Este, además, deberá efectuar las siguientes comprobaciones:

1. Compactación

Las determinaciones de la densidad de la capa compactada se realizarán de acuerdo a lo indicado en la **Tabla 301-02** y los tramos

por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de 6 determinaciones de densidad. Los sitios para las mediciones se elegirán al azar, con la aprobación del Supervisor.

Las densidades individuales (D_i) deberán ser, como mínimo el 100% de la densidad obtenida en el ensayo Próctor Modificado de referencia (MTC E 115).

$$D_i \geq D_e$$

La humedad de trabajo no debe variar en ±2,0% con respecto del Óptimo Contenido de Humedad, obtenido con el Próctor Modificado.

En caso de no cumplirse estos términos se rechazará el tramo.

Siempre que sea necesario, se efectuarán las correcciones por presencia de partículas gruesas, previamente al cálculo de los porcentajes de compactación.

La densidad de las capas compactadas, podrá ser determinada por cualquier método aplicable, de los descritos en las normas de ensayo MTC E 117, MTC E 124.

2. Espesor

Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, cuando menos, igual al 95% del espesor del diseño, en caso contrario se rechazará el tramo controlado.

$$e_i \geq 0{,}95\ e_d$$

Todas las áreas de afirmado donde los defectos de calidad y terminación sobrepasen las tolerancias de la presente especificación, deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor.

3. Rugosidad

La rugosidad de la superficie afirmada, se medirá en unidades IRI, la que no deberá ser superior a 5 m/km.

Medición

301.11

Según lo indicado en la **Subsección 400.08**.

Pago

301.12

El pago se efectuará, según lo indicado en la **Subsección 400.10**.

Partida de pago	Unidad de pago
301.A Afirmados	Metro cúbico (m^3)

SECCION 301.A

SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO

SECCIÓN 301.A

Suelos estabilizados con cemento

Descripción

301.A.01 Generalidades

Consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con cemento Portland, de acuerdo con las estas especificaciones técnicas, así como de las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en el Proyecto.

Materiales

301.A.02 Suelos

El material por estabilizar con cemento Portland podrá ser material de afirmado o provenir de la escarificación de la capa superficial existente o ser un suelo natural proveniente de:

- Excavaciones o zonas de préstamo.
- Agregados locales.
- Mezclas de ellos.

Cualquiera que sea el material a emplear, deberá estar libre de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar la elaboración y fraguado del concreto. Deberá, además, cumplir los siguientes requisitos generales:

a. Granulometría (Agregados)

La granulometría del material a estabilizar puede corresponder a los siguientes tipos de suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7.

Además el tamaño máximo no podrá ser mayor de 5 cm (2”). o 1/3 del espesor de la capa compactada.

b. Plasticidad

La fracción inferior del tamiz de 425 μm (N.º 40) deberá presentar un Límite Líquido inferior a 40 y un Índice Plástico menor de 18%, determinados según normas de ensayo MTC E 110 y MTC E 111.

c. Composición Química

La proporción de sulfatos del suelo, expresada como $SO_4^=$ no podrá exceder de 0,2% en peso.

d. Abrasión

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) MTC E 207 no mayor a 50%.

e. Solidez

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales y el material se encuentra a una altitud ≥3.000 m.s.n.m, los agregados gruesos no deben presentar pérdidas en sulfato de magnesio superiores al 18% y en materiales finos superiores al 15%.

301.A.03 Cemento

El cemento para estabilización será del tipo Portland, el cual deberá cumplir lo especificado en la **Subsección 503.02**.

301.A.04 Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

Equipo

301.A.05

Es aplicable lo indicado en la **Subsección 400.03**.

Requerimientos de construcción

301.A.06 Explotación y elaboración de materiales

Todos los materiales a emplearse en la estabilización de suelos, así como los procedimientos y equipos utilizados para su explotación y elaboración, deberán ser aprobados previamente por el Supervisor, lo cual no exime la responsabilidad del Contratista por el trabajo realizado.

Todos los trabajos de clasificación de los materiales y en especial la separación de áridos de tamaño superior al máximo especificado, deberán efectuarse en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá ejecutarlos en la vía.

Cuando las condiciones del Contrato o del Proyecto así lo estipulen, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras o préstamos deberán ser conservados para la posterior reforestación del terreno. Al abandonar las canteras, el Contratista readecuará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas, teniendo en consideración lo indicado en la **Subsección 05.06.**

Además de todo lo anterior, deberá tenerse en cuenta lo que resulte aplicable de la **Sección 906**.

301.A.07 Diseño de la mezcla

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista entregará al Supervisor, para su verificación, muestras representativas de los materiales y el cemento que se propone utilizar, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio, que demuestren la conveniencia de utilizarlos en la mezcla, e igualmente presentará el diseño de la misma.

Si a juicio del Supervisor, los materiales, el equipo o el diseño de la mezcla resultan objetables, el Contratista deberá efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias puntualizadas por el Supervisor.

Una vez que el Supervisor apruebe los materiales y el diseño de la mezcla, éste sólo podrá modificarse durante la ejecución de los trabajos si se presenta una variación inevitable en alguno de los ingredientes que intervienen en ella, previa aprobación del Supervisor.

La mezcla se debe diseñar mediante el método de la Portland Cement Association (PCA). Como parámetros de diseño se tomarán los ensayos de

resistencia a compresión simple, y humedecimiento-secado (normas MTC E 1103 y MTC E 1104). En el primero de ellos, se deberá garantizar una resistencia mínima de 1,8 MPa, luego de 7 días de curado húmedo, mientras que en el segundo, el contenido de cemento deberá ser tal, que la pérdida de peso de la mezcla compactada, al ser sometida al ensayo de durabilidad (humedecimiento-secado), no supere los siguientes límites de acuerdo con la clasificación que presente el suelo por estabilizar:

Suelo por estabilizar	Pérdida Máxima (%)
A-1; A-2-4; A-2-5; A3	14
A-2-6; A-2-7; A-4; A5	10
A-6; A-7	7

La construcción de suelos estabilizados con cemento no se podrá iniciar hasta que la mezcla se encuentre diseñada y cuente con la aprobación del Supervisor.

301.A.08 Preparación de la superficie existente

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, antes de proceder con la estabilización, se comprobará que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad mínima de 95% del ensayo de laboratorio de densidad - humedad, según MTC E 115, así como las dimensiones, alineamientos y perfil indicadas en el Proyecto o aprobadas por el Supervisor.

En caso se excedan las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán corregirse de acuerdo con lo indicado en ella, y ser aprobadas por el Supervisor. Los ensayos de densidad, se efectuarán según MTC E 117.

En caso que la estabilización se vaya a realizar únicamente con el suelo existente, éste se deberá escarificar en todo el ancho de la capa que se va a mezclar, hasta una profundidad suficiente para que, una vez compactada, la capa estabilizada alcance el espesor señalado en el Proyecto o según las instrucciones del Supervisor.

Si se contempla la adición de un suelo de aporte para mejorar el existente, ambos se deberán mezclar uniformemente antes de iniciar la distribución del estabilizante.

En todos los casos en que el proceso involucre el suelo del lugar, parcial o totalmente, deberá comprobarse que el material que se encuentre por debajo

de la capa por estabilizar, cumpla con los requisitos mínimos especificados y aprobados por el Supervisor.

301.A.09 Transporte de suelos y agregados

Cuando la estabilización incluya suelos o agregados de aporte, éstos se transportarán humedecidos y protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurados a la carrocería de manera que se impida derrames o caídas que causen daños o que generen impactos a la atmósfera.

301.A.10 Homogenización del material

Antes de aplicar el cemento, el suelo por tratar, sea que haya sido escarificado en el lugar o transportado desde los sitios de origen aprobados por el Supervisor, será uniformizado hasta lograr los requerimientos granulométricos de la **Subsección 301.A.02(a).**

Durante la realización de este trabajo se tomaran las medidas para que la emisión de polvo no exceda el límite permisible (D.S. N.º 074-2001-PCM) Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

301.A.11 Aplicación del cemento

El cemento podrá aplicarse en bolsas o a granel. En cualquier caso, se esparcirá sobre el suelo homogenizado empleando el procedimiento aprobado por el Supervisor, durante la fase de prueba, de manera que se disperse la cantidad requerida según el diseño más la cantidad prevista por desperdicios, a todo lo ancho de la capa por estabilizar. Durante la aplicación del cemento, la humedad del suelo no podrá ser superior a la definida durante el proceso de diseño como la adecuada para lograr una mezcla homogénea del suelo con el cemento.

Sobre el cemento esparcido sólo se permitirá el tránsito del equipo que lo va a mezclar con el suelo.

El cemento sólo podrá extenderse en la superficie que pueda quedar terminada en la jornada de trabajo.

Durante estas obras se tomará en cuenta que el cemento esparcido no pase del área de trabajo. Los materiales excedentes se colocarán en los DME, según se indica en la **Sección 209.**

301.A.12 Mezcla

Inmediatamente después de ser esparcido el cemento, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado, en todo el espesor establecido en los planos. La operación de mezcla de realizará hasta garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se defina en la fase de prueba. La humedad de la mezcla deberá ser la óptima del ensayo MTC E-1102 o ASTM D-558, con una tolerancia de ± 1,5 %.

Durante esta actividad se tendrá cuidado para evitar los derrames de material que pudieran contaminar fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar. El área de trabajo será limpiado y los materiales excedentes se colocarán en los DME, según se indica en la **Sección 209**.

301.A.13 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el equipo propuesto por el Contratista y aprobado por el Supervisor, durante la ejecución del tramo de prueba.

El proceso de compactación se realizará de tal forma que se obtenga un acabado uniforme, en todo el espesor proyectado.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de 2 horas desde el inicio de la mezcla. La compactación deberá ser el 95% como mínimo, del ensayo MTC E-1102.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de prueba, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, aprobados por el Supervisor, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

Una vez terminada la compactación, la superficie deberá mantenerse húmeda hasta que el proceso de curado culmine.

En esta actividad se tomarán las medidas necesarias para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación. Los residuos se colocarán en los DME, según se indica en la **Sección 209.**

301.A.14 Juntas de trabajo

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos deberán cuidarse para proteger la capa construida cuando se vaya a esparcir y compactar la adyacente.

Al efecto, al término de la jornada de trabajo se formará una junta transversal perpendicular al eje de la calzada, haciendo un corte vertical en el material compactado.

Si el suelo estabilizado no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, deberán disponerse también, mediante un procedimiento aprobado por el Supervisor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

301.A.15 Curado de la capa estabilizada

Terminada la conformación y compactación del suelo estabilizado con cemento, ésta deberá protegerse contra pérdidas de humedad por un periodo no menor de siete días, por métodos y/o aditivos adecuados aprobados por la Supervisión. Si sobre la superficie del suelo estabilizado se va a colocar una superficie de rodadura bituminosa, se recomienda la aplicación de una película con emulsión de rotura rápida, a una tasa no inferior a 400 cm^3/m^2 de ligante residual.

En el momento de aplicar el riego, que en ningún caso puede ser después de veinticuatro horas de terminada la compactación, la superficie del suelo estabilizado deberá presentar un aspecto denso y homogéneo, y contener la humedad suficiente que permita el curado.

Se tendrá cuidado durante la aplicación de la película bituminosa con emulsión de rotura rápida, para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar.

301.A.16 Tramo de prueba

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.05**.

301.A.17 Apertura al tránsito

El suelo estabilizado con cemento sólo podrá abrirse al tránsito a la culminación del proceso de curado. La apertura será inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada.

Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Supervisor definirá el momento de apertura definitiva.

301.A.18 Conservación

El Contratista deberá conservar el suelo estabilizado en perfectas condiciones, hasta la recepción de la obra o se construya la capa superior prevista en los documentos del proyecto. Todo daño que se presente, deberá corregirlo, a su cuenta, costo y riesgo, y contar con la aprobación de la Supervisión.

301.A.19 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cemento sólo se podrán llevar a cabo cuando la temperatura ambiental, sea superior a 6°C y cuando no exista presencia de precipitaciones pluviales. En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua de lluvia y como resultado de ello la humedad de la mezcla supere la tolerancia mencionada en la **Subsección 301.A.12**, el Contratista deberá, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector deteriorado a su cuenta, costo y riesgo, con la aprobación el Supervisor.

La mezcla afectada será retirada por el Contratista a los DME, según se indica en la **Sección 209**.

Aceptación de los trabajos

301.A.20 Criterios

Los trabajos para ser aprobados por el Supervisor, deberán estar sujetos a lo siguiente:

a. Controles

Similares a los especificados en la **Subsección 400.07(a)**.

Adicionalmente, deberá efectuarse los ensayos de control de mezcla-densidad y resistencia de la misma.

Asimismo se vigilará la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en esta **Sección 301.A.**

b. Calidad de los Materiales

1. Calidad del cemento

Cada vez que lo considere necesario, el Supervisor efectuará los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento,

debiendo ser por lo menos a la llegada a obra de un lote y cada 50 bolsas de un apilamiento.

Por ningún motivo se permitirá el empleo del cemento endurecido o con fraguado prematuro o cuya fecha de vencimiento haya sido superada.

2. Calidad del agua

El Supervisor siempre que lo considere necesario verificará el pH y el contenido de sulfatos del agua empleada.

3. Calidad de los suelos

De cada procedencia de los suelos a utilizarse y aportes empleados en la estabilización y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras para los ensayos y frecuencias que se indican en la **Tabla 301-02.**

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los materiales que presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, efectuará las verificaciones periódicas que se indican en la **Tabla 301.A-01.**

c. Calidad de la mezcla

1. Resistencia

Con un mínimo de 2 muestras diarias de la mezcla elaborada en la obra se moldearan probetas (3 por muestra) con la energía del ensayo de compactación para verificar en el laboratorio su resistencia a compresión simple luego de siete días de curado, de conformidad con el procedimiento realizado durante el diseño de la mezcla. La preparación de los testigos, así como el ensayo, será de acuerdo al MTC E 1101 y MTC E 1103.

La resistencia media de las 6 o más probetas diarias (R_m) deben ser iguales o superiores al 100% de la resistencia correspondiente al diseño (R_d) presentado por el Contratista, conforme se describe en el apartado "Diseño de la Mezcla" de esta especificación.

$$R_m \geq R_d$$

A su vez, la resistencia de cada probeta (R_i) debe ser igual o mayor al 95% del valor de diseño (R_d).

$$R_i \geq 0{,}95\ R_d$$

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el tramo al cual representan las muestras.

Tabla 301.A-01

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Suelo Estabilizado con Cemento Portland	Granulometría	MTC E 107	750 m³	Pista
	Índice plástico	MTC E 111	750 m³	Pista
	Relación Humedad Densidad	MTC E 1102	750 m³	Pista
	Compresión simple	MTC E 1101 MTC E 1103	2 muestras por día	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	Cada 250 m²	Pista
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	2.000 m³	Cantera
	Durabilidad (2)	MTC E 209	2.000 m³	Cantera
	Sulfatos	NTP 339.178	2.000 m³	Cantera
	pH	NTP 339.073	2.000 m³	Fuente de agua
	Sulfatos	NTP 339.074	2.000 m³	Fuente de agua
	Materia Orgánica	NTP 339.072	2.000 m³	Fuente de agua

(1) O antes, si por su génesis existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas, se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica.

(2) Ensayo exigido para capas estructurales en zonas con altitud mayora 3.000 msnm.

d. Calidad del trabajo terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las dimensiones, rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto. La distancia entre el eje del Proyecto y el borde de la berma, no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Supervisor. La cota de cualquier punto de la capa compactada, no deberá variar en más de 10 mm. de la proyectada. Este, además, deberá efectuar las siguientes comprobaciones:

1. Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se efectuarán con la frecuencia que se indica en la **Tabla 301.A-01** y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de 6 determinaciones de densidad. Los sitios para las mediciones se escogerán al azar, siguiendo el procedimiento indicado en la **Subsección 04.05 (d)**.

La densidad será como mínimo el 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo de compactación del diseño o de la obtenida en el ensayo de Relación Humedad, Densidad, indicado en la **Tabla 301.A-01** de Ensayos y Frecuencias.

El incumplimiento de dicho requisito trae como consecuencia el rechazo del tramo.

La densidad de las capas compactadas se determinará por el método del Cono de Arena.

2. Espesor

Sobre la base de las perforaciones efectuadas para el control de la compactación, el Supervisor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, por lo menos, igual al 95% del espesor de diseño (e_d).

$$e_i \geq 0{,}95\ e_d$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos trae como consecuencia el rechazo del tramo.

3. Uniformidad de la Superficie

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores a 10 mm. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

La evaluación de los trabajos de "Suelo Estabilizado con Cemento Portland" se efectuará de acuerdo a lo indicado en la **Subseccion 04.11**

Medición

301.A.21

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.08**.

Pago

301.A.22

Se aplica lo especificado en la **Subsección 400.09.**

Se incluye en el precio de la partida el costo del producto estabilizante.

Partida de pago	Unidad de pago
301.A.A Suelo Estabilizado con Cemento	Metro cúbico (m^3)

SECCION 301.B

SUELOS ESTABILIZADOS CON CAL

SECCIÓN 301.B

Suelos estabilizados con cal

Descripción

301.B.01

Consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con cal, de acuerdo con las estas especificaciones técnicas, así como de las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en el Proyecto.

Materiales

301.B.02 Suelo

El material por estabilizar con cal podrá ser material de afirmado o provenir, de la escarificación de la capa superficial existente o ser un suelo natural proveniente de:

- Excavaciones o zonas de préstamo.
- Agregados locales.
- Mezclas de ellos.

Cualquiera que sea el material a emplear, deberá estar libre de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar la elaboración y fraguado del concreto. Deberá, además, cumplir los siguientes requisitos generales:

a. Granulometría (Agregados)

La granulometría del material a estabilizar puede corresponder a los siguientes tipos de suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7.

Además el tamaño máximo no podrá ser mayor de 5 cm (2”). o 1/3 del espesor de la capa compactada.

b. Plasticidad

La fracción inferior del tamiz de 425 μm (N.º 40) deberá presentar un Límite Líquido inferior a 40 y un Índice Plástico comprendido entre 10 y 50%, determinados según normas de ensayo MTC E 110 y MTC E 111.

c. Composición Química

La proporción de sulfatos del suelo, expresada como $SO_4^=$ no podrá exceder de 0,2% en peso.

d. Abrasión

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) MTC E 207 no mayor a 50%.

e. Solidez

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales y el material se encuentra a una altitud ≥3.000 m.s.n.m, los agregados gruesos no deben presentar pérdidas en sulfato de magnesio superiores al 18% y en materiales finos superiores al 15%.

301.B.03 Cal

La cal que se use para la construcción de suelo-cal puede ser cal viva ó cal hidratada y debe satisfacer los requisitos establecidos en la Especificación AASHTO M-216 ó ASTM C-977.

301.B.04 Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

301.B.05 Mezcla

Los ensayos para determinar el porcentaje de cal y los demás requisitos que debe satisfacer la mezcla de suelo-cal, deben ser ejecutados con los materiales que se vayan a usar, incluyendo el agua de mezclado, de acuerdo

a la norma ASTM D 6276; la aplicación de la cal puede variar entre 2 y 8% en peso de los materiales.

Cuando la mezcla de suelo-cal se use para la construcción de capas estructurales debe tener los valores C.B.R. en conformidad a lo exigido en las **Secciones 402.02** y **403.02**.

Finalmente, se deberá mostrar una Fórmula de Trabajo, donde se indique las cantidades y tipo de cal, el volumen de agua y los procesos que se deben seguir para obtener los requerimientos estructurales solicitados.

Equipo

301.B.06

Es aplicable lo indicado en la **Subsección 400.03**.

Requerimiento de Construcción

301.B.07

El Supervisor debe autorizar, por escrito, el inicio de los trabajos de construcción del suelo–cal, luego de constatar que han sido satisfechos los requisitos previos establecidos en esta Especificación, y lo establecido en el Proyecto.

Cuando se vaya a construir el suelo–cal sobre la superficie de una vía que haya estado en servicio y que presente irregularidades en toda o en parte de su longitud, se debe proceder, previamente, al acondicionamiento de las zonas irregulares de dicha superficie.

301.B.08 Mezcla

La mezcla de suelo-cal puede ser preparada en cualquiera de las formas siguientes:

a. Mezcla sobre la vía (in-situ)

La mezcla sobre la vía, es el conjunto de operaciones que mediante el mezclado del suelo con la cal y agua sobre la vía, permita obtener la mezcla de suelo–cal, que satisfaga los requisitos establecidos.

Para la ejecución de la mezcla sobre la vía los trabajos se deben iniciar en la forma siguiente:

En las partes de la vía donde el Proyecto indique el uso del suelo existente, se debe escarificar uniformemente la superficie de la vía, hasta la profundidad necesaria para obtener el volumen de suelo que requiere la mezcla.

Si el Proyecto indica el uso de suelo de préstamo, en todo o en parte, dicho suelo de préstamo se debe depositar sobre la superficie de la vía, en montones separados entre sí, a distancia conveniente, o en forma de camellón, o debe ser extendido mediante el uso de maquinas estabilizadoras, en la cantidad necesaria para obtener el volumen de suelo que requiere la mezcla.

A continuación, se procede al mezclado, homogenizado y humedecimiento. El mezclado debe ejecutarse utilizando el equipo adecuado.

El suelo que se vaya a utilizar para la preparación de la mezcla de suelo–cal se debe conformar de acuerdo con las secciones, transversal y longitudinal, del Proyecto y, mediante el uso de equipo de compactación, se debe preparar una superficie que permita las operaciones de colocación y distribución de la cal.

La cal se debe agregar utilizando un distribuidor de cal que garantice una distribución uniforme sobre la superficie de la vía. El método que se emplee para agregar la cal está sujeto a la aprobación previa de la Supervisión.

Inmediatamente después de agregada la cal, se efectuará la mezcla, empleando el equipo aprobado, en todo el espesor establecido en los planos. La operación de mezcla de realizará hasta garantizar la obtención de una mezcla homogénea, según se defina en la fase de prueba.

La aplicación del agua se debe hacer mediante la barra de riego del camión cisterna, o con el empleo de cualquier otro método que garantice un riego uniforme. Debe evitarse la concentración de agua en la superficie del material que se está mezclando.

El proceso de mezclado debe continuar hasta lograr la homogenización completa del material.

Antes de iniciar la compactación de la mezcla y mediante el proceso de homogenización se debe lograr que, por lo menos, el 60% del suelo pase la malla Nº 4.

Cuando no se alcance dicho porcentaje por medios mecánicos, se debe disponer un período de curado, previo a la compactación, con objeto de permitir que la cal y el agua desintegren los terrones de arcilla. La duración del período de curado debe determinarse en la Obra y en ningún caso debe ser menos de una hora.

El personal debe realizar el trabajo utilizando los implementos de protección de la salud necesarios tales como, máscaras que protejan las vías respiratorias.

Durante la realización de este trabajo, se tomaran las medidas para que el material particulado emitido a la atmósfera no pase el límite permisible (D.S. N.º 074-2001-PCM) Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

Se tendrá cuidado de no contaminar con la mezcla, las fuentes de agua, suelo, etc. cercano al área de trabajo.

b. Mezcla en planta

La mezcla en planta consiste en la utilización de una instalación mezcladora fija que permita, mediante el mezclado de suelo(s) de préstamo con cal y agua, obtener la mezcla de suelo–cal que satisfaga los requisitos establecidos.

Una vez preparada, la mezcla se carga en camiones volquetes para llevarla a los sitios de colocación.

La ubicación de la planta mezcladora fija se debe someter a la aprobación previa del Supervisor.

Las plantas mezcladoras fijas que se utilicen para la preparación de la mezcla de suelo-cal, deben satisfacer los requisitos siguientes:

1. Contar con dispositivos que permitan medir, por peso o volumen, las cantidades de suelo, cal y agua que componen la mezcla; y deben ser aptas para suministrar las cantidades de materiales previstas en el diseño de dicha mezcla.

2. En todas las plantas, la cal debe ser agregada de manera que quede uniformemente distribuida durante la operación de mezclado.

3. La carga en una planta mezcladora fija de mezclado por tandas (batch), o la tasa de alimentación de una planta mezcladora fija de mezclado continuo, no deben exceder las cantidades que garanticen la mezcla completa de todos los materiales.

4. Deben estar dotadas de dispositivos adecuados y de fácil acceso para la toma de muestras de los materiales en las diversas etapas de producción, así como de sistemas que permitan verificar y regular las proporciones de los diferentes materiales en las diversas etapas de producción.

   Inmediatamente antes de depositar sobre la vía la mezcla de suelo–cal preparada en planta mezcladora fija, el área a ser cubierta debe ser humedecida uniformemente, evitando la presencia de sitios con exceso de agua.

   La mezcla de suelo–cal preparada en planta mezcladora fija debe ser extendida sobre la vía mediante el uso de esparcidores adecuados, en forma que se logren los espesores de Proyecto al proceder a su compactación.

   El extendido de la mezcla se debe hacer en franjas paralelas al eje de la vía, debiendo iniciarse la compactación de la franja en proceso antes de que transcurra una hora de haber sido compactada la franja adyacente anterior.

   En el traslado de la mezcla de suelo–cal en planta, la mezcla será protegida con lonas u otros cobertores adecuados, asegurados a la carrocería y humedecidos.

301.B.09 Requisitos de la mezcla

Antes de iniciar la compactación, la mezcla de suelo–cal debe satisfacer los requisitos siguientes:

- La humedad de la mezcla debe ser la óptima de compactación con una tolerancia de ±1,5%.

- Al finalizar el proceso de mezclado húmedo, el 60% en peso de la mezcla, excluyendo los fragmentos de grava y piedra, debe pasar la Malla N.º 4.
- El contenido de cal de la mezcla no debe variar en más de 5% por exceso o por defecto, de la cantidad de cal por metro cúbico de mezcla, establecida en el Proyecto.
- En caso de que la mezcla sea rechazada por el Supervisor por efecto de lluvia u otra razón técnica, el Contratista deberá retirarla y trasladarla a los DME, según se indica en la **Sección 209**.
- Se deberá ejecutar a modo de verificar la calidad de la mezcla y diseños, ensayos C.B.R. de acuerdo a la frecuencia indicada en la **Tabla 301.B-01**.

Tabla 301.B-01

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Suelo Estabilizado con Cal	Granulometría	MTC E 107	750 m³	Pista
	Índice plástico	MTC E 111	750 m³	Pista
	Relación Densidad-Humedad	MTC E 115	750 m³	Pista
	CBR	MTC E 132	500 m³	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	Cada 250 m^2	Pista
	Abrasión	MTC E 207	2.000 m³	Cantera
	Materia orgánica	AASHTO T 194	2.000 m³	Cantera
	Durabilidad (2)	MTC E 209	2.000 m³	Cantera

Notas:

(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico – mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o características.

(2) Ensayo exigido para capas estructurales en zonas con altitud mayor a 3.000 msnm

301.B.10 Compactación

Se aplica a lo indicado en la **Subsección 301.A.13**, siendo en este caso el grado de compactación mínimo exigido de 100% de la máxima densidad obtenida por el ensayo Proctor Modificado.

En esta actividad se tomarán las medidas necesarias para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación. Los residuos generados por esta y las dos actividades mencionadas anteriormente, deben ser colocados en los DME, según se indica en la **Sección 209.**

301.B.11 Juntas de trabajo

Al final del trabajo de cada día y/o cuando haya transcurrido más de una hora desde el momento en que se haya ejecutado la compactación final de cualquier borde de franja, se deben construir juntas de construcción, longitudinales o transversales, según sea el caso.

Las juntas de construcción se deben construir, cortando verticalmente el suelo–cal compactado según una línea situada a 7 cm, al menos, del borde de la franja.

La superficie de contacto de la junta de construcción se debe humedecer antes de proseguir con la colocación de la mezcla de suelo-cal. La ejecución de las juntas de construcción está sujeta a la aprobación del Supervisor.

301.B.12 Curado

Cualquier capa compactada de suelo-cal, se debe curar, manteniendo húmeda su superficie, durante un lapso de 72 horas contadas a partir del momento en que se terminó la compactación de la capa.

Si el Proyecto lo establece así, luego de terminar la compactación final de la capa superior, se debe proceder a su curado mediante la aplicación de un riego asfáltico. Para la ejecución de esta actividad se debe emplear un asfalto diluido en una cantidad de 0,70 l/m^2 a 1,30 l/m^2 o emulsión asfáltica en una cantidad de 1,00 l/m^2 a 2,00 l/m^2, según el tipo de material establecido en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor.

301.B.13 Tramo de Prueba

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.05.**

301.B.14 Apertura al Tránsito

Se aplica lo indicado en la **Subsección 301.A.17.**

301.B.15 Conservación

Se aplica lo indicado en la **Subsección 301.A.18.**

301.B.16 Limitaciones en la ejecución

Se aplica a lo indicado en la **Subsección 301.A.19.** a excepción del grado de compactación que debe ser como mínimo el 100% de la máxima densidad obtenida con el ensayo Proctor Modificado.

Aceptación de los trabajos

301.B.17

Los trabajos para ser aprobados por el Supervisor, deberán estar sujetos a lo siguiente:

a. Controles

- Similares a los especificados en la **Subsección 400.07(a)**.
- Adicionalmente deberá efectuar ensayos de control de mezcla densidad.
- El Supervisor vigilará la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en esta Sección.

b. Calidad de los materiales

1. Calidad de la cal

Cada vez que lo considere necesario, el Supervisor efectuará los ensayos de control que permitan verificar la calidad de la cal, debiendo ser por lo menos a la llegada a obra de un lote y cada 50 bolsas de un apilamiento.

2. Calidad del agua

El Supervisor siempre que lo considere necesario verificará el pH y el contenido de sulfatos del agua empleada.

3. Calidad de los suelos

De cada procedencia de los suelos y agregados de aporte empleados en la estabilización y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- La granulometría.
- La plasticidad de la fracción fina.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los materiales que presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, efectuará las verificaciones periódicas que se indican en la **Tabla 301.B-01.**

Además, podrá verificar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad de los suelos y agregados por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

c. Calidad del trabajo terminado

Se aplica lo indicado en la **Subsección 301.A.20(d)**.

La evaluación de los trabajos de "Suelo Estabilizado con Cal" se efectuará de acuerdo a lo indicado en las **Subsección 04.11.**

Medición

301.B.18

Se aplica lo indicado en la **Subsección 301.A.21.**

Pago

301.B.19

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.09**.

Partida de pago	Unidad de pago
301.B.A Suelos Estabilizados con Cal	Metro cúbico (m^3)

SECCION 301.C

SUELO ESTABILIZADO CON PRODUCTOS QUÍMICOS

SECCIÓN 301.C

Suelo estabilizado con productos químicos

Descripción

301.C.01

Consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con productos químicos, de acuerdo con las estas especificaciones técnicas, así como de las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en el Proyecto.

Materiales

301.C.02 Suelos

El suelo por estabilizar con productos químicos, podrán ser material de afirmado o provenir, de la escarificación de la capa superficial existente o ser un suelo natural proveniente de:

- Excavaciones o zonas de préstamo.
- Agregados locales.
- Mezclas de ellos.

Cualquiera que sea el material a emplear, deberá estar libre de materia orgánica u otra sustancia que pueda perjudicar la elaboración y fraguado del concreto. Deberá, además, cumplir los siguientes requisitos generales:

a. Granulometría (Agregados)

La granulometría del material a estabilizar puede corresponder a los siguientes tipos de suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7.

Además el tamaño máximo no podrá ser mayor de 5 cm (2”). o 1/3 del espesor de la capa compactada.

b. Plasticidad

La fracción inferior del tamiz de 425 μm (N.º 40) deberá presentar un Límite Líquido inferior a 40 y un Índice Plástico cuando menos de 6 pero no superior a 12%, determinados según normas de ensayo MTC E 110 y MTC E 111.

c. Composición Química

La proporción de sulfatos del suelo, expresada como $SO_4^=$ no podrá exceder de 0,2% en peso.

d. Abrasión

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) MTC E 207 no mayor a 50%.

e. Solidez

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales y el material se encuentra a una altitud ≥3.000 m.s.n.m, los agregados gruesos no deben presentar pérdidas en sulfato de magnesio superiores al 18% y en materiales finos superiores al 15%.

301.C.03 Productos químicos

Son estabilizadores de diversa índole, resultantes de fabricación industrial de productos químicos u orgánicos, aplicables a capas de afirmado, mejoramiento de suelos u otras, teniendo en consideración la ubicación, clima y tipo de material predominante en las vías a emplearse.

El producto a emplear será acorde al diseño de mezcla, aprobado por el Supervisor y será respaldado por una certificación del fabricante sobre su eficiencia, forma de uso, fechas de elaboración y vencimiento; garantizando que la utilización del producto, no implica riesgos de contaminación ambiental, ni peligro para la salud de seres vivos.

301.C.04 Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a

3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

Equipo

301.C.05

Es aplicable lo indicado en la **Subsección 400.03**.

Requerimientos de construcción

301.C.06 Explotación y elaboración de materiales

Al respecto, se aplica lo descrito en la **Subsección 400.04**.

301.C.07 Diseño de mezcla

Previo al inicio de los trabajos, el Contratista entregará al Supervisor, muestras de los materiales que se propone utilizar y el diseño de mezcla, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de su utilización. Si a juicio del Supervisor los materiales o el diseño de la mezcla resultan objetables, el Contratista deberá efectuar las modificaciones necesarias hasta obtener la aprobación del Supervisor.

Una vez que el Supervisor apruebe el diseño de mezcla, éste sólo podrá ser modificado durante la ejecución de los trabajos si se presenta una variación inevitable en alguno de los componentes que intervienen en ella, la cual nuevamente deberá contar con la aprobación del Supervisor.

301.C.08 Preparación de la superficie existente

En relación con la preparación de la superficie existente, se aplicarán los procedimientos descritos en la **Subsección 301.A.08**.

301.C.09 Transporte de agregados

Cuando la estabilización incluya suelos o agregados de aporte, éstos se transportarán humedecidos y protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurados a la carrocería de manera que se impida derrames o caídas que causen daños o que generen impactos a la atmósfera.

Igual precaución deberá tomarse durante el transporte a la vía de las mezclas elaboradas en planta.

301.C.10 Homogenización del material

Al respecto rige todo lo que resulte aplicable de la **Subsección 301.A.10**.

Durante la realización de este trabajo se tomaran las medidas para que la emisión de polvo no exceda el límite permisible (D.S. N.º 074-2001-PCM) Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.

301.C.11 Aplicación del producto químico

El producto químico se aplicará sobre el agregado en la proporción prevista en el diseño aprobado por el Supervisor, disuelto o no en agua.

La aplicación deberá efectuarse por el procedimiento establecido en el diseño y aprobado por el Supervisor.

Durante la ejecución de los trabajos se evitará que la mezcla no sobrepase el área de trabajo. Los residuos y excedentes se colocarán en los DME, según lo dispuesto en la **Sección 209.**

301.C.12 Mezcla

Después de aplicar el producto químico seleccionado y aprobado, y siempre que su empleo lo exija, se efectuará la mezcla en todo el espesor indicado en los planos u ordenado por el Supervisor, empleando para ello el equipo aprobado. El número de pasadas del equipo será el necesario para obtener una mezcla homogénea, según se defina en un Tramo de Prueba, tal como se indica en la **Subsección 400.05**.

En caso de que se requiera, se añadirá el agua faltante y se continuará la mezcla hasta que la masa resultante presente completa homogeneidad, garantizando la geometría requerida antes de proceder a la compactación.

Durante esta actividad se tendrá cuidado para evitar los derrames de material que pudieran contaminar fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar. El área de trabajo será limpiada y los residuos o excedentes se colocarán en los DME.

En caso la mezcla sin compactar sea afectada por la lluvia, y el Contratista deba retirar la mezcla afectada, esta debe ser trasladada a un DME, según lo dispuesto en la **Sección 209.**

301.C.13 Compactación

La compactación se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Contratista y aprobado por el Supervisor durante la ejecución del Tramo de Prueba, en el que se hayan verificado, además, el tipo, número y estado de los equipos de construcción y los métodos definitivos de preparación del agregado, incorporación del agua y del producto químico y mezcla de todos los componentes.

Los trabajos de compactación deberán terminarse en el lapso que fije el Tramo de Prueba, contado desde el inicio de la mezcla. Si durante ese lapso, no se logran las condiciones de compactación exigidas, el tramo se pondrá en observación.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado, se mezclarán y compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, de manera que la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

En esta actividad se tomarán los cuidados necesarios para evitar derrames de material, que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación. Los residuos generados por esta actividad, deben ser colocados en los DME.

301.C.14 Juntas de trabajo

Al respecto, resulta aplicable lo indicado en la **Subsección 301.A.14**.

301.C.15 Curado

Si el diseño aprobado considera la aplicación de un riego de curado, éste deberá ejecutarse en el momento, dosificación y producto indicado en el Proyecto y aprobado por el Supervisor, en concordancia con lo recomendado por el fabricante.

301.C.16 Apertura al tránsito

El suelo estabilizado con productos químicos, sólo podrá abrirse al tránsito a la culminación del proceso de compactación o curado que establezca el Proyecto o apruebe el Supervisor. La apertura será inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada.

Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Supervisor definirá el momento de apertura definitiva.

301.C.17 Conservación

Al respecto, se aplica lo descrito en la **Subsección 301.A.18**.

301.C.18 Limitaciones en la ejecución

En la ejecución de los trabajos, se observarán todas las precauciones en relación con las condiciones meteorológicas que recomiende el fabricante del producto estabilizante, que garanticen la obtención de un suelo estabilizado durable y que cumpla las exigencias por el diseño aprobado.

Aceptación de los Trabajos

301.C.19

a. Controles

En adición a lo indicado en la **Subsección 400.07(a)**, el Supervisor deberá efectuar ensayos para el control de mezcla y de densidad y resistencia de ella luego de compactada.

El Supervisor vigilará la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en esta **Sección 301.C**.

b. Condiciones y tolerancias para la aceptación

1. Calidad del producto químico

Cuando el Supervisor lo considere necesario, solicitará al Contratista que, a su costo, ordene la ejecución de los ensayos que permitan verificar las propiedades básicas del producto estabilizante.

Por ningún motivo se permitirá el empleo de un producto químico cuya fecha de vencimiento se haya superado o cuya calidad no esté de acuerdo con los requisitos de utilización establecidos por su fabricante.

2. Calidad del agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos,

expresado como $SO_4^=$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3 ppm, determinado según la norma NTP 339.072.

3. Calidad de los suelos

De cada procedencia de los suelos y agregados de aporte empleados en la estabilización y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- La granulometría.
- La plasticidad de la fracción fina.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los materiales que presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, efectuará las verificaciones periódicas que se indican en la **Tabla 301.C-01.**

Cuyos resultados deberán satisfacer las exigencias indicadas en la **Subsección 301.C.02** de esta especificación, bajo pena del rechazo de los materiales defectuosos.

Tabla 301.C-01

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Suelo estabilizado con productos químicos	Granulometría	MTC E 107	750 m³	Pista
	Índice plástico	MTC E 111	750 m³	Pista
	Relación Densidad-Humedad	MTC E 115	500 m³	Pista
	CBR	MTC E 132	500 m³	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	Cada 250 m^2	Pista
	Abrasión	MTC E 207	2.000 m³	Cantera
	Durabilidad (2)	MTC E 209	2.000 m³	Cantera

(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico – mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o características.

(2) Ensayo exigido para capas estructurales en zonas con altitud mayor a 3.000 msnm.

Además, podrá verificar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad de los suelos y agregados por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

c. Calidad de la mezcla

Previo al inicio de la compactación, el suelo con el estabilizante deben cumplir los siguientes requisitos:

- La humedad de mezcla debe ser la óptima de compactación con una tolerancia ± 1,5%.
- En caso que la mezcla sin compactar sea afectada por la lluvia, el Contratista sólo podrá emplear el material previa verificación en laboratorio de la no pérdida de sus propiedades y con aprobación del Supervisor.
- Se deberán ejecutar a modo de verificar la calidad de la mezcla y diseño, ensayos C.B.R. de acuerdo a la frecuencia indicada en la **Tabla 301.C-01.**

d. Calidad del trabajo terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a geometría establecida en el Proyecto.

La distancia entre el eje del Proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Supervisor.

La cota de cualquier punto de la capa compactada no deberá variar en más de 1 cm. de la proyectada.

Además, el Supervisor deberá realizar los siguientes controles:

1. Compactación

Se aplicarán los criterios indicados en la **Subsección 301.A.20 (d)(1)**, a excepción del grado de compactación que debe ser como mínimo el 100% de la máxima densidad obtenida con el ensayo Próctor Modificado, con la frecuencia de controles que se dan en la **Tabla 301.C-01.**

2. Espesor

Se aplicará todo lo descrito en la **Subsección 301.A.20(d) (2)**.

3. Uniformidad de la Superficie

Resulta aplicable lo exigido en la **Subsección 301.A.20(d) (3)**.

Todas las áreas de suelo estabilizado con productos químicos donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las instrucciones y aprobación del Supervisor.

La evaluación de los trabajos, se efectuará de acuerdo a lo indicado en las **Subsección 04.11.**

4. Rugosidad

Medida en unidades IRI, la rugosidad no podrá ser superior a 6 m/km, salvo que la especificación particular establezca un límite diferente, cuando se estabiliza a nivel de superficie de rodadura.

Medición

301.C.20

Se aplica lo indicado en la **Subsección 301.A.21**.

Pago

301.C.21

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.09**.

Partida de pago	Unidad de pago
301.C.A Suelos estabilizados con productos químicos	Metro cúbico (m^3)

SECCION 301.D

SUELOS ESTABILIZADOS CON SALES

SECCIÓN 301.D

Suelos estabilizados con sales

Generalidades

Consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con sales, entre los cuales se encuentran el Cloruro de Sodio, Cloruro de Calcio y Cloruro de Magnesio, de acuerdo con las estas especificaciones técnicas, así como de las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en el Proyecto.

Este tipo de estabilizaciones son recomendables en carreteras donde existan bajas precipitaciones pluviales (hasta 150 mm/año) y altitudes hasta 500 m.s.n.m.

Suelos estabilizados con Cloruro de Sodio

Descripción

301.D.01

En esta especificación se establecen los requisitos particulares para la construcción de una o más capas compuestas de suelos mezclados con cloruro de sodio y agua, según se establece en esta especificación y del Proyecto.

La sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de NaCl y un 2% de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante.

El Proyecto debe indicar los sitios de la vía en los cuales se construirá el suelo–sal; debe establecer el pre diseño indicando las proporciones de la(s) mezcla(s) que se vayan a usar en cada sitio; y debe determinar el espesor correspondiente en cada caso.

Las consideraciones ambientales están referidas a la protección del medio ambiente durante la construcción de una o más capas de material granular compuestas de suelo mezclado con sal.

Materiales

301.D.02 Suelo

Los suelos que se usen para la construcción del suelo–cloruro de sodio pueden provenir, en todo o en parte, de préstamos seleccionados. Los sitios de préstamo estarán considerados en el Proyecto.

El Proyecto señalará y establecerá en los respectivos planos de construcción del suelo–cloruro de sodio la procedencia del suelo a estabilizar, pudiendo ser de cantera o los que se encuentran en la superficie de la vía, bien sea en el corte o en la capa superior del terraplén.

Los suelos que se usen para la construcción de suelo-sal deben estar limpios y no deben tener más del 3% de su peso de materia orgánica.

El índice de plasticidad del suelo debe ser mayor a 8%, pero para la fracción de suelos que pasa la malla N.º 200, el requerimiento mínimo es de 12%. No obstante, para mayores índices de plasticidad del suelo, se permite aceptar para la fracción de suelos que pasa la malla N.º 200, menores valores de IP hasta un límite no menor al 9%.

El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de suelo-sal y en ningún caso mayor a 2”. El espesor de la capa de suelo estabilizado con cloruro de sodio será como mínimo de 15 cm o lo especificado en el Proyecto.

La tolerancia de gradación y plasticidad de los suelos que se usen para la construcción de suelo-cloruro de sodio están sujetos a la aprobación previa por escrito del Supervisor, de acuerdo a lo especificado en el Proyecto.

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) no mayor de 50%.

301.D.03 Cloruro de sodio

El Cloruro de sodio es una sal, que se produce mediante tres métodos, el más antiguo consiste en el empleo del calor solar para producir la evaporación del agua salada, con lo que se obtienen los residuos de sal. Otro método consiste en la extracción directa de las minas de sal y tercer método consiste en la evaporación del agua de mar mediante el empleo de hornos.

El cloruro de sodio se presenta en forma de cristales, fácilmente solubles en agua, los cuales son higroscópicos y se les consigue en el mercado constituyendo cristales grandes o polvo fino y con diferentes grados de pureza.

Las características típicas del cloruro de sodio, son las descritas en la **Tabla 301.D-01.**

Tabla 301.D-01

Características del Cloruro de Sodio

Características	Límites
Cloruro de sodio, %	98,00–99,70
Humedad, %	2,00–3,60
Material insoluble, %	0,007–0,175
Ion calcio, %	0,035–0,910
Ion magnesio, %	0,002–0,074
Ion sulfato, %	0,125-0,355
Tamiz 4,75 mm (N.º 4)	20–55%
Tamiz 1,18 mm (N.º 16)	50–70%
% Pasa tamiz 1,18 mm (N.º 16)	13% máx.

Normalmente la cantidad de sal está comprendida entre 0,5 y 0,8 kN/m^3 (50 y 80 kg/m^3) de suelo a estabilizar. No obstante, la cantidad adecuada de sal depende de los resultados que se obtengan del tramo de prueba.

301.D.04 Agua

El agua que se use para la construcción de bases de suelo–sal debe estar limpia, no debe contener materia orgánica y estar libre de aceites, ácidos y álcalis perjudiciales.

Se podrá incorporar al agua, Cloruro de sodio, produciendo salmuera o también podrá aplicarse el agua de mar, mediante riego de salmueras, verificando que la cantidad de agua regada contenga la dosis adecuada de sal.

El valor de pH, medido de acuerdo con la norma NTP 339.073 deberá encontrarse entre 5,0 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, determinado según la norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 1.000 ppm.

301.D.05 Mezcla

Previo a la ejecución de la estabilización se deben efectuar los siguientes controles:

- Granulometría del suelo a estabilizar por Límite de Atterberg.
- Densidad máxima compactada por Humedad de compactación.
- pH del suelo y/o mezcla.
- pH del cloruro de sodio (debe cumplir especificado por el fabricante).
- Contenido de materia orgánica del suelo.
- Dosificación del cloruro de sodio a emplear.

Los ensayos para determinar el porcentaje de sal y los demás requisitos que debe satisfacer la mezcla de suelo-sal deben ser ejecutados con los materiales que se vayan a usar, incluyendo el agua de mezclado.

Cuando la mezcla de suelo-sal se use para la construcción de capas estructurales debe tener los valores C.B.R. en conformidad a lo exigido en la **Subsección 301.02**.

Finalmente, se deberá mostrar una Fórmula de Trabajo en el que se indique las cantidades y tipo de sal, el volumen de agua y los procesos que se deben seguir para obtener los requerimientos estructurales solicitados.

Equipo

301.D.06

Es aplicable lo indicado en la **Subsección 400.03**. El equipo será el requerido para ejecutar las siguientes actividades:

- Escarificación de suelo propio y/o transporte de suelo de préstamo.
- Disgregación de suelo propio y/o extensión de suelo de préstamo.
- Adición de sal.
- Adición del agua.
- Mezclado.
- Extendido, compactado y acabado de la superficie de la capa.
- Curado.
- Control de calidad.

Requerimientos de construcción

301.D.07

El Supervisor debe autorizar, por escrito, el inicio de los trabajos de construcción del suelo–sal, luego de constatar que han sido satisfechos los requisitos previos establecidos en esta especificación, y lo establecido en el contrato de la obra.

Cuando se vaya a construir una capa de suelo–sal sobre la superficie de una vía que haya estado en servicio y que presente irregularidades en toda o en parte de su longitud, se debe proceder, previamente, al acondicionamiento de las zonas irregulares de dicha superficie.

Además se deberá tener en consideración los aspectos de drenaje de la vía, tales como el bombeo de la calzada el cual deberá estar comprendido entre 2,5 y 4%, con la finalidad de facilitar el escurrimiento del agua hacia las obras de drenaje establecidas en el Proyecto o cursos naturales de agua.

301.D.08 Preparación de la mezcla

Es el conjunto de operaciones de mezclado, sobre la plataforma de la vía, del suelo con cloruro de sodio y con agua, utilizando el equipo adecuado, que permite obtener la mezcla de suelo-cloruro de sodio que satisfaga los requisitos establecidos.

Para la ejecución de la mezcla sobre la vía los trabajos se deben iniciar en la forma siguiente:

- En las partes de la vía donde el Proyecto indique el uso del suelo existente en la vía, se debe escarificar uniformemente la superficie de la vía hasta la profundidad necesaria para obtener el volumen de suelo que requiere la mezcla.
- Si el Proyecto indica el uso de suelo de préstamo, en todo o en parte, dicho suelo de préstamo, se debe apilar sobre la superficie de la vía en montones separados entre sí a distancia conveniente, o en forma de camellón, o debe ser extendido mediante el uso de maquinas estabilizadoras, en la cantidad necesaria para obtener el volumen de suelo que requiere la mezcla.
- En caso de que sea necesario, se procede al mezclado y al humedecimiento del suelo. El mezclado se debe ejecutar utilizando el equipo requerido, como los arados de rastras o de discos, o con motoniveladora, procurando que el suelo no sea trasladado longitudinalmente por el Equipo.
- Deberá conformarse de acuerdo con las secciones transversal y longitudinal del Proyecto.
- El cloruro de sodio se debe aplicar (agregar) utilizando un distribuidor mecánico o automático que garantice una distribución uniforme sobre la superficie de la vía. El método que se emplee para agregar el cloruro de sodio está sujeto a la aprobación previa de la Supervisión.
- Inmediatamente después de agregar el cloruro de sodio se procede a mezclarla con el suelo, mediante el uso de arados de rastras o de discos, o motoniveladora.
- La aplicación del agua de requerirse se debe hacer mediante la barra de riego del camión tanque, o con el empleo de cualquier otro método que garantice un riego uniforme. Debe evitarse la concentración de agua en la superficie del material que se está mezclando.
- El proceso de mezclado debe continuar hasta que se obtenga una mezcla homogénea.
- Se tendrá cuidado de no contaminar con la mezcla las fuentes de agua, suelo, etc. cercano al área de trabajo.

301.D.09 Requisitos de campo de la mezcla de suelo–sal

La mezcla de suelo–sal debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos:

- La humedad de la mezcla debe ser la óptima de compactación con una tolerancia de ±1,5%.
- El contenido de sal de la mezcla no debe variar en más de ± 0.5%, establecida en el Proyecto.
- En caso que la mezcla sin compactar sea afectada por la lluvia, el Contratista sólo podrá emplear el material previa verificación en laboratorio de la no pérdida de sus propiedades y con del Supervisor.
- Se deberán ejecutar a modo de verificar la calidad de la mezcla y diseño, ensayos C.B.R., de acuerdo a la frecuencia indicada en la **Tabla 301.D-02.**

Tabla 301.D-02

Ensayos y frecuencias

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo MTC	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Suelo estabilizado con Cloruro de Sodio	Granulometría	MTC E 107	750 m³	Pista
	Índice plástico	MTC E 111	750 m³	Pista
	Relación densidad-humedad	MTC E 115	500 m³	Pista
	CBR	MTC E 132	500 m³	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	Cada 250 m²	Pista
	Abrasión	MTC E 207	2.000 m³	Cantera

(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico – mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o características.

301.D.10 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el equipo propuesto por el Contratista y aprobado por el Supervisor durante la ejecución del tramo de prueba.

El proceso de compactación deberá ser tal, que evite la formación de costras.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de 2 horas desde el inicio de la mezcla. Si durante dicho plazo no se logran las condiciones de compactación exigidas más adelante (compactación) de esta especificación, el tramo se pondrá en observación. El grado de compactación no debe ser menor a 100% de la máxima densidad obtenida por el ensayo MTC E 115.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de prueba, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, aprobados por el Supervisor, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

Si el Proyecto lo señala, al terminar la compactación final de la capa suelo – cloruro de sodio, se realizará un riego superficial, manteniendo la dosificación establecida (solución: cloruro de sodio y agua).

En esta actividad se tomarán los cuidados necesarios para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación. Los residuos generados por esta y las dos actividades mencionadas anteriormente, deben ser colocados en los DME, según se indica en la **Sección 209.**

Concluido el proceso de compactación, se inicia un proceso natural de curado que por lo general dura de 7 a 15 días, formándose una capa compacta que mantiene las partículas gruesas cohesionadas e impermeables, dando origen a una carpeta de rodado estable, sin deformaciones superficiales, barro o polvo en suspensión.

301.D.11 Juntas de trabajo

Al final del trabajo diario y/o cuando haya transcurrido más de 1 hora desde el momento en que se haya ejecutado la compactación final de la capa estabilizada, con la finalidad de proteger la capa construida, de la nueva capa que se vaya a conformar sucesivamente, se construirán juntas transversales (perpendicular al eje), haciendo un corte vertical en la capa construida situada aproximadamente a 7 cm de su borde. La superficie de contacto de la junta se debe humedecer antes de proseguir con la colocación de la nueva mezcla.

Bajo las mismas consideraciones, si el suelo estabilizado no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, deberán disponerse también, mediante un procedimiento aprobado por el Supervisor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

301.D.12 Tramo de prueba

Los factores fundamentales en el proceso de estabilización dependen de:

- Cantidad adecuada de cloruro de sodio.
- Cantidad de agua de mezclado.
- Densidad del suelo.
- Espesor de la capa a estabilizar.

En tal sentido, el Contratista debe efectuar tramo(s) de prueba, a fin de precisar las características y condiciones de la mezcla de trabajo, esta es la mejor forma de evaluar la combinación potencial del suelo - cloruro de calcio.

Complementariamente, se aplica lo indicado en la **Subsección 400.05**.

301.D.13 Apertura al tránsito

El suelo estabilizado con sal sólo podrá abrirse al tránsito después de haber transcurrido por lo menos 3 horas de concluido el proceso de compactación de la capa materia de estabilización.

Luego de aperturado el tránsito se observará el comportamiento de la capa estabilizada y si este es adecuado, el Supervisor autorizará la apertura definitiva de la capa compactada.

301.D.14 Conservación

El Contratista deberá conservar el suelo estabilizado en perfectas condiciones, hasta la recepción de obra o hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del Proyecto. Todo daño que se presente, deberá corregirlo, a su costo, y deberá contar con la aprobación del Supervisor.

301.D.15 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cloruro de sodio no se podrán llevar a cabo, entre otros:

- Cuando la temperatura ambiental, sea menor o igual a 6°C.
- Durante precipitaciones pluviales.
- Cuando el medio ambiente tenga una humedad relativa mayor 30%.
- Cuando el nivel freático se encuentre a distancias que no faciliten la migración del cloruro de sodio.
- Cuando los minerales contenidos en el pasante de la malla N.° 200 reaccionen desfavorablemente con el cloruro de sodio.

En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua de lluvia y como resultado de ello la humedad de la mezcla supere la tolerancia mencionada en la **Subsección 301.D.09** (primer ítem) de esta especificación, el Contratista deberá, a su costo, retirar la mezcla afectada a un DME, según se indica en la **Sección 209** y reconstruir el sector deteriorado previa aprobación del Supervisor.

Aceptación de los trabajos

301.D.16

La aprobación de los trabajos por el Supervisor estará sujeto a lo siguiente:

a. Controles

- Similares a los especificados en la **Subsección 400.07(a)**.
- Además deberá efectuar ensayos de control de mezcla-densidad.
- El Supervisor vigilará la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en esta **Sección 301.D.**

b. Calidad de los materiales

1. Calidad del Cloruro de Sodio

Cada vez que lo considere necesario, el Supervisor efectuará los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cloruro de sodio indicadas en la **Subsección 301.D.03**, debiendo ser, por lo menos a la llegada a obra de un lote y después, cada 50 bolsas o 2000 kg. de un apilamiento.

2. Calidad del agua

El Supervisor si considera necesario verificará el pH y el contenido de sulfatos del agua empleada.

3. Calidad de los suelos

De cada procedencia de los suelos de aporte empleados en la estabilización y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- Granulometría del suelo.
- Límite de Atterberg.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los suelos que presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, efectuará las verificaciones periódicas que se indican en la **Tabla 301.D-02.**

Además, verificará las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad de los suelos por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

c. Calidad del trabajo terminado

Se aplica lo indicado en la **Subsección 301.A.20(d)**; a excepción del grado de compactación que debe ser como mínimo del 100%.

La evaluación de los trabajos de suelo estabilizado con sal se efectuará de acuerdo a lo indicado en las **Subsección 04.11.**

d. Rugosidad

Medida en unidades IRI, la rugosidad no podrá ser superior a 6 m/km, salvo que la especificación particular establezca un límite diferente, cuando se estabiliza a nivel de superficie de rodadura.

Medición

301.D.17

La unidad de medida será el m^3, de material o mezcla suministrada, colocada y compactada, que cuenten con la aprobación del Supervisor. El volumen se determinará por el sistema de áreas extremas, utilizando las secciones transversales y de longitud real, medida a lo largo del eje del Proyecto. No se medirán cantidades en exceso de las especificadas.

Pago

301.D.18

El pago se hará por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo esta especificación y cuente con la aprobación del Supervisor. Aplica lo especificado en **Subsección 400.09**.

Se incluye en el precio de la partida el costo del producto estabilizante (Sal-cloruro de sodio).

Partida de pago	Unidad de pago
301.D.A Suelo estabilizado con cloruro de sodio	Metro cúbico (m^3)

Suelos estabilizados con Cloruro de Calcio

Descripción

301.D.19

En esta especificación se establecen los requisitos para la construcción de una o más capas compuestas de suelos mezclado(s) con cloruro de calcio y agua, según se establece en esta especificación y en el expediente técnico del Proyecto.

El cloruro de calcio utilizado para la estabilización de la vía, proviene de la reacción del cloro con el hidrógeno, dando como resultado un acido clorhídrico de mayor pureza y por ende el cloruro de calcio es la reacción química del acido con la caliza (carbonato de calcio); cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el calcio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante.

El Proyecto debe indicar los sitios de la vía en los cuales se construirá el suelo-cloruro de calcio; debe establecerse el pre diseño indicando las proporciones de la(s) mezcla(s) que se vayan a usar en cada sitio; y debe determinar el espesor correspondiente en cada caso.

Las consideraciones ambientales están referidas a la protección del medio ambiente durante la construcción de una o más capas de material granular compuestas de suelo mezclado con cloruro de calcio.

Materiales

301.D.20 Suelos

Los suelos que se usen para la construcción del suelo-cloruro de calcio pueden ser del propio camino o provenir, en todo o en parte, de préstamos seleccionados. Los sitios de préstamo estarán considerados en el Proyecto.

El Proyecto señalará y establecerá en los respectivos planos de construcción del suelo-cloruro de calcio la procedencia del suelo a estabilizar, pudiendo ser de cantera o los que se encuentran en la superficie de la vía, bien sea en el corte o en la capa superior del terraplén.

Los suelos deben tener la gradación de la **Tabla 301.D-03.**

Tabla 301.D-03

Gradación de los suelos tratados con Cloruro de Calcio

Tamiz	Porcentaje que pasa
25.400 mm (1")	100
19.050 mm (3-/4")	70-100
9.525 mm (3/8")	50-100
4.750 mm (N.º 4)	40-55
2.000 mm (N.º 10)	35-70
0,425 mm (N.º 40)	20-45
75 µm (N.º 200)	10-30

Los suelos que se usen para la construcción de suelo-cloruro de calcio deben estar limpios y no deben tener más del 3% de su peso de materia orgánica.

El índice de plasticidad del suelo no debe ser mayor de 15%. El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de suelo-cloruro de calcio y en ningún caso mayor a 2". El espesor de capa de suelo estabilizado con cloruro de calcio será como mínimo de 15 cm o lo especificado en el Proyecto.

La tolerancia de gradación y plasticidad de los suelos que se usen para la construcción de suelo-cloruro de calcio están sujetos a la aprobación, previa por escrito del Supervisor, de acuerdo a lo especificado en el Proyecto.

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) no mayor al 50%.

El suelo a estabilizar debe tener un pH mínimo de 5, para asegurar la reacción iónica que garantice, la efectividad del cloruro de calcio. Para valores menores al indicado se verificara que el pH de la mezcla sea básico.

301.D.21 Cloruro de Calcio

El cloruro de calcio se produce por la reacción entre la caliza (carbonato de calcio) y ácido clorhídrico. Es higroscópico, delicuescente y no inflamable.

El cloruro de calcio que se usa para construcción de carreteras, debe satisfacer los requerimientos establecidos en las especificaciones ASTM D 98.

El contenido de cloruro de calcio en la mezcla, generalmente varía entre 1% a 3% en peso del suelo seco a estabilizar. No obstante, la cantidad adecuada de cloruro de calcio se definirá en función a las características propias de los materiales y a los ensayos de CBR, realizado mediante la norma ASTM D 1883 y en función a los resultados que se obtengan del tramo de prueba.

301.D.22 Agua

El agua que se use para la construcción de bases de suelo–sal debe estar limpia, no debe contener materia orgánica y estar libre de aceites, ácidos y álcalis perjudiciales.

Se podrá incorporar al agua, Cloruro de calcio, produciendo salmuera o también podrá aplicarse el agua de mar, mediante riego de salmueras, verificando que la cantidad de agua regada contenga la dosis adecuada de sal.

El valor de pH, medido de acuerdo con la norma NTP 339.073 deberá encontrarse entre 5,0 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, determinado según la norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 1.000 ppm.

301.D.23 Mezcla

Previo a la ejecución de la estabilización se deben efectuar los siguientes controles:

- Granulometría del suelo a estabilizar y Límites de Atterberg.
- Densidad máxima compactada y Humedad de compactación.
- pH del suelo y/o de la mezcla.
- pH del cloruro de calcio (debe cumplir lo especificado por el fabricante).
- Contenido de materia orgánica del suelo.
- Dosificación del cloruro de calcio a emplear.

Los ensayos para determinar el porcentaje de cloruro de calcio (mediante ensayos de relación densidad-humedad y CBR) y los demás requisitos que debe satisfacer la mezcla de suelo-cloruro de calcio deben ser ejecutadas con los materiales que se vayan a usar, incluyendo el agua de mezclado.

Cuando la mezcla de suelo-cloruro de calcio se use para la construcción de capas estructurales debe tener los valores CBR del 40% como mínimo, referidos al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 2,5 mm.

Finalmente, se deberá mostrar una formula de trabajo en el que se indique las cantidades y tipo de cloruro de calcio, el volumen de agua y los procesos que se deben seguir para obtener los requerimientos estructurales solicitados.

Equipo

301.D.24

Es aplicable lo indicado en la **Subsección 400.03**. El equipo será el requerido para ejecutar las siguientes actividades:

- Escarificación de suelo propio y/o transporte de suelo de préstamo.
- Disgregación de suelo propio y/o extensión de suelo de préstamo.
- Adición de cloruro de calcio.
- Adición del agua.
- Mezclado.
- Extendido, compactado y acabado de la superficie de la capa.
- Curado.
- Control de calidad.

Requerimientos de Construcción

301.D.25

El Supervisor debe autorizar, por escrito, el inicio de los trabajos de construcción del suelo-cloruro de calcio, luego de constatar que han sido

satisfechos los requisitos previos establecidos en esta especificación, y lo establecido en el contrato de la obra.

Cuando se vaya a construir una capa de suelo-cloruro de calcio sobre la superficie de una vía que haya estado en servicio y que presente irregularidades en toda o en parte de su longitud, se debe proceder, previamente, al acondicionamiento de las zonas irregulares de dicha superficie.

Además se deberá tener en consideración los aspectos de drenaje de la vía, tales como el bombeo de la calzada el cual deberá estar comprendido entre 2,5 y 4%, con la finalidad de facilitar el escurrimiento del agua hacia las obras de drenaje establecidas en el Proyecto o cursos naturales de agua.

301.D.26 Preparación de la mezcla

Es el conjunto de operaciones de mezclado, sobre la plataforma de la vía, del suelo con cloruro de calcio y con el agua, utilizando el equipo adecuado, que permite obtener la mezcla de suelo-cloruro de calcio que satisfaga los requisitos establecidos.

Para la ejecución de la mezcla sobre la vía los trabajos se deben iniciar en la forma siguiente:

- En las partes de la vía donde el Proyecto indique el uso del suelo existente en la vía, se debe escarificar uniformemente la superficie de la vía hasta la profundidad necesaria para obtener el volumen de suelo que requiere la mezcla.
- Si el Proyecto indica el uso de suelo de préstamo, en todo o en parte, dicho suelo de préstamo, se debe apilar sobre la superficie de la vía en montones separados entre sí a distancia conveniente, o en forma de camellón, o debe ser extendido mediante el uso de maquinas estabilizadoras, en la cantidad necesaria para obtener el volumen de suelo que requiera la mezcla.
- En caso de que sea necesario, se procederá a disgregar con la máquina adecuada en el ancho y espesor suficiente de tal forma que no contengan grumos y que permitan obtener la sección compactada indicada en el Proyecto o aprobadas por el Supervisor.
- En caso de que sea necesario, se procede al mezclado y al humedecimiento del suelo. El mezclado se debe ejecutar utilizando el equipo requerido, como los arados de rastras o de discos, o con

motoniveladora, procurando que el suelo no sea trasladado longitudinalmente por el equipo.

- Deberá conformarse de acuerdo con las secciones transversal y longitudinal de Proyecto.
- El cloruro de calcio se debe aplicar (agregar) utilizando un distribuidor mecánico o automático que garantice una distribución uniforme sobre la superficie de la vía. El método que se emplee para agregar el cloruro de calcio está sujeto a la aprobación previa de la Supervisión.
- Inmediatamente después de agregar el cloruro de calcio se procede a mezclarla con el suelo, mediante el uso de arados de rastras o de discos, o motoniveladora.
- La aplicación del agua de requerirse, se debe hacer mediante la barra de riego del camión tanque, o con el empleo de cualquier otro método que garantice un riego uniforme. Debe evitarse la concentración de agua en la superficie del material que se está mezclando.
- El proceso de mezclado debe continuar hasta que se obtenga una mezcla homogénea.
- Se tendrá cuidado de no contaminar con la mezcla las fuentes de agua, suelo, etc. cercano al área de trabajo.

301.D.27 Requisitos de campo de la mezcla de suelo-cloruro de calcio

La mezcla suelo-cloruro de calcio debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos:

- La humedad de la mezcla debe ser la humedad óptima de compactación con una tolerancia de ±1,5%.
- El contenido de cloruro de calcio de la mezcla no debe variar en más de ±0.5%, establecida en el Proyecto.
- En caso que la mezcla sin compactar sea afectada por la lluvia, el Contratista sólo podrá emplear el material previa verificación en laboratorio de la no pérdida de sus propiedades y con aprobación del Supervisor. En caso contrario debe retirar la mezcla a un DME, según se indica en la **Sección 209.**
- Se deberán ejecutar a modo de verificar el diseño del Proyecto, ensayos CBR, de acuerdo a la frecuencia indicada en la **Tabla 301.D-04.**

Tabla 301.D-04

Ensayos y frecuencias

Material o producto	Propiedad y características	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Suelo estabilizado cloruro de calcio	Granulometría	MTC E 107	750 m^3	Pista
	Índice plástico	MTC E 111	750 m^3	Pista
	Relación Humedad Densidad	MTC E 1102	750 m^3	Pista
	CBR	MTC E 132	750 m^3	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	Cada 250 m^2	Pista
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	2.000 m^3	Pista
	PH	NTP 339.176 2002	2.000 m^3	Pista
Cloruro de calcio	Densidad de concentración de cloruro de calcio P.H. color aspecto	ASTM E 448	10 kN o 230 m^3	Acopio

(1) O antes, si por su génesis existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico - mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica

301.D.28 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el equipo propuesto por el Contratista y aprobado por el Supervisor durante la ejecución del tramo de prueba.

El proceso de compactación deberá ser tal, que evite la formación de costras.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de 2 horas desde el inicio de la mezcla. Si durante dicho plazo no se logran las condiciones de compactación exigidas más adelante (compactación) de esta especificación, el tramo se pondrá en observación. El grado de compactación no debe ser menor a 100% de la máxima densidad obtenida por el ensayo MTC E 115.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobados durante la fase de prueba, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, los que serán aprobados por el Supervisor, de

manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

Si el Proyecto lo señala, al terminar la compactación final de la capa suelo - cloruro de calcio, se realizará un riego superficial, manteniendo la dosificación establecida (solución: cloruro de calcio y agua).

En esta actividad se tomarán los cuidados necesarios para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación. Los residuos generados por esta y las dos actividades mencionadas anteriormente, deben ser colocados en los DME, según se indica en la **Sección 209**.

Concluido el proceso de compactación, se inicia un proceso natural de curado que por lo general dura de 7 a 15 días, formándose una capa compacta que mantiene las partículas gruesas cohesionadas e impermeables, dando origen a una carpeta de rodado estable, sin deformaciones superficiales, barro o polvo en suspensión.

301.D.29 Juntas de trabajo

Al final del trabajo de cada día y/o cuando haya transcurrido más de una hora desde el momento en que se haya ejecutado la compactación final de la capa estabilizada, con la finalidad de proteger la capa construida, de la nueva capa que se vaya a conformar sucesivamente, se construirán juntas transversales (perpendicular al eje), haciendo un corte vertical en la capa construida situada aproximadamente a 7 cm de su borde.

La superficie de contacto de la junta se debe humedecer antes de proseguir con la colocación de la nueva mezcla.

Bajo las mismas consideraciones, si el suelo estabilizado no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, deberán disponerse también, mediante un procedimiento aprobado por el Supervisor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

301.D.30 Tramo de prueba

Los factores fundamentales en el proceso de estabilización dependen de:

- Cantidad de Cloruro de calcio.
- Cantidad de Agua de mezclado.
- Densidad del suelo.

- Espesor de la capa a estabilizar.

En tal sentido, el Contratista debe efectuar tramo(s) de prueba, a fin de precisar las características y condiciones de la mezcla de trabajo, esta es la mejor forma de evaluar la combinación potencial del suelo - cloruro de calcio.

Complementariamente, se aplica lo indicado en la **Subsección 400.05**.

301.D.31 Apertura al tránsito

El suelo estabilizado con cloruro de calcio sólo podrá abrirse al tránsito después de haber transcurrido por lo menos 3 horas de concluido el proceso de compactación de la capa materia de estabilización.

Luego de aperturado el tránsito se observará el comportamiento de la capa estabilizada y si este es adecuado, el Supervisor autorizará la apertura definitiva de la capa compactada.

301.D.32 Conservación

El Contratista deberá conservar el suelo estabilizado en perfectas condiciones funcionales y estructurales, hasta la recepción de la obra o hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del Proyecto. Todo daño que se presente, deberá corregirlo, a su costo, y debe contar con la aprobación de la Supervisión.

301.D.33 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cloruro de calcio no se podrán llevar a cabo, entre otros:

- Cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea menor o igual a 6°C.
- Durante precipitaciones pluviales.
- Cuando el medio ambiente tenga una humedad relativa mayor de 30%.
- Cuando el nivel freático se encuentre a distancias que no faciliten la migración del cloruro de calcio.
- Cuando los minerales contenidos en el pasante de la malla N.° 200 reaccionen desfavorablemente con el cloruro de calcio.

En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua de lluvia y como resultado de ello la humedad de la mezcla supere la tolerancia

mencionada en la **Subsección 301.D.27(a)**, el Contratista deberá, a su costo, retirar la mezcla afectada a un DME, según se indica en la **Sección 209** y reconstruir el sector deteriorado previa aprobación del Supervisor.

Aceptación de los trabajos

301.D.34

La aprobación de los trabajos por el Supervisor estará sujeto a lo siguiente:

a. Controles

- Similares a los especificados en la **Subsección 400.07(a)**.
- Adicionalmente deberá efectuar ensayos de control de densidad-humedad.
- Asimismo vigilará la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en esta sección.

b. Calidad de los Materiales

1. Calidad del Cloruro de Calcio

Cada vez que lo considere necesario, el Supervisor efectuará los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cloruro de calcio indicadas en la **Subsección 301.D.21**, debiendo ser, por lo menos a la llegada a obra de un lote y después, cada 50 bolsas o 2000 kg. de un apilamiento.

2. Calidad del agua

El Supervisor siempre que lo considere necesario verificará el pH y el contenido de sulfatos del agua empleada.

3. Calidad de los suelos

De cada procedencia de los suelos de aporte empleados en la estabilización y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- Granulometría del suelo.
- Limites de Atterberg.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los suelos que presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo

especificado. Además, efectuará las verificaciones periódicas que se indican en la **Tabla 301.D-04**

Además, podrá verificar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad de los suelos y agregados por estabilizar, de acuerdo con las exigencias de la presente especificación.

c. Calidad del trabajo terminado

Se aplica lo indicado en la **Subsección 301.A.20(d)** a excepción del grado de compactación que debe ser como mínimo el 100%.

La evaluación de los trabajos de suelo estabilizado con cloruro de calcio se efectuará de acuerdo a lo indicado en las **Subsección 04.11** y el cálculo estadístico según la **Subsección 04.06** que conduce a determinar la aceptabilidad o el rechazo del trabajo.

d. Rugosidad

Medida en unidades IRI, la rugosidad no podrá ser superior a 6 m/km, salvo que la especificación particular establezca un límite diferente, cuando se estabiliza a nivel de superficie de rodadura.

Medición

301.D.35

La unidad de medida será el m^3 de material o mezcla suministrada, colocada y compactada en el espesor previsto y aprobada por el Supervisor. El volumen se determinará por el sistema de áreas extremas, utilizando las secciones transversales y de longitud real, medida a lo largo del eje del Proyecto. No se medirán cantidades en exceso de las especificadas.

Pago

301.D.36

El pago se hará por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo esta especificación y cuente con la aprobación del Supervisor.

Se aplica lo especificado en la **Subsección 400.09.**

Se incluye el precio de cloruro de calcio en la aplicación y curado en esta partida.

Partida de pago	Unidad de pago
301.D.B Suelo estabilizado con cloruro de calcio	Metro cúbico (m^3)

Suelos estabilizados con Cloruro de Magnesio

Descripción

301.D.37

En esta especificación se establecen los requisitos particulares para la construcción de una o más capas compuestas de suelos mezclados con cloruro de magnesio y agua, según se establece en esta especificación y en el expediente técnico del Proyecto.

El cloruro de magnesio, es un compuesto, cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva, a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido, al intercambio iónico entre el magnesio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante.

El Proyecto debe indicar los sitios de la vía en los cuales se construirá el suelo-cloruro, de magnesio; debe establecerse el pre diseño indicando las proporciones de la(s) mezcla(s) que se vayan a usar en cada sitio; y debe determinar el espesor correspondiente en cada caso.

Las consideraciones ambientales están referidas a la protección del medio ambiente durante la construcción de una o más capas de material granular compuestas de suelo mezclado con cloruro de magnesio.

Materiales

301.D.38 Suelos

Los suelos que se usen para la construcción del suelo-cloruro de magnesio pueden ser del propio camino o provenir, en todo o en parte, de préstamos seleccionados. Los sitios de préstamo estarán considerados en el Proyecto.

El Proyecto señalará y establecerá en los respectivos planos de construcción del suelo - cloruro de magnesio la procedencia del suelo a estabilizar, pudiendo ser de cantera o los que se encuentran en la superficie de la vía, bien sea en el corte o en la capa superior del terraplén.

Los suelos que se usen para la construcción de suelo-cloruro de magnesio deben estar limpios y no deben tener más del 3% de su peso de materia orgánica.

La gradación será definida en las especificaciones técnicas del Proyecto.

El índice de plasticidad del suelo no debe ser mayor de 15. El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de suelo-cloruro de magnesio y en ningún caso mayor a 2". El espesor de cada capa de suelo estabilizado será como mínimo 15 cm o lo especificado en el Proyecto.

La tolerancia de gradación y plasticidad de los suelos que se usen para la construcción de suelo - cloruro de magnesio están sujetos a la aprobación previa por escrito del Supervisor, de acuerdo a lo especificado en el Proyecto.

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) no mayor a 50%.

El suelo a estabilizar debe tener un pH mínimo de 5, para asegurar la reacción iónica que garantice la efectividad del cloruro de magnesio. Para valores menores al indicado se verificara que el pH de la mezcla sea básico.

301.D.39 Cloruro de Magnesio

El cloruro de magnesio es una sal, cuya composición química es $MgCl_2.6H_20$, incoloro, soluble en agua, muy delicuescente al aire húmedo. Para la construcción suelo-cloruro de magnesio este puede utilizarse como sal o salmuera y debe satisfacer los requerimientos establecidos en Proyecto.

El contenido de cloruro de magnesio en la mezcla, generalmente varía entre 50 y 80 kg/m^3 de suelo seco a estabilizar. No obstante, la cantidad adecuada de cloruro de magnesio se definirá en función a las características propias de los materiales y a los ensayos de CBR ejecutados mediante la norma ASTM D 1883 y en función a los resultados que se obtengan del tramo de prueba.

301.D.39.A Agua

El agua que se use para la construcción de bases de suelo–sal debe estar limpia, no debe contener materia orgánica y estar libre de aceites, ácidos y álcalis perjudiciales.

Se podrá incorporar al agua, Cloruro de Magnesio, produciendo salmuera o también podrá aplicarse el agua de mar, mediante riego de salmueras, verificando que la cantidad de agua regada contenga la dosis adecuada de sal.

El valor de pH, medido de acuerdo con la norma NTP 339.073 deberá encontrarse entre 5,0 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, determinado según la norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 1.000 ppm.

Equipo

301.D.40

Es aplicable lo indicado en la **Subsección 400.03**. El equipo será el requerido para ejecutar las siguientes actividades:

- Escarificación de suelo propio y/o transporte de suelo de préstamo.
- Disgregación de suelo propio y/o extensión de suelo de préstamo.
- Adición de cloruro de magnesio.
- Adición del agua.
- Mezclado.
- Extendido, compactado y acabado de la superficie de la. capa.
- Curado.
- Control de calidad.

Requerimientos de Construcción

301.D.41

El Supervisor debe autorizar, por escrito, el inicio de los trabajos de construcción del suelo-cloruro de magnesio, luego de constatar que han sido satisfechos los requisitos previos establecidos en esta especificación, y lo establecido en el contrato de la obra.

Cuando se va a construir una capa de suelo-cloruro de magnesio sobre la superficie de una vía que haya estado en servicio y que presente

irregularidades en toda o en parte de su longitud, se debe proceder, previamente, al acondicionamiento de las zonas irregulares de dicha superficie.

Además sé deberá tener en consideración los aspectos de drenaje de la vía, tales como el bombeo de la calzada, el cual deberá estar comprendido entre 2,5 y 4%, con la finalidad de facilitar el escurrimiento superficial del agua hacia las obras de drenaje diseñadas para tal fin.

301.D.42 Preparación de la mezcla

Es el conjunto de operaciones de mezclado sobre la plataforma de la vía, del suelo a estabilizar con el cloruro de magnesio y con el agua, utilizando el equipo adecuado que permita obtener la mezcla de suelo-cloruro de magnesio que satisfaga los requisitos establecidos.

Para la ejecución de la mezcla sobre la vía los trabajos se deben iniciar en la forma siguiente:

- En las partes de la vía donde el Proyecto indique el uso del suelo existente, se debe escarificar uniformemente la superficie hasta la profundidad necesaria para obtener el volumen de suele que requiere la mezcla.
- Si el Proyecto indica el uso de suelo de préstamo, en todo o en parte, dicho suelo de préstamo, se debe apilar sobre la superficie de la vía entre sí a distancia conveniente, o en forma de camellón, o debe ser extendido mediante el uso de maquinas estabilizadoras, en la cantidad necesaria para obtener el volumen de suelo que requiera la mezcla.
- En caso de que sea necesario, se procederá a disgregar con la máquina adecuada en el ancho y espesor suficiente de tal forma que no contengan grumos y que permitan obtener la sección compactada indicada en los planos o aprobada por el Supervisor.
- En caso de que sea necesario, se procede al mezclado y al humedecimiento del suelo. El mezclado se debe ejecutar utilizando el equipo requerido como los arados de rastras o de discos, o con motoniveladora, procurando que el suelo no sea trasladado longitudinalmente por el equipo.
- Deberá conformarse de acuerdo con las secciones transversal y longitudinal de Proyecto.

- El cloruro de magnesio se debe agregar utilizando una barra de riego del camión tanque o un método manual que garantice una distribución uniforme sobre la superficie de la vía. El método que se emplee para agregar el cloruro de magnesio está sujeto a la aprobación previa de la Supervisión.
- Inmediatamente después de agregar el cloruro de magnesio se procede a mezclarla con el suelo, mediante el uso de arado de rastras o de discos, o motoniveladora(s).
- La aplicación del agua de requerirse debe hacer mediante la barra de riego del camión tanque, o con el empleo de cualquier otro método que garantice un riego uniforme. Debe evitarse la concentración de agua en la superficie del material que se está mezclando.
- El proceso de mezclado debe continuar hasta que se obtenga una mezcla homogénea.
- Se tendrá cuidado de no contaminar con la mezcla las fuentes de agua, suelo, etc. cercano al área de trabajo.

301.D.43 Requisitos de campo de la mezcla de suelo-cloruro de magnesio

La mezcla del suelo-cloruro de magnesio debe satisfacer los requisitos siguientes:

- La humedad de la mezcla debe ser la óptima de compactación con una tolerancia de ±1,5%.
- El contenido de cloruro de magnesio de la mezcla no debe variar en más de 5% por exceso o por defecto, de la cantidad por metro cúbico de mezcla, establecida en el Proyecto.
- En caso que la mezcla sin compactar sea afectada por la lluvia, el Contratista sólo podrá emplear el material previa verificación en laboratorio de la no pérdida de sus propiedades y con aprobación del Supervisor. En caso contrario debe retirar la mezcla a un DME, según se indica en la **Sección 209.**
- Se deberán ejecutar a modo de verificar la cantidad de la mezcla y diseño, ensayos CBR, de acuerdo a la frecuencia indicada en la **Tabla 301.D-05.**

Tabla 301.D-05

Ensayos y frecuencias

Material o producto	Propiedad y características	Método de ensayo MTC	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Suelo estabilizado cloruro de magnesio	Granulometría	MTC E 107	750 m^3	Pista
	Índice plástico	MTC E 111	750 m^3	Pista
	Relación Humedad Densidad	MTC E 1102	750 m^3	Pista
	CBR	MTC E 132	750 m^3	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	250 m^2	Pista
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	2.000 m^3	Pista
	PH	NTP 339.176 2002	2.000 m^3	Pista

(1) O antes, si por su génesis existe variación estratigráfica horizontal y vertical que .originen cambios en las propiedades físico - mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica

301.D.44 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el equipo propuesto por el Contratista y aprobado por el Supervisor durante la ejecución del tramo de prueba.

El proceso de compactación deberá ser tal, que evite la formación de costras.

Los trabajos de compactación deberán ser terminados en un lapso no mayor de 2 horas desde el inicio de la mezcla. Si durante dicho plazo no se logran las condiciones de compactación exigidas más adelante (compactación) de esta especificación, el tramo se pondrá en observación. El grado de compactación no debe ser menor a 100% de la máxima densidad obtenida por el ensayo MTC E 115.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de prueba, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, aprobados por el Supervisor, de manera que la

mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

Si el Proyecto lo señala, al terminar la compactación final de la capa suelo-cloruro de magnesio, se debe proceder a un riego superficial, manteniendo la dosificación establecida (solución: cloruro de magnesio y agua).

En esta actividad se tomarán los cuidados necesarios para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación. Los residuos generados por esta y las dos actividades mencionadas anteriormente, deben ser colocados en los DME, según se indica en la **Sección 209**

Concluido el proceso de compactación, se inicia un proceso natural de curado que por lo general dura de 7 a 15 días, formándose una capa compacta que mantiene las partículas gruesas cohesionadas e impermeables, dando origen a una carpeta de rodado estable, sin deformaciones superficiales, barro o polvo en suspensión.

301.D.45 Juntas de trabajo

Al final del trabajo de cada día y/o cuando haya transcurrido más de una hora desde el momento en que se haya ejecutado la compactación final de la capa estabilizada, con la finalidad de proteger la capa construida, de la nueva capa que se vaya a conformar sucesivamente se construirán juntas transversales (perpendicular al eje), haciendo un corte vertical en la capa construida situada aproximadamente a 7 cm de su borde. La superficie de contacto de la junta se debe humedecer antes de proseguir con la colocación de la nueva mezcla.

Bajo las mismas consideraciones, si el suelo estabilizado no se construye en todo el ancho de la calzada sino por franjas, deberán disponerse también, mediante un procedimiento aprobado por el Supervisor, juntas longitudinales en corte vertical y paralelas al eje longitudinal de la calzada.

301.D.46 Tramo de prueba

Los factores fundamentales en el proceso de estabilización dependen de:

- Cantidad de cloruro de magnesio.
- Cantidad de agua.
- Densidad del suelo.
- Espesor de la capa a estabilizar.

En tal sentido, el Contratista debe efectuar tramo(s) de prueba, a fin de precisar las características y condiciones de la mezcla de trabajo, esta es la mejor forma de evaluar la combinación potencial del suelo - cloruro de magnesio.

Complementariamente, se aplica lo indicado en la **Subsección 400.05**.

301.D.47 Apertura al tránsito

El suelo estabilizado con cloruro de magnesio sólo podrá abrirse al tránsito después de haber transcurrido por lo menos 3 horas de concluido el proceso de compactación de la capa materia de estabilización.

Luego de aperturado el tránsito se observará el comportamiento de la capa estabilizada y si este es adecuado, el Supervisor autorizará la apertura definitiva de la capa compactada.

301.D.48 Conservación

El Contratista deberá conservar el suelo estabilizado en perfectas condiciones, hasta la recepción de obra o hasta que se construya la capa superior prevista en los documentos del Proyecto. Todo daño que se presente, deberá corregirlo, a su costo, y deberá contar con la aprobación del Supervisor.

301.D.49 Limitaciones en la ejecución

Las estabilizaciones con cloruro de magnesio sólo se podrán llevar a cabo, entre otros:

- Cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea menor o igual a 6°C.
- Durante precipitaciones pluviales.
- Cuando el medio ambiente tenga una humedad relativa mayor de 30%.
- Cuando el nivel freático se encuentre a distancias que no faciliten la migración del cloruro de magnesio.
- Cuando los minerales contenidos en el pasante de la malla N.° 200 reaccionen desfavorablemente con el cloruro de magnesio.

En caso de que la mezcla sin compactar sea afectada por agua de lluvia y como resultado de ello la humedad de la mezcla supere la tolerancia

mencionada en la **Subsección 301.D.43**, el Contratista deberá, a su costo, retirar la mezcla afectada a un DME, según se indica en la **Sección 209** y reconstruir el sector deteriorado previa aprobación del Supervisor.

301.D.50 Aceptación de los trabajos

La aprobación de los trabajos por el Supervisor estará sujeto a lo siguiente:

a. Controles

Similares a los especificados en la **Subsección 400.07(a).**

Adicionalmente deberán efectuarse ensayos de control de densidad-humedad.

Asimismo vigilará la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en esta **Sección 301.D.**

b. Calidad de los materiales

1. Calidad del cloruro de magnesio

Cada vez que lo considere necesario, el Supervisor efectuará los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cloruro de magnesio indicadas en la **Subsección 301.D.39**, debiendo ser, por lo menos a la llegada a obra de un lote y después, cada 50 bolsas o 2000 kg. de un apilamiento.

2. Calidad del agua

El Supervisor siempre que lo considere necesario verificará el pH y el contenido de sulfatos del agua empleada.

3. Calidad de los suelos

De cada procedencia de los suelos de aporte empleados en la estabilización y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- Granulometría del suelo.
- Limites de Atterberg.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los suelos que presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, efectuará las verificaciones periódicas que se indican en la **Tabla 301.D-05.**

Además, podrá verificar las pruebas adicionales que le permitan tener certeza de la calidad de los suelos por estabilizar, de acuerdo con la presente especificación.

c. Calidad del trabajo terminado

Se aplica lo indicado en la **Subsección 301.A.20(d)** a excepción del grado de compactación que debe ser como mínimo el 100%.

La evaluación de los trabajos de suelo estabilizado con cloruro de magnesio se efectuará de acuerdo a lo indicado en las **Subsección 04.11** y el cálculo estadístico según la **Subsección 04.06** que conduce a determinar la aceptabilidad o el rechazo del trabajo.

d. Rugosidad

Medida en unidades IRI, la rugosidad no podrá ser superior a 6 m/km, salvo que la especificación particular establezca un límite diferente, cuando se estabiliza a nivel de superficie de rodadura.

Medición

301.D.51

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), de material o mezcla suministrada, colocada y compactada en el espesor previsto y aprobada por el Supervisor. El volumen se determinará por el sistema de áreas extremas, utilizando las secciones transversales y la longitud real, medida a lo largo del eje del Proyecto. No se medirán cantidades en exceso de las especificadas.

Pago

301.D.52

El pago se hará por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo esta especificación y cuente con la aprobación del Supervisor. Aplica lo especificado en **Subsección 400.09.**

Incluye el precio de cloruro de magnesio en la aplicación y curado.

Partida de pago	Unidad de pago
301.D.C Suelo estabilizado con cloruro de magnesio	Metro cúbico (m^3)

SECCION 301.E

SUELOS ESTABILIZADOS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA

SECCIÓN 301.E

Suelos estabilizados con emulsión asfáltica

Descripción

301.E.01

Consiste en la construcción de una o más capas de suelos estabilizados con emulsión asfáltica catiónica, de acuerdo con las estas especificaciones técnicas, así como de las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en los documentos del Proyecto.

La emulsión asfáltica catiónica utilizado para la estabilización de la vía, proviene de la composición de tres elementos básicos: asfalto, agua y un agente emulsificante (tensoactivo); la emulsión asfáltica puede ser modificada con polímeros o contener otros aditivos, dependiendo de la formulación del fabricante. El asfalto es el componente base de la emulsión y constituye entre un 60 y 75%. El poder cementante del asfalto como componente de la emulsión conlleva a que fije a los agregados en posiciones adecuadas para trasmitir las cargas aplicadas a las capas inferiores.

El proyecto debe indicar los sitios de la vía en los cuales se construirá el suelo-emulsión; debe establecerse el pre diseño indicando las proporciones de la(s) mezcla(s) que se vayan a usar en cada sitio; y debe determinar el espesor correspondiente en cada caso.

La respuesta y duración de la estabilización suelo-emulsión estará sujeta a los siguientes factores:

- Dureza, gradación del suelo y tipo y calidad de emulsión.
- Afinidad del suelo con la emulsión.
- Calidad del drenaje existente.
- Calidad de la ejecución de manera que se respeten las dosificaciones materiales, tipo y composición de la mezcla y utilización de equipos de acuerdo a las condiciones del Proyecto.

Materiales

301.E.02 Suelos

Los suelos que se usen para la construcción del suelo-emulsión, pueden ser del propio camino o provenir, en todo o en parte, de préstamos seleccionados. Los sitios de préstamo estarán considerados en el Proyecto.

El Proyecto señalará y establecerá los planos para la construcción del suelo-emulsión que se deben usar y los que se encuentran en la superficie de la vía. Además debe presentar las siguientes características:

Los suelos deben tener máximo 10% de material pasante por el tamiz N.° 200, estar limpios y no deben tener más de 1% de su peso de materia orgánica.

El índice de plasticidad del suelo debe ser menor o igual a 9%. El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de suelo-emulsión. El espesor total de la capa de suelo estabilizado con emulsión, será como mínimo de 15 cm.

La proporción de sulfatos, expresados como $SO_4^=$ no podrá exceder de 6000 ppm.

Los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (Máquina de Los Ángeles) no mayor a 50%.

Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos no deben presentar pérdidas en sulfato de sodio superiores al 12% y en materiales finos superiores al 10%; si se emplea sulfato de magnesio los agregados gruesos no deben presentar pérdidas superiores al 18% y en los materiales finos superiores al 15%.

La gradación será definida en las especificaciones técnicas del Proyecto.

301.E.03 Emulsión

La emulsión asfáltica catiónica, será del tipo de rotura lenta (CSS-1h), el cual deberá cumplir con los requisitos indicados en la **Tabla 301.E-01.**

Tabla 301.E-01

Requerimiento de emulsión asfáltica catiónica

Características	Ensayo.	CSS-1h	
		Min.	Max.
Viscosidad. Saybort Furol a 77°F (25 °C). s	MTC E 403	20	100
Estabilidad de Almacenamiento, 24-h, %*	MTC E 404		1
Carga de partícula	MTC E407	Positivo	
Prueba de Tamiz. %	MTC E 405		0,1
Mezcla por Cemento, %	ASTM D-6935		2,0
Destilación: - Residuo, %	MTC E 401	57	
Pruebas sobre el Residuo de destilación:			
- Penetración, 77°F (25°C), 100 g, 5 s	MTC E 304	40	90
- Ductilidad, 77°F (25°C), 5 cm/min, cm	MTC E 306	40	
- Solubilidad en Tricloroetileno, %	MTC E 302	97,5	

Deberá estar respaldado por certificados de calidad del fabricante en el que se indique el cumplimiento de los requisitos de calidad que se establecen en las especificaciones.

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de mezcla o de colocación, se realizará a granel (cilindros) en carrotanque que no requieran aislamiento térmico ni calefacción.

El almacenamiento de la emulsión asfáltica, se realizará en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales deberán encontrarse en posiciones diametralmente opuestas.

Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios, para garantizar su correcto funcionamiento. La temperatura de almacenamiento debe encontrarse entre 10 y 60°C.

301.E.04 Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

301.E.05 Material mineral

Puede adicionarse cal hidratada ó cemento en proporciones de 1% a 2%, según lo especifique el diseño.

301.E.06 Mezcla

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista entregará al Supervisor, para su verificación, muestras representativas de los materiales y la emulsión que se propone utilizar, avaladas por los resultados de los ensayos o certificados que demuestren la conveniencia de utilizarlos en la mezcla e igualmente presentará el diseño de la misma.

Normalmente la emulsión varía entre 4% y 6%, en peso del suelo seco a estabilizar.

No obstante, la cantidad adecuada de la emulsión depende de los resultados que se obtengan del tramo de prueba.

La mezcla se debe diseñar mediante el procedimiento Illinois del Instituto del Asfalto basado en la norma MTC E 504. Este procedimiento se debe realizar cada vez que se cambie de material. La formulación señalará:

- Granulometría del suelo.
- Porcentaje (%) de agua, respecto al peso del suelo seco.
- Tipo y contenido óptimo de emulsión (%).
- Contenido óptimo de residuo asfáltico (%).
- Recubrimiento de la mezcla (%).
- Humedad óptima para compactación (%).
- Estabilidad Marshall (kg).

La dosificación de la mezcla se basará en los siguientes criterios:

- La cantidad de agua, será la necesaria para una buena dispersión de la emulsión, esta será determinada en laboratorio con contenido de emulsión.
- Para obtener el contenido óptimo de emulsión asfáltica, la mezcla debe tener una estabilidad Marshall mínima de 230 kg con una pérdida de estabilidad después de saturado máximo 50%. El porcentaje de recubrimiento y trabajabilidad de la mezcla deberá encontrarse entre 50 y 100%.

Finalmente la construcción del suelo estabilizado con emulsión no se podrá iniciar hasta que la mezcla cuente con la aprobación del Supervisor.

Equipo

301.E.07

Es aplicable lo indicado en la **Subsección 400.03.**

Con la finalidad de producir la mezcla en el lugar, se puede emplear una planta central de mezclas frías, o métodos de mezcla in-situ, ya sea mediante el escarificado y disgregación del suelo natural, o la disgregación total del material de cantera.

Se puede usar mezcladoras rotatorias gradadas con dientes, púas u hojas cortantes; también puede usarse equipos modernos diseñados para reciclar pavimentos.

Requerimientos de Construcción

301.E.08 Explotación y elaboración de materiales.

Al respecto, se aplica lo descrito en la **Subsección 400.04.**

301.E.09 Diseño de la mezcla

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista entregará al Supervisor, para su verificación, muestras representativas de los materiales (incluyendo el agua de mezclado) y emulsión asfáltica a emplear, avalados con los certificados de calidad y diseño de mezcla, que demuestren la conveniencia de su uso en relación al tipo de suelo.

Si a juicio del Supervisor, los materiales, el equipo ó el diseño de la mezcla resultan objetables, el Contratista deberá efectuar las modificaciones o reajustes necesarios. Una vez que el Supervisor apruebe el diseño de mezcla, éste sólo podrá reajustarse ó modificarse durante la ejecución de los trabajos si se presenta una variación inevitable en alguno de los elementos que intervienen en ella, el cual será previamente aprobado por el Supervisor.

El Supervisor podrá autorizar el inicio de los trabajos, recién cuando el Contratista cuente con el Diseño de la Mezcla aprobado, la totalidad de los equipos necesarios para garantizar la continuidad de la obra y la asistencia técnica de parte del fabricante del estabilizador.

Para el Diseño se empleará el procedimiento de Illinois del Instituto del Asfalto basado en la norma ASTM D-1559 o AASHTO T-245.

El reporte del diseño debe especificar la siguiente información:

- Contenido óptimo de emulsión (%).
- Contenido óptimo de residuo asfáltico (%).
- Recubrimiento de la mezcla (%).
- Humedad óptima para compactación (%).
- Estabilidad Marshall modificado (kg).

301.E.10 Preparación de la superficie existente

En relación con la preparación de la superficie existente, se aplicarán los procedimientos descritos en la **Subsección 301.A.08**.

301.E.11 Transporte de agregados

Cuando la estabilización incluya agregados de aporte, ellos se transportarán a la vía o a la planta de mezcla protegidos con lonas u otros protectores adecuados, asegurados a la carrocería, de manera de impedir que parte del material caiga sobre las vías por donde transitan los vehículos.

Igual precaución deberá tomarse durante el transporte a la vía de las mezclas elaboradas en planta.

Durante el transporte de los suelos y agregados, estos serán protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurados a la carrocería y humedecidos, a fin de evitar derrames de material.

301.E.12 Disgregación del suelo

Antes de aplicar el estabilizador, el material a tratar, sea que haya sido escarificado en el lugar (in situ) o transportado desde los sitios de origen aprobados por el Supervisor, se disgregará con la máquina adecuada en el ancho y espesor suficientes de tal forma no contengan grumos y que permitan obtener la sección compactada indicada en el Proyecto o aprobada por el Supervisor.

La longitud de calzada disgregada no deberá exceder de la que pueda tratarse y compactarse de acuerdo con esta especificación en 2 días de trabajo, salvo aprobación del Supervisor.

Una vez disgregado el suelo, éste deberá conformarse a la sección transversal de la calzada, con el empleo de motoniveladora.

Durante la realización de este trabajo se tomarán las medidas para que el material particulado emitido no pase el límite permisible. Con el fin de proteger la salud de las personas.

301.E.13 Aplicación de la emulsión asfáltica

La emulsión se aplicará sobre el suelo en la proporción prevista en el diseño aprobado por el Supervisor.

La aplicación deberá efectuarse por medio de un tanque cisterna autopropulsado.

Durante estas obras se tomará en cuenta que la emulsión esparcida no pase del área de trabajo. Los residuos y excedentes se colocarán en los DME, según lo dispuesto en la **Sección 209.**

301.E.14 Mezcla

Después de aplicar la emulsión asfáltica y siempre que su empleo lo exija, se efectuará la mezcla en todo el espesor indicado en los planos u ordenado por el Supervisor, empleando para ello el equipo aprobado. El número de pasadas del equipo, será el necesario para obtener una mezcla homogénea, según se defina en un Tramo de Prueba, según se indica en la **Subsección 400.05**.

En caso de que se requiera, se añadirá el agua faltante y se continuará la mezcla hasta que la masa, resultante presente completa homogeneidad, garantizando las pendientes requeridas antes de proceder a la compactación.

Durante esta actividad se tendrá cuidado para evitar los derrames de material que pudieran contaminar fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar. El área de trabajo será limpiada y los residuos o excedentes se colocarán en los DME.

En caso que la mezcla sin compactar sea afectada por la lluvia, debe ser retirada por el Contratista a un DME, según lo dispuesto en la **Sección 209.**

301.E.15 Aireación

Antes de la compactación, se llevará a cabo la aireación de la mezcla para llegar a la humedad óptima determinada en laboratorio; el tiempo de duración estará sujeto al clima de la zona y será aprobada por la Supervisión.

301.E.16 Compactación

La compactación de la mezcla se realizará con el equipo propuesto por el Contratista y aprobado por el Supervisor durante la ejecución del tramo de prueba.

Los trabajos de compactación deberán terminarse en el lapso que fije el Tramo de Prueba, contado desde el inicio de la mezcla. Si durante ese lapso no se logran las condiciones de compactación exigidas, el tramo se pondrá en observación.

Las zonas que por su reducida extensión o su proximidad a estructuras rígidas no permitan el empleo del equipo de mezcla y compactación aprobado durante la fase de prueba, se compactarán con los medios que resulten adecuados para el caso, aprobados por el Supervisor, de manera que la mezcla resulte homogénea y la densidad alcanzada no sea inferior a la exigida por la presente especificación.

En esta actividad se tomarán los cuidados necesarios para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y fiera cercana al lugar de compactación. Los residuos generados por esta actividad, deben ser colocados en los DME, según lo dispuesto en la **Sección 209.**

301.E.17 Juntas de trabajo

Al respecto, resulta aplicable lo indicado en la **Subsección 301.A.14.**

301.E.18 Apertura al tránsito

La base compactada se protegerá contra la acción del tránsito automotor durante el período establecido por el fabricante de la emulsión utilizada, el cual debe estar especificado en el diseño aprobado.

301.E.19 Conservación

Al respecto, se aplica lo descrito en la **Subsección 301.A.18**

301.E.20 Limitaciones en la ejecución

En la ejecución de los trabajos, se observarán todas las precauciones en relación con las condiciones meteorológicas que recomiende el fabricante del producto estabilizante, que garanticen la obtención de una base durable y que cumpla las exigencias de esta especificación.

301.E.21 Aceptación de los Trabajos

a. Controles

En adición a lo indicado en la **Subsección 400.07(a)** de las presentes especificaciones, el Supervisor deberá efectuar ensayos para el control de mezcla y de densidad y resistencia de ella luego de compactada.

El Supervisor vigilará la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en la **Subsección 301.E.14.**

Se deberá tener especial cuidado en el control del contenido óptimo de emulsión, trabajabilidad y recubrimiento de la mezcla y rotura de la emulsión. El control de la estabilidad se efectuará medianía el procedimiento de Illinois del Instituto del Asfalto basado en la norma ASTM D-1559 ó AASHTO T-245.

b. Calidad de los materiales

1. Calidad de la emulsión

La certificación expedida por el fabricante de la emulsión, debe indicar entre otros la fecha de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura.

Cuando el estabilizador se provea en estado líquido, la Supervisión tomará muestras representativas del lote, las que se analizarán de acuerdo ensayos indicados en la **Tabla 301.E-02.** Si el estabilizador

viene en bidones, el muestreo se efectuará sobre un mínimo de dos, tomados aleatoriamente, las cuales finalmente se mezclarán. Si el estabilizador es suministrado en tanques, el muestreo se efectuará al menos tres veces durante la descarga por cada tanque. En cualquiera de los dos casos la muestra total obtenida debe ser como mínimo 8 litros.

Además, el Supervisor podrá ordenar la ejecución de los ensayos señalados, cuando:

- El estabilizador haya permanecido almacenado por un periodo superior al señalado en estas especificaciones ó en la hoja técnica del fabricante.
- Las condiciones atmosféricas son desfavorables (muy húmedos, congelación) y perjudiciales para la emulsión almacenada.

El Supervisor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

2. Calidad de los suelos

De cada procedencia de los suelos y agregados de aporte empleados en la estabilización y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro muestras y de cada fracción de ellas se determinarán;

- La plasticidad de la fracción fina.
- Contenido de sulfatos.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas a los acopios y ordenará el retiro de los suelos y agregados que, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. Además, efectuará las verificaciones periódicas que se indican en la **Tabla 301.E-02.**

Tabla 301.E-02

Ensayos Específicos y Frecuencias

Material o producto	Propiedad y características	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Suelo	Granulometría	MTC E204	750 m^3	Pista
	Plasticidad	MTC E110	750 m^3	Pista
	Sulfatos	NTP 339.178	2.000 m^3	Pista
	Materia Orgánica	AASHTO T 194	2.000 m^3	Pista
	Abrasión	MTC E 207	2.000 m^3	Pista
	Durabilidad (2)	MTC E 209	2.000 m^3	Pista
Suelo estabilizado con emulsión	Contenido residuo de asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista
	Granulometría	MTC E 204	2 por día	Pista
	Marshall	MTC E 504	2 por día	Pista
	Densidad de campo	MTC E 506 MTC E 508 MTC E 5010	Cada 250 m^2	Pista
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m^2	Pista
Emulsión	Según 301.E.03			Tanque/Bidón

Nota:

(1) O antes, si por su génesis existe variación estratrográfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico - mecánicas de los agregados En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica

(2) Ensayo exigido para capas estructurales en zonas con altitud mayor a 3000 m.s.m

3. Calidad del agua

El Supervisor siempre que lo considere necesario verificará el pH y el contenido de sulfatos del agua empleada.

c. Calidad de la mezcla

La calidad de la mezcla se verificará mediante el procedimiento de Illinois del Instituto del Asfalto basado en la norma ASTM D-1559 ó AASHTO T-245, para tal efecto tomará como mínimo 2 muestras por día, de las cuales moldearán testigos (mínimo 2 por muestra) para verificar en el laboratorio el cumplimiento de su densidad, granulometría, estabilidad Marshall y el contenido de asfalto, respecto del diseño Marshall.

El incumplimiento de alguna de estas exigencias producirá el rechazo del tramo representado por las muestras.

d. Calidad del trabajo terminado

Se aplica lo indicado en la **Subsección 301.A.20(d)**

La evaluación de los trabajos de suelo estabilizado con emulsión asfáltica se efectuará de acuerdo a lo indicado en las **Subsección 04.11** y el cálculo estadístico según la **Subsección 04.06** que conduce a determinar la aceptabilidad o el rechazo del trabajo.

e. Compactación

Para el control de compactación de la capa estabilizada, alternativamente pueden extraerse testigos con equipo diamantino, uno cada 250 m^2 al cual se medirá su Densidad (MTC E 506).

De 6 testigos, la densidad media del tramo (D_m) deberá ser cuando menos, el 95% de la media (D_e) obtenida de los controles de mezcla del sector en evaluación.

$$D_m > 0{,}95\ D_e$$

Además, la densidad de cada testigo individual (D_i) deberá ser mayor ó igual al 94% de la densidad media De.

$$D_i > 0{,}94\ D_e$$

De emplearse como parámetro de control el ensayo de densidad (MTC E-506), el incumplimiento de alguno de estos dos requisitos implica el rechazo del tramo por parte del Supervisor.

f. Rugosidad

Medida en unidades IRI, la rugosidad no podrá ser superior a 6 m/km, salvo que la especificación particular establezca un límite diferente, cuando se estabiliza a nivel de superficie de rodadura.

Medición

301.E.22

La unidad de medida será en metro cúbico (m^3), de material o mezcla suministrada, colocada y compactada en el espesor previsto, que cuentan con la aprobación del Supervisor. El volumen se determinara por el sistema de áreas extremas, utilizando la sección transversal y la longitud real, medida a lo largo del eje del Proyecto. No se medirán cantidades en exceso de las especificadas.

Pago

301.E.23

El pago se hará por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo esta especificación y cuente con la aprobación del Supervisor.

Se aplica lo especificado en la **Subsección 400.09.**

Se incluye el precio de la emulsión asfáltica en la aplicación y curado en esta partida.

Partida de pago	Unidad de pago
301.E.A Suelo Estabilizado con Emulsión Asfáltica	Metro cúbico (m^3).

CAPITULO IV

PAVIMENTOS

CAPAS ANTICONTAMINANTES SUBBASES Y BASES

SECCION 400

DISPOSICIONES GENERALES

SECCIÓN 400

Disposiciones generales

Descripción

400.01

Esta especificación presenta las disposiciones que son generales a los trabajos sobre pavimentos que están referidos a capas anticontaminantes, subbases y bases granulares, con o sin estabilizadores.

Para la construcción de capas anticontaminantes, subbases y bases granulares, con o sin estabilizadores, se utilizarán materiales granulares naturales procedentes de excedentes de excavaciones, canteras, o escorias metálicas establecidas en el Expediente Técnico y aprobadas por el Supervisor; así mismo podrán provenir de la trituración de rocas, gravas o estar constituidos por una mezcla de productos de diversas procedencias.

Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Sus condiciones de limpieza dependerán del uso que se vaya a dar al material.

Los requisitos de calidad que deben cumplir los diferentes materiales y los requisitos granulométricos se presentan en la especificación respectiva.

Para el traslado del material para conformar capas anticontaminantes, subbases y bases al lugar de obra, se deberá humedecer adecuadamente los materiales y cubrirlos con lona para evitar emisiones de material particulado, que pudiera afectar a los trabajadores y poblaciones aledañas.

Los montículos de material almacenados temporalmente en las canteras y plantas de procesamiento de materiales, se cubrirán con lonas impermeables, para evitar el arrastre de partículas a la atmósfera, y a cuerpos de agua cercanos y protegerlos de la excesiva humedad en caso de ocurrencia de lluvia.

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

Equipo

400.03

Todos los equipos deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren la aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de la **Subsección 06.01** y de la correspondiente partida de trabajo.

El equipo será el apropiado para la explotación de los materiales, su clasificación, trituración de ser requerido, lavado de ser necesario, equipo de carga, descarga, transporte, extendido, mezcla, homogeneización, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

El equipo debe cumplir con lo que se estipula en la **Subsección 05.11**.

Requerimientos de construcción

400.04 Explotación y elaboración de materiales

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para su explotación y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Supervisor, lo que no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Evaluar conjuntamente con el Supervisor las canteras establecidas, el volumen total a extraer de cada cantera, así mismo estimar la superficie que será explotada y proceder al estacado de los límites.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes.

Si el Contratista no cumple con esos requerimientos, el Supervisor exigirá los cambios que considere necesarios.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán efectuar en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá ejecutarlos en la vía.

Luego de la explotación de canteras, se deberá readecuar el terreno en conformidad con la morfología de la zona, ya sea con cobertura vegetal o con otras obras para recuperar las características de la zona antes de su uso, siguiendo las disposiciones de la **Sección 906.**

Los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras, el Contratista readecuará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas, teniendo en consideración lo indicado en la **Subsección 05.06** de estas especificaciones.

En los casos que el material proceda de lechos de río, el contratista deberá contar previamente al inicio de su explotación, con los permisos respectivos. Así también, el material superficial removido debe ser almacenado para ser reutilizado posteriormente para la readecuación del área de préstamo. La explotación del material se realizará fuera del nivel del agua y sobre las playas del lecho, para evitar la remoción de material que generaría aumento en la turbidez del agua.

La explotación de los materiales de río debe localizarse aguas abajo de los puentes y de captaciones para acueductos, considerando todos los detalles descritos en el Plan de Manejo Ambiental, y las recomendaciones para que no se altere el comportamiento hidráulico, no se altere el ancho y la profundidad fluvial, condiciones geométricas de tramo fluvial, y que el comportamiento del flujo de las aguas no se modifique.

Si la explotación es dentro del cauce de río, esta no debe tener más de un 1.5 metros de profundidad, evitando hondonadas y cambios morfológicos del río. Esta labor debe realizarse en los sectores de playa más ancha utilizando toda la extensión de la misma. Paralelamente, se debe proteger las márgenes del río, a fin de evitar desbordes en épocas de creciente.

Al concluir con la explotación de las canteras de río, se debe efectuar la recomposición total del área afectada, no debiendo quedar hondonadas, que produzcan empozamientos del agua y que en épocas de crecidas puede ocasionar fuertes desviaciones de la corriente y crear erosión lateral de los taludes del cauce.

Se deberán establecer controles para la protección de los taludes; así mismo se deberá humedecer el área de operación o patio de carga, a fin de evitar la emisión de material particulado, durante la explotación de materiales.

Los desechos de los cortes no podrán ser dispuestos a media ladera, ni arrojados a los cursos de agua; éstos deberán ser colocados en el lugar de disposición de materiales excedentes, o reutilizados para la readecuación de la zona afectada.

Para mantener la estabilidad del macizo rocoso, y salvaguardar la integridad física de las personas, no se permitirán alturas de taludes superiores a 10 m.

Se debe presentar un registro de control de las cantidades extraídas de la cantera al Supervisor, para evitar la sobreexplotación. La extracción por sobre las cantidades máximas de explotación, se realizará únicamente con la autorización del Supervisor.

El material no seleccionado para el empleo en la construcción de carreteras, deberá ser apilado convenientemente a fin de que pueda ser posteriormente utilizado en el nivelado del área.

- **Planta de Trituración**

  La planta de trituración se debe instalar y ubicar en el lugar que cause el menor daño posible al medio ambiente y estar dotada de filtros, pozas de sedimentación y captadores de polvo u otros aditamentos necesarios, a fin de evitar la contaminación de aguas, suelos, aire, vegetación, poblaciones aledañas, etc. por causa de su funcionamiento.

La instalación de la planta de trituración, requiere un terreno adecuado para ubicar los equipos, establecer patios de materias primas, así como las casetas para oficinas y administración.

La planta de trituración, debe estar ubicada a prudente distancia de las viviendas, en medio de barreras naturales (alta vegetación, pequeñas formaciones de alto relieve) y próximas a las fuentes de materiales, tomando en consideración la direccionalidad de los vientos a fin de evitar afectar cultivos y poblaciones aledañas.

Si el lugar de ubicación es propiedad de particulares, se deberá contar con los permisos por escrito del dueño o representante legal.

Los operadores y trabajadores que están expuestos al ruido y las partículas generados principalmente por la acción mecánica de las trituradoras y la tamizadora, deberán estar dotados con gafas, tapa oídos, tapabocas, ropa de trabajo, casco, guantes, botas y otros que sean necesarios.

Dependiendo de la velocidad del viento, las fajas transportadoras deben ser cubiertas con mangas de tela, para evitar la dispersión de partículas al medio ambiente.

Se deben instalar campanas de aislamiento acústico sobre los sitios de generación de ruido, a fin de disminuir este efecto y la emisión de partículas finas. Si es necesario se debe instalar un sistema de recirculación en el interior de las campanas, a baja velocidad. El volumen de aire dependerá de la capacidad de la planta y de las características del material.

En épocas secas se deben mantener húmedas las zonas de circulación, principalmente aquellas de alto tráfico.

Al finalizar el funcionamiento de la planta de trituración se debe proceder a la recomposición total del área afectada recuperando en lo posible su fisonomía natural según se indica en la **Sección 906.** Todas las construcciones que han sido hechas para el funcionamiento de la planta de trituración deberán ser demolidas y trasladadas a los lugares de disposición final de materiales excedentes, según se indica en la **Sección 209**.

- **Previsión en el transporte de materiales**

  Los materiales se trasportarán protegidos con lonas u otros cobertores adecuados, asegurados a la carrocería y humedecidos para evitar derrames y caídas de material.

400.05 Tramos de prueba

Antes de iniciar los trabajos de cada partida, el Contratista emprenderá una fase de ejecución de tramos de prueba, para verificar el estado y comportamiento de los equipos y determinar, en secciones de ensayo, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de los materiales, de manera que se cumplan los requisitos de cada especificación.

Para tal efecto, construirá uno o varios tramos de prueba de ancho y longitud aprobados por el Supervisor y en ellas se probarán el equipo y el plan de trabajo.

El Supervisor tomará muestras de las capas de prueba en cada caso y las ensayará para determinar su conformidad con las condiciones especificadas de densidad, granulometría y demás requisitos.

En el caso de que los ensayos indiquen que los materiales no se ajustan a dichas condiciones, el Contratista deberá efectuar las correcciones requeridas a los sistemas de preparación, extensión y compactación, hasta que ellos resulten satisfactorios para el Supervisor, debiendo repetirse los tramos de prueba cuantas veces sea necesario.

Bajo estas condiciones, si el tramo de prueba defectuoso ha sido realizado sobre un sector de la carretera proyectada, todo el material colocado será totalmente removido y transportado al lugar de disposición final de materiales excedentes, según lo indique el Supervisor a cuenta, costo y riesgo del Contratista.

400.06 Acopio de los materiales

Los agregados para afirmados, subbases y bases se deberán acopiar cubriéndolos con plásticos o con lona para evitar que el material particulado sea dispersado por el viento y contamine la atmósfera y cuerpos de agua cercanos; además se debe evitar que el material se contamine con otros materiales o sufra alteraciones por factores climáticos o sufran daños o

transformaciones perjudiciales. Cada agregado diferente deberá acopiarse por separado, evitando la formación de montículos con alturas mayores a 2 – 3 m, para prevenir cambios en su granulometría original. Los últimos 15 cm de cada acopio que se encuentren en contacto con la superficie natural del terreno no deberán ser utilizados, a menos que se hayan colocado sobre éste lonas que prevengan la contaminación del material de acopio.

Aceptación de los trabajos

400.07 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar la implementación para cada fase de los trabajos, según lo especificado en la **Sección 103**.
- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo aprobado por el supervisor y empleado por el Contratista.
- Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en la **Subsección 400.02** y en la respectiva especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de los tramos de prueba.
- Ejecutar ensayos de compactación.
- Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de tamaño superior al máximo especificado, siempre que ello sea necesario. Este control se realizará en el espesor de capa realmente construida.
- Tomar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie granular mediante controles del IRI con equipos previamente definidos y calibrados.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.
- Vigilar la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en esta sección para la ejecución de obras.

b. Condiciones y tolerancias para la aceptación

Las condiciones y tolerancias para la aceptación de las obras ejecutadas, se indican en las especificaciones correspondientes. Todos los ensayos y mediciones requeridos para la recepción de los trabajos especificados, estarán a cargo del Supervisor.

Aquellas áreas donde los defectos de calidad o excedencias de tolerancias, deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor y aprobadas por esté.

La evaluación de los trabajos de las especificaciones correspondientes se efectuará según lo indicado en la **Subsección 04.11.**

Medición

400.08 Medición de los trabajos

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al entero, de material o mezcla suministrado, colocado y compactado, y aprobado por el Supervisor, de acuerdo con lo que exija la especificación respectiva, las dimensiones que se indican en el Proyecto o las modificaciones aprobadas por el Supervisor.

El volumen se determinará por el sistema promedio de áreas extremas, utilizando las secciones transversales y la longitud real, medida a lo largo del eje del Proyecto.

No se medirán cantidades en exceso de las especificadas, ni fuera de las dimensiones de los planos y del Proyecto, especialmente cuando ellas se produzcan por sobreexcavaciones; por parte del Contratista.

Pago

400.09

El pago se hará por metro cúbico (m^3), al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta Sección, así como con la especificación respectiva y aceptada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de permisos ambientales para la explotación de los suelos y agregados; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos de explotación, selección, trituración, lavado, carga, descarga y transporte dentro de las zonas de producción, almacenamiento, clasificación, desperdicios, mezcla, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados; y los de extracción, bombeo, transporte del agua requerida y su distribución.

El transporte del material al punto de aplicación se pagará de acuerdo a lo establecido en la **Sección 700**.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de ejecución de los tramos de prueba y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de la capa respectiva, según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

En el caso de utilización de materiales provenientes de la misma vía, el precio unitario deberá incluir su escarificación en el espesor requerido y su posterior procesamiento hasta cumplir las exigencias de la respectiva especificación. Tanto si los materiales provienen de la misma vía, como si son transportados, el precio unitario deberá incluir el costo del agua requerido, la aplicación y mezcla del producto estabilizante, así como el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargas, transporte, descargas y aplicación del producto requerido para la estabilización y curado, según lo exija la respectiva especificación y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

SECCION 401

CAPA ANTICONTAMINANTE

SECCIÓN 401

Capa anticontaminante

Descripción

401.01

Se denomina así a la colocación de una o más capas de materiales anticontaminantes que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados debidamente aprobados, con la finalidad de evitar efectos de capilaridad o contaminación e impedir la intrusión de materiales inadecuados que puedan contaminar las capas superiores de la estructura del pavimento. Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes.

Materiales

401.02

El material de la capa anticontaminante será arena no plástica, además debe cumplir las relaciones de diámetros entre el material que está por colocarse (el material anticontaminante) y el suelo de la subrasante, que a continuación se indica:

- Para impedir el movimiento de las partículas del suelo hacia el material filtrante:

$$\frac{D_{15}}{S'_{85}} \leq 5$$

$$\frac{D_{50}}{S'_{50}} \leq 25$$

- Para impedir el movimiento de las partículas del suelo hacia el material filtrante, cuando el terreno tiene una granulometría uniforme:

$$\frac{D_{15}}{S'_{85}} \leq 4$$

$$\frac{D_{50}}{S'_{50}} \leq 25$$

- Para que el agua alcance fácilmente el dren

$$\frac{D_{15}}{S'_{15}} \geq 5$$

En estas relaciones:

- D_x: Corresponde a la abertura del tamiz por el cual pasa el x% en peso del material de la capa anticontaminante.
- S'_x: Corresponde a la abertura del tamiz por el cual pasa el x% en peso del material del suelo.

También se podrán utilizar arenas no plásticas obtenidas de los cortes o de las áreas de préstamo, siempre y cuando cumplan con los requerimientos de estas especificaciones.

Los materiales se utilizarán de acuerdo a los planos de canteras aprobados y será responsabilidad del Contratista, presentar las muestras de los materiales a utilizarse con los correspondientes análisis. Las muestras serán presentadas con suficiente anterioridad a la operación en que se utilicen los materiales, a fin de obtener la aprobación del Supervisor.

En caso de la carencia de arena o por razones técnicas y/o económicas, podría ser factible el uso de un geotextil, detalle éste que será definido previamente por el proyectista. Para el uso de geotextiles, se observará lo establecido en la **Sección 414.**

Para el traslado del material, éste se deberá humedecer adecuadamente y cubrirlos con lona para evitar derrames que puedan afectar a la salud de las personas o tengan otros efectos negativos.

Los montículos de material almacenados temporalmente se cubrirán con lonas impermeables, para evitar el arrastre de partículas contaminantes a la atmósfera y cuerpos de agua cercanos.

Equipo

401.03

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.03**.

Requerimientos de construcción

401.04 Generalidades

De acuerdo al diseño, se colocará una capa de espesor uniforme debidamente nivelada y compactada. Este espesor será como mínimo de 15 cm.

Es importante remarcar que la capa debe ser anticontaminante y que impida la intrusión de los finos arcillosos del terreno natural, que puedan contaminar los agregados limpios de las capas superiores.

401.05 Compactación y Extendido

La capa anticontaminante deberá cumplir los requisitos de calidad del producto terminado especificado en la **Subsección 205.12(c)** en lo que sea aplicable. Las frecuencias de los controles se ceñirán a:

Relación de diámetros	Frecuencia de control
Relación (a)	1 cada 500 m^3
Relación (b)	
Relación (c)	

401.06 Aceptación de los trabajos

Se producirá después que la Supervisión se pronuncie favorablemente por escrito acerca del cumplimiento de todos los aspectos estipulados en la presente especificación.

La evaluación de los trabajos de "Capa Anticontaminante" se efectuará según lo indicado en las **Subsección 04.11.**

Medición

401.07

El material de la capa anticontaminante será medido en metros cúbicos (m^3).

Pago

401.08

El pago del material de la capa anticontaminante será hecho al precio unitario del contrato por metro cúbico de capa anticontaminante colocada y este precio y pago constituirá compensación total por el trabajo realizado de acuerdo a los alcances de la **Subsección 400.09** y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

El transporte del material al punto de aplicación se pagará de acuerdo a lo establecido en la **Sección 700**.

Partida de pago	Unidad de pago
401.A Capa anticontaminante	Metro cúbico (m^3)

SECCION 402

SUBBASES GRANULARES

SECCIÓN 402

Subbases granulares

Descripción

402.01

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas de materiales granulares, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, debidamente aprobados, que se colocan sobre una superficie preparada. Los materiales aprobados son provenientes de canteras u otras fuentes. Incluye el suministro, transporte, colocación y compactación del material, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del Proyecto y aprobados por el Supervisor, y teniendo en cuenta lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental.

Materiales

402.02

Los materiales para la construcción de la subbase granular deberán satisfacer los requisitos indicados en la **Subsección 400.02.**

Además, deberán ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en la siguiente **Tabla 402-01.**

Tabla 402-01

Requerimientos Granulométricos para Subbase Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9,5 mm.(3/8 ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: ASTM D 1241

Notas:

(1) La curva de Gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm.

Además, el material también deberá cumplir con los requisitos de calidad, indicados en la **Tabla 402-02.**

Tabla 402-02

Subbase Granular

Requerimientos de Ensayos Especiales

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	-.-	-.-	1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-.-	D 4791	-.-	20% máx.	20% máx.

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1"(2.5 mm)

(2) La relación ha emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Contratista deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior de un tamiz adyacente y viceversa.

Equipo

402.03

Se aplica las condiciones establecidas en la **Subsección 400.03.**

Requerimientos de construcción

402.04 Explotación y elaboración de materiales

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.04**.

402.05 Preparación de la superficie existente

El Supervisor sólo autorizará la colocación de material de subbase granular, cuando la superficie sobre la cual debe asentarse, tenga la densidad establecida las presentes especificaciones, así como de las cotas, alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del Proyecto y aprobados por el Supervisor. Además, deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües y filtros necesarios para el drenaje de la calzada.

Cualquier diferencia que exceda las tolerancias especificadas, serán corregidas por el Contratista, a su costo y riesgo y con la aprobación del Supervisor.

402.06 Tramos de Prueba

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.05**.

402.07 Transporte y colocación del material

El Contratista deberá transportar y colocar el material, de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente.

Cualquier contaminación, deberá ser subsanada antes de proseguir el trabajo.

La colocación del material sobre la capa subyacente, se hará en una longitud que no sobrepase 1.500 m de las operaciones de mezcla, conformación y compactación del material de la subbase granular.

Durante ésta labor se tomarán las medidas para el manejo del material de sub-base, evitando los derrames del material y por ende la contaminación de fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar.

402.08 Distribución y mezcla del material

El material será dispuesto en un carril de la vía, de tal forma que permita el tránsito por el otro carril. Si la subbase granular se va a construir mediante combinación de varios materiales, éstos serán dispuestos de igual modo, intercalando dichos materiales según su dosificación, los cuales luego serán mezclados hasta lograr su homogeneidad.

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Contratista empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Este, después de mezclado, se extenderá en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de prueba.

Durante esta actividad se tomarán las medidas para el extendido y mezcla del material, evitando los derrames de material que pudieran contaminar fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar.

402.09 Compactación

Una vez que el material de la subbase granular tenga la humedad apropiada, se conformará y compactará con el equipo aprobado por el Supervisor, hasta alcanzar la densidad especificada.

Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a otras obras, no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de un tercio del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

No se extenderá ninguna capa de material, mientras no se haya realizado los controles topográficos y de compactación aprobados por el Supervisor en la capa precedente. Tampoco se ejecutará la subbase granular durante precipitaciones pluviales o cuando la temperatura ambiente sea inferior a 6°C.

En esta actividad se tomarán los cuidados necesarios para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación.

Los materiales excedentes regenerados por esta y las actividades mencionadas anteriormente, deben ser colocados en los depósitos de materiales excedentes, según se indica en la **Sección 209.**

402.10 Apertura al tránsito

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas, se distribuirá de forma que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie. El Contratista deberá responder por los daños producidos por esta causa, debiendo proceder a la reparación de los mismos con arreglo a las indicaciones del Supervisor.

402.11 Conservación

Si después de aceptada la subbase granular, el Contratista demora por cualquier motivo la construcción de la capa inmediatamente superior, deberá reparar, a su cuenta, costo y riesgo, todos los daños en la subbase y restablecer el mismo estado en que se aceptó.

Aceptación de los trabajos

402.12

a. Controles

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.07(a)**.

b. Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales y para cualquier volumen previsto se tomarán 4 muestras para los ensayos y frecuencias que se indican en la **Tabla 402-02.**

Los resultados deberán satisfacer las exigencias indicadas en la **Subsección 402.02.**

No se permitirá acopios que presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores del máximo especificado.

c. Calidad del trabajo terminado

Resultan aplicables todos los controles y criterios de aceptación de la **Subsección 301.10(c).** Además de ellos, el Supervisor deberá verificar:

- Que la cota de cualquier punto de la subbase granular conformada y compactada, no varíe en más de 1 cm. con respecto a la cota proyectada.
- La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal al eje de la vía, que no existan variaciones superiores a 1 cm. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

402.13 Ensayo de deflectometría sobre la subbase terminada

Una vez terminada la construcción de la subbase granular, el Contratista, con la verificación del Supervisor, efectuará una evaluación deflectométrica, aplicando las condiciones mencionadas en la **Subsección 202.20**.

Medición

402.14

Se aplica lo descrito en la **Subsección 400.08.**

Pago

402.15

Se aplica la **Subsección 400.09.**

Partida de pago	Unidad de pago
402.A Subbases granulares	Metro cúbico (m^3)

SECCION 403

BASES GRANULARES

SECCIÓN 403

Bases granulares

Descripción

403.01

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas de materiales granulares, que pueden ser obtenidos en forma natural o procesados, con inclusión o no de algún tipo de estabilizador o ligante, debidamente aprobados, que se colocan sobre una subbase, afirmado o subrasante. Incluye el suministro, transporte, colocación y compactación de material de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del Proyecto y aprobados por el Supervisor, y teniendo en cuenta lo establecido en el Plan de Manejo Ambiental. Incluye así mismo el aprovisionamiento de los estabilizadores.

Materiales

403.02

Los materiales para la construcción de la base granular deberán satisfacer los requisitos indicados en la **Subsección 400.02.**

Además, deberán ajustarse a las siguientes especificaciones de calidad:

a. Granulometría

La composición final de los materiales presentará una granulometría continua, bien graduada y según los requerimientos de una de las franjas granulométricas que se indican en la **Tabla 403-01** Para las zonas con altitud iguales o mayores a 3.000 msnm. se deberá seleccionar la gradación "A".

Tabla 403-01

Requerimientos granulométricos para base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm.($^3/_8$ ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: ASTM D 1241

El material de Base Granular deberá cumplir además con las siguientes características físico-mecánicas y químicas que se indican en la **Tabla 403-02.**

Tabla 403-02

Valor Relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico en ejes equivalentes (<10^6)	Mín. 80%
	Tráfico en ejes equivalentes (≥10^6)	Mín. 100%

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5 mm)

La franja por utilizar será la establecida en los documentos del Proyecto y aprobada por el Supervisor.

b. Agregado Grueso

Se denominará así a los materiales retenidos en la malla Nº 4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos.

Deberán cumplir las características, indicadas en la **Tabla 403-03.**

Tabla 403-03

Requerimientos agregado grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

c. Agregado Fino

Se denominará así a los materiales que pasan la malla Nº 4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos.

Deberán cumplir las características, indicadas en la **Tabla 403-04.**

Tabla 403-04

Requerimientos Agregado Fino

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-----	15%

Equipo

403.03

Se aplican las condiciones generales establecidas en la **Subsección 400.03**.

Requerimientos de construcción

403.04 Explotación y elaboración de materiales

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.04**. Para las Vías de Primera Clase los materiales de base serán elaborados en planta, utilizando para ello dosificadoras. Para este tipo de vías no se permitirá la combinación en patio ni en vía mediante cargadores u otros equipos similares.

La mezcla de agregados deberá salir de la planta con la humedad requerida de compactación, teniendo en cuenta las pérdidas que puede sufrir en el transporte y colocación.

Definida la Fórmula de Trabajo, la granulometría deberá estar dentro del rango dado por el huso granulométrico adoptado.

403.05 Preparación de la superficie existente

El Supervisor sólo autorizará la colocación de material de base granular cuando la superficie sobre la cual debe asentarse tenga la densidad especificada, esté acorde a los planos del Proyecto y aprobada por el Supervisor. Además deberá estar concluida la construcción de las cunetas, desagües, filtros y otras obras necesarias.

403.06 Tramo de Prueba

Se aplica lo descrito en la **Subsección 400.05**.

403.07 Transporte y colocación de material

Se aplica lo indicado en la **Subsección 402.07**.

403.08 Distribución y mezcla del material

Se aplica lo indicado en la **Subsección 402.08**

403.09 Compactación

El procedimiento para compactar es igual al descrito en la **Subsección 402.09.**

También, resultan válidas las limitaciones expuestas en dicha Subsección.

403.10 Apertura al tránsito

Se aplica lo descrito en la **Subsección 402.10.**

403.11 Conservación

Resulta aplicable todo lo indicado en la Subsección 402.11.

Aceptación de los trabajos

403.12 Criterios

a. Controles

Se aplica lo indicado en la Subsección 400.07(a)

b. Calidad de los materiales

De cada procedencia de los materiales y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro muestras para los ensayos y frecuencias que se indican en la Tabla 403-05.

Tabla 403-05

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Base Granular	Granulometría	MTC E 204	C 136	T 27	750 m³	Cantera (2)
	Límite líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m³	Cantera (2)
	Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	750 m³	Cantera (2)
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C131	T 96	2.000 m³	Cantera (2)
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2.000 m³	Cantera (2)
	Sales Solubles	MTC E 219			2.000 m³	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2.000 m³	Cantera (2)
	Partículas fracturadas	MTC E 210	D 5821		2.000 m³	Cantera (2)
	Partículas Chatas y Alargadas		D 4791		2.000 m³	Cantera (2)
	Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	2.000 m³	Cantera (2)
	Densidad y Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	750 m²	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 4718 D 2922	T191 T238	250 m²	Pista

Notas:
(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y /o característica.
(2) Material preparado previo a su uso.

Los resultados deberán satisfacer las exigencias indicadas en la Subsección 403.02.

No se permitirá que el material presente restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores del máximo especificado.

403.13 Calidad del trabajo terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del Proyecto y el borde de la capa no podrá ser inferior a la señalada en los planos o la definida por el Supervisor quien, además, deberá verificar que la cota de cualquier punto de la base conformada y compactada, no varíe en más de 10 mm. de la proyectada.

Así mismo, deberá efectuar las siguientes comprobaciones:

a. Compactación

Las determinaciones de la densidad se efectuarán cuando menos una vez por cada 250 m^2 y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de 6 medidas de densidad, exigiéndose que los valores individuales (D_i) sean iguales o mayores al 100% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Próctor Modificado (D_e).

$$D_i \geq D_e$$

La humedad de trabajo no debe variar en ± 1,5 % respecto del Óptimo Contenido de Humedad obtenido con el ensayo Próctor Modificado.

En caso de no cumplirse estos requisitos se rechazará el tramo.

Siempre que sea necesario, se efectuarán las correcciones por presencia de partículas gruesas, previamente al cálculo de los porcentajes de compactación.

b. Espesor

Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al 95% del espesor de diseño, en caso contrario se rechazará el tramo controlado.

$$e_i \geq 0{,}95\ e_d$$

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias mencionadas, así como las áreas en donde se presenten agrietamientos o segregaciones, deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, y aprobadas por el Supervisor.

c. Uniformidad de la Superficie

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores a 10 mm. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

403.14 Ensayo de deflectometría sobre la base terminada

Se aplicará lo indicado en la **Subsección 202.20.**

Medición

403.15

Se aplica lo indicado en la **Subsección 400.08.**

Pago

403.16

Se aplica lo especificado en la **Subsección 400.09**.

Partida de pago	Unidad de pago
403.A Bases granulares	Metro cúbico (m^3)

SECCION 403.A

BASE DE CONCRETO HIDRÁULICO POROSO

SECCIÓN 403.A

Base de concreto hidráulico poroso

Descripción

403.A.01

Consiste en la construcción de una o más capas de base drenante de gradación abierta, constituidas por materiales granulares ligados con cemento hidráulico, y que generalmente sirve de apoyo a los pavimentos de concreto hidráulico, de acuerdo con las estas especificaciones técnicas, así como de las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en los documentos del Proyecto.

Materiales

403.A.02

Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

a. Cemento Portland

Será aplicable lo indicado en la **Sección 439**.

b. Granulometría

La composición final de la mezcla de agregados presentará una granulometría continua y bien gradada, según la Fórmula de Trabajo de dosificación aprobada por el Supervisor y según los requisitos granulométricos que se indican en la **Tabla 403.A-01.**

Tabla 403.A-01

Gradación de los agregados para bases de concreto hidráulico poroso

Tamiz	Porcentaje que pasa
37,5 mm (1½")	100
25,0 mm (1")	95-100
12,5 mm (1/2")	25-60
4,75 mm (N.° 4)	0-10
2,00 mm (N.° 10)	0-5
75 µm (N.° 200)	0-2

Fuente: Tabla 703.06-2 AASHTO

c. Agregado grueso

Se denominará así a los materiales retenidos en la Malla N.° 4, los que consistirán de partículas pétreas durables y trituradas capaces de soportar los efectos de manipuleo, extendido y compactación sin producción de finos contaminantes.

Los agregados pétreos deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la **Subsección 400.02**.

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Contratista, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que se exigen en estas especificaciones.

Los agregados gruesos deben cumplir además con los requisitos de la **Tabla 403.A-02.**

Tabla 403.A-02

Requerimientos agregado grueso para bases de concreto hidráulico poroso

Ensayo	Norma MTC	Requerimientos Altitud	
		< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	70% mín.	70% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-.-	18% máx.
Soft Particles	ASTM C 235 AASHTO T 189	5% máx.	5% máx.

d. Agregado fino

Se denominará así a los materiales pasantes de la malla Nº 4 que podrán provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos.

Los agregados finos deben cumplir además con los requisitos de la **Tabla 403.A-03**.

Tabla 403.A-03

Requerimientos de agregado fino

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-.-	15% máx.

Para los agregados grueso y fino, se realizarán los ensayos y frecuencias indicados de acuerdo a la **Tabla 403.A-07.**

e. Cenizas volantes

Las cenizas volantes deberán cumplir lo relativo a la norma AASHTO M 295.

f. Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

Equipo

403.A.03

Se tendrá en cuenta todo lo que resulte aplicable de la **Subsección 403.C.11.**

Requerimientos de construcción

403.A.04 Contenido de cemento

La cantidad de cemento necesaria para elaborar la mezcla se determinará con un tramo de prueba, donde se establecerá la dosificación y además la densificación necesaria para que la base de concreto hidráulico poroso no se deforme ni desgrane. Los métodos, procedimientos y dosificaciones determinados en el tramo de pruebas y aprobados por el Supervisor, deberán mantenerse estrictamente durante la construcción de la base de concreto asfaltico poroso.

403.A.05 Diseño de la mezcla

La proporción de cemento de la mezcla varía del 5 al 10% del peso del agregado seco, y la relación agua/cemento no puede superar el valor de 0,45.

El estudio de la mezcla y la obtención de la Fórmula de Trabajo pueden comenzar siguiendo las recomendaciones de la norma AASHTO, incorporando un contenido mínimo de cemento de 118 kg/m^3. La adición de cenizas volantes podrá sustituir hasta un 25% del peso de cemento requerido, en la proporción de 1 kg de cenizas volantes por 1 kg de cemento. La relación agua/cemento (W/C) no debe superar el valor de 0,45 calculada de la siguiente forma:

W/C = (peso del agua)/(peso de cemento + peso de cenizas volantes)

La resistencia a la flexión del concreto (MTC E 709) del material compactado no deberá ser inferior a 3,3 MPa a los 28 días.

El Contratista diseñará la mezcla en laboratorio mediante algún método reconocido y definirá una Fórmula de Trabajo, la cual someterá a aprobación del Supervisor. Dicha fórmula deberá satisfacer los criterios indicados en la **Tabla 403.A-04.**

Tabla 403.A-04

Requisitos de la mezcla para la base de concreto hidráulico poroso

Ensayo	Norma	Límites
Resistencia a la compresión a 7 días	MTE C 704	≥ 4,5 MPa
Resistencia a la compresión a 28 días	MTE C 704	4,5 - 7 MPa

Por cada una de las dosificaciones se confeccionarán probetas, a fin de obtener la resistencia a la compresión a los 7 y a los 28 días. Aunque las prescripciones de resistencia se establecen a 28 días, el control en obra se realizará a 7 días. Para ello en el laboratorio se determinará, por interpolación de resultados, el contenido de aglomerante y la resistencia a los 7 días que permitirá alcanzar en obra el valor prescrito, debiéndose ir a la obligación de resistencias ligeramente superiores a las especificadas.

Normalmente un exceso entre el 10 y el 15% suele ser suficiente para compensar la disminución de resistencia en obra.

La Fórmula de Trabajo deberá señalar:

- La granulometría de los agregados combinados.
- La proporción de cada fracción de agregado.

- El tipo y dosificación de cemento hidráulico.
- Los aditivos y su proporción, en caso de que sean necesarios.
- La consistencia del concreto.
- El contenido de aire.
- El plazo de trabajabilidad de la mezcla.

Para cada dosificación ensayada, se controlará la consistencia (MTC E 705), las resistencias a compresión (MTC E 704) a 7 y a 28 días y el contenido de aire incluido (MTC E 706).

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de 4 amasadas diferentes de concreto, confeccionando series de 4 probetas por amasada. De cada serie se ensayarán 2 probetas a 7 días y 2 a 28 días, obteniéndose los valores promedio de cada grupo de resultados.

Se considerará como Fórmula de Trabajo, una mezcla cuyo valor promedio obtenido a siete días, supere la resistencia especificada en la **Tabla 403.A-04** con un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución de la obra, la resistencia característica real de la mezcla también sobrepase la especificada. Al efecto, el Contratista deberá tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla, deba exceder la resistencia especificada, dependerá de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares. Simultáneamente, la mezcla deberá presentar a veintiocho días una resistencia dentro del rango señalado en la **Tabla 403.A-04.**

Será obligatoria la realización de ensayos de módulo de elasticidad estáticos a los 28 días, para la mezcla diseñada. Este módulo podrá ser medido sobre cilindros fabricados para ensayar a compresión.

Los documentos del Proyecto podrán establecer requisitos mínimos para el módulo de elasticidad del concreto, caso en el cual la mezcla deberá ser diseñada para cumplir también con dicho requisito.

El Contratista deberá presentar al Supervisor, el diseño completo de la mezcla, mostrando las proporciones de los ingredientes y los resultados de la resistencia a compresión del concreto a 7 y 28 días, así como el módulo de elasticidad y la densidad del concreto endurecido, determinada según la

norma de ensayo ASTM C 642. El diseño deberá incluir los resultados de los ensayos de laboratorio, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, indicando tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre el cemento, el agua y los eventuales aditivos. También, deberá incluir el módulo de fineza de la arena y el contenido de aire incluido en la mezcla. El diseño no podrá tener una edad superior a 90 días y la producción industrial de la mezcla no podrá comenzar hasta que el Supervisor apruebe por escrito el diseño.

Durante la etapa de producción, se deberá reajustar la Fórmula de Trabajo cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- La marca del cemento.
- El tipo de agregado grueso.
- El tipo de agregado fino o su módulo de fineza en más de 0,2.
- La naturaleza o proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra.
- La procedencia del agua.

403.A.06 Preparación e impermeabilización de la superficie de apoyo

Si la superficie corresponde a una sub-base granular o base granular, su terminación se regirá por lo indicado en las **Secciones 402** y **403**, para sub-bases granulares o bases granulares respectivamente, según corresponda.

Cuando se establezca en el Proyecto, se deberá impermeabilizar la superficie de apoyo con polietileno de mínimo 0,2 mm de espesor, o según otro procedimiento allí señalado.

403.A.07 Preparación de la mezcla

Las mezclas para bases de concreto hidráulico poroso, deberán prepararse en plantas mezcladoras fijas o móviles, diseñadas para producir mezclas homogéneas y con las proporciones de agregados, cemento y agua requeridos por la dosificación aprobada. La planta deberá disponerse de manera que se minimice la caída libre de la mezcla y estará provista de dispositivos que permitan modificar fácilmente las proporciones de los componentes. Asimismo, los alimentadores de agregados y cemento, deberán permitir realizar muestreos de forma sencilla.

403.A.08 Transporte y colocación

Cuando el Proyecto no establezca la necesidad de impermeabilizar la capa subyacente, la superficie de apoyo previamente aprobada deberá ser ligeramente humedecida, antes de comenzar a colocar el material.

La base de concreto hidráulico poroso no deberá mezclarse o colocarse cuando la temperatura ambiental sea menor que 6°C.

El material transportado directamente desde la planta mezcladora deberá extenderse con máquinas distribuidoras autopropulsadas, debiendo quedar la mezcla homogénea y lista para ser compactada sin necesidad de mayor manipuleo del material colocado, para obtener el espesor, ancho y bombeo deseado.

Una vez colocada la mezcla no se deberá agregar agua ni materiales diferentes a la mezcla preparada, tales como mortero, arena, lechada de cemento, u otros.

El material se extenderá en una sola capa entre 12 cm y 24 cm de espesor compactado. Espesores superiores a 24 cm deberán extenderse en capas, de manera que ninguna sobrepase de 24 cm de espesor una vez compactada.

La mezcla que se coloque en áreas inaccesibles para el equipo de colocación, podrá ser esparcida y compactada a través de un método que asegure los resultados requeridos y aprobados por el Supervisor.

Los sectores de camino donde se coloquen bases de concreto hidráulico poroso, deberán estacarse emplazando puntos de referencia altimétrica y de ubicación del eje y bordes, a distancias no superiores a 20 m entre sí. Deberán estacarse además, todos los puntos singulares del trazado; en zonas de transición de peraltes las estacas se deberán colocar a 10 m de distancia entre sí, como máximo.

403.A.09 Compactación y terminación de la superficie

La compactación deberá comenzar tan pronto como concluya el extendido del material. No deberán transcurrir más de dos horas desde que se agregó el agua a la mezcla y el comienzo de la compactación. Tampoco deberán transcurrir más de tres horas entre la adición del agua y el término de la compactación. Durante este último período, deberán realizarse los rebajes que resulten necesarios.

Utilizar algún equipo vibratorio durante las operaciones de consolidación de la mezcla de concreto para consolidar la mezcla al 95% de los ensayos AASHTO T 121M / T 121. El Supervisor determinará la consolidación de la base colocada, de acuerdo con la norma AASHTO T 310.

La superficie terminada no variará en ningún punto en más de 10 mm sobre o por debajo de las cotas establecidas en el Proyecto.

Las eventuales áreas endurecidas con cotas inferiores o superiores a 10 mm con respecto a lo que señale el Proyecto, serán reemplazadas en todo el espesor de la capa con nueva mezcla, por cuenta del Contratista.

Los materiales excedentes serán retirados a los DME, según lo dispuesto en la **Sección 209.**

El Contratista tomará todas las precauciones necesarias para cumplir con los requisitos de espesor, uniformidad de la superficie, rugosidad (IRI) y otros exigidos para las bases de concreto hidráulico poroso.

403.A.10 Juntas de construcción

Las juntas transversales de construcción en el sentido normal al eje del camino, se deberán construir al final de cada día de trabajo y/o cuando las operaciones de colocación se paralicen por más de 2 horas. Las juntas consistirán en un corte vertical sobre material completamente compactado.

Cuando se construya por media calzada, una vez terminada la compactación de la base de concreto hidráulico poroso, se procederá a cortar verticalmente la junta longitudinal de construcción entre pista. Cuando lo ordene el Supervisor, también se cortará verticalmente el borde adyacente a la berma. Todo material, producto de los cortes, deberá ser retirado de la obra.

La colocación de la base de concreto hidráulico poroso, sólo deberá reiniciarse después que el Supervisor hubiere aprobado la disposición de las juntas de construcción. Las caras verticales, producto de los cortes, deberán humedecerse antes de continuar con la colocación del material en áreas adyacentes.

403.A.11 Curado, mantenimiento y construcción de la capa superior

El curado se iniciará tan pronto se termine la compactación y perfilado de la base, debiéndose cumplir con todos los requisitos pertinentes señalados en el método descrito en la **Subsección 403.C.34.**

No se permitirá ningún tipo de tránsito vehicular durante el período de curado, que establezca el Proyecto o apruebe el Supervisor.

El Contratista tomará todas las precauciones necesarias para que el equipo de construcción no cause daños a los bordes.

El Contratista deberá conservar las bases de concreto hidráulico poroso, en condiciones satisfactorias hasta la construcción de la capa superior o la recepción de la obra. Todo daño que se presente, deberá corregirlo, a su cuenta, costo y riesgo, y contar con la aprobación de la Supervisión.

403.A.12 Restricciones al tráfico durante el periodo de curado

La apertura al tránsito será a la culminación del proceso de curado que establezca el Proyecto o apruebe el Supervisor. La apertura será inicialmente durante un tiempo corto que permita verificar el comportamiento de la capa compactada.

Como resultado de lo observado en esta apertura parcial, el Supervisor definirá el momento de apertura definitiva.

403.A.13 Eficiencia hidráulica

El supervisor verterá 1 litro de agua sobre la superficie del pavimento hidráulico poroso y ésta deberá ser totalmente absorbida en 15 segundos, sin que quede agua en la superficie. Si esto no sucede así, indicará que el concreto poroso se encuentra contaminado, y su eficiencia hidráulica dañada. En tal caso el Contratista deberá demoler y reemplazar el tramo dañado, a su cuenta, costo y riesgo, y contar con la aprobación de la Supervisión.

403.A.14 Calidad de la mezcla

1. **Consistencia**

   El Supervisor controlará la consistencia de cada carga transportada, para lo cual extraerá una muestra en el momento de la colocación del concreto, para someterla al ensayo de asentamiento. El resultado obtenido se deberá ajustar al establecido al definir la Fórmula de Trabajo, con las tolerancias que muestra la **Tabla 403.A-05.**

Tabla 403.A-05

Tolerancia en el asentamiento y en el contenido de aire respecto de los definidos en la Fórmula de Trabajo

Característica	Construcción	Tolerancia
Asentamiento	Encofrados fijos	+25 mm a -38 mm
	Encofrados deslizantes	+13 mm a -38 mm
Aire	Encofrados fijos	+ 1,8 %
	Encofrados deslizantes	+ 1,8 %

2. Contenido de aire

El Supervisor controlará el contenido de aire en la mezcla transportada por cada uno de los tres primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y los tres primeros después de cada interrupción, programada o no, durante el curso de la jornada. Los resultados se deberán ajustar al valor establecido al definir la Fórmula de Trabajo, con las tolerancias que muestra la **Tabla 403.A-05**. Si se rechaza el concreto de los tres camiones consecutivos por este motivo, se suspenderá la producción de la mezcla y la construcción de la base, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

3. Resistencia de control

Se deberá determinar la resistencia a compresión del concreto (norma de ensayo MTC E 704) a 7 y 28 días.

Se considerará como "lote", que se aceptará o rechazará en bloque, la menor cantidad de base construida con el mismo tipo de mezcla, que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- 350 m^3 de concreto colocado.

De cada lote definido para inspección se moldearán aleatoriamente y de amasadas diferentes, probetas para un mínimo de 5 ensayos, constituido cada ensayo por dos especímenes cilíndricos de una misma amasada y cuyas dimensiones, preparación y curado deberán estar de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 702.

Los especímenes deberán ser curados en obra durante 48 horas antes de moverlos, y serán ensayados a la compresión a los 7 días de curado, conforme a la norma de ensayo MTC E 704. De los resultados obtenidos por cada par de especímenes, se tomará el de mayor valor como representativo de la resistencia del ensayo, salvo que la diferencia entre las dos resistencias exceda del 10% del valor menor, caso en el cual se tomará este último como representativo. Los valores de todos los ensayos de la muestra que representa al lote se promediarán.

La conformidad o no conformidad de la mezcla, se establecerá como se indica a continuación:

- Se determinará el valor estimado de la resistencia característica del concreto del lote sometido a evaluación, a partir de la expresión:

$$f_{c,est} = f_{c,7} - (k_x\ s)$$

Donde:

$f_{c,est}$ = Valor estimado de la resistencia característica a la compresión, del concreto del lote al que representa la muestra.

$f_{c,7}$ = Valor promedio de los ensayos de resistencia a compresión, a una edad de 7 días, de los ensayos que integran la muestra que representa al lote.

$$f_{c,7} = \frac{\sum f_i}{n}$$

f_i = Resultado de un ensayo de resistencia a los 7 días.

n = Número de muestras que componen el lote.

k = Factor que establece el límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de 90%, se encuentra la resistencia del concreto que integra el lote. Este factor depende del número de ensayos (n) que integran la muestra y su valor se indica en la **Tabla 403.A-06.**

Tabla 403.A-06

Valores del factor k

n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K	0,685	0,602	0,544	0,500	0,465	0,437	0,413	0,393	0,376	0,360	0,347

s = Desviación estándar de los resultados de los ensayos que integran la muestra.

$$s = \sqrt{\frac{\sum \left(f_i - f_{c,7} \right)^2}{n-1}}$$

El lote recibirá aceptación provisional, en relación con la resistencia de control, si:

$$f_{c,est} \geq f_{c,D}$$

Donde:

fc, D = Resistencia característica a compresión del concreto a siete días, correspondiente al valor mínimo indicado en la **Tabla 403.A-04.**

Si no se satisface el criterio de resistencia para aceptación provisional, se rechazará el lote al cual representa la mezcla controlada.

403.A.15 Calidad del trabajo terminado

La capa de base terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto y con aprobación del Supervisor.

La distancia entre el eje del Proyecto y el borde de la capa construida no podrá ser menor que la indicada en los planos.

La cota de cualquier punto de la base curada no deberá variar en más de 10 mm de la proyectada.

Además, el Supervisor deberá efectuar las siguientes verificaciones:

1. Espesor

El espesor de la base de concreto hidráulico poroso, se verificará mediante la norma de ensayo MTC E 712 sobre los núcleos extraídos de la capa para la verificación de la resistencia definitiva.

El lote que se verifica se aceptará, en relación con el espesor, si el valor promedio de los núcleos respectivos (e_m) es igual o mayor que el espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al 90% del espesor de diseño (0,9 e_d), admitiéndose un solo valor por debajo de dicho límite. Si algún núcleo presenta un espesor mayor que el de diseño en más de 10 %, para los cálculos del espesor promedio al cual se refiere este inciso se supondrá que su espesor es solamente 10 % mayor que el de diseño (e_i = 1,10 e_d).

Si el requisito del espesor promedio se cumple, pero más de un valor de espesor individual resulta inferior al 90% del espesor de diseño, se delimitarán las áreas donde los espesores no resultaron satisfactorios mediante la toma de núcleos adicionales, a separaciones no mayores de ≤ 5 m. Delimitadas dichas zonas, se demolerá la base en la longitud definida y en todo el ancho del lote y se reemplazará con una mezcla adecuada, en espesor conforme con el diseño, todo ello a costa del Contratista, y con la aprobación del Supervisor.

Si el espesor promedio resulta inferior al espesor de diseño y, además, existen valores individuales inferiores al 90 % del espesor de diseño (e_i ≤0,9 e_d), se rechazará el lote, el cual deberá ser demolido y reconstruido por el Contratista, a su costo, y con aprobación del Supervisor.

2. Resistencia de la base de concreto hidráulico poroso terminado

Independientemente de que se hayan superado los requisitos indicados en la **Subsección 403.A.14(a)** en relación con la resistencia de la mezcla de concreto, se deberá verificar la resistencia efectiva del concreto en la capa de base construida.

Al efecto, se extraerá por cada 350 m^3, en sitios determinados por el Supervisor, como mínimo 5 núcleos cilíndricos para determinar la resistencia a la compresión. Estos elementos se tomarán según la norma MTC E 707. Los núcleos deberán tener un diámetro de 15 cm.

La capa de base de la cual se extraen los elementos deberá tener una edad de, cuando menos, 28 días.

Los elementos se sumergirán en agua durante 48 horas y a continuación se someterán a rotura por compresión.

Con los valores de resistencia obtenidos con estos especímenes, corregidos por esbeltez cuando corresponda, se estimará una resistencia característica definitiva ($fc_{,\ est\ definitiva}$).

El lote será aceptado de manera definitiva, en relación con la resistencia del concreto, si la resistencia característica definitiva iguala o supera la resistencia característica a compresión del concreto a 28 días, correspondiente al valor promedio utilizado para el diseño estructural del pavimento (o la resistencia a compresión equivalente a la resistencia promedio a flexión a 28 días empleada en el diseño estructural del pavimento):

$$f_{c,\ est\ definitiva} \geq f_{c,\ D}$$

Si esta condición de resistencia definitiva no se cumple, se rechazará el lote, el cual deberá ser demolido y reconstruido por el Contratista, a su costo.

Todas las obras de reconstrucción que se deban acometer, serán sometidas a los mismos controles descritos en la Sección para la base original.

La obligación de ejecutar cualquier corrección, no podrá ser utilizada por el Contratista como excusa para incumplir el plazo de ejecución de las obras.

3. Densidad del concreto

A los testigos extraídos de la base terminada se les determinará su densidad, según la norma de ensayo ASTM C 642. Los resultados deberán ser reportados, pero no se emplearán como criterio para aceptación o rechazo de la base construida.

Tabla 403.A-07

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Base de concreto hidráulico poroso	Granulometría	MTC E 204	750 m³	Cantera
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	2.000 m³	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	2.000 m³	Cantera
	Sales Solubles	MTC E 219	2.000 m³	Cantera
	Partículas fracturadas	MTC E 210	2.000 m³	Cantera
	Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	2.000 m³	Cantera
	Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 221	2.000 m³	Cantera
	pH	NTP 339.073	2.000 m³	Fuente de agua
	Compresión	MTC E 1101 MTC E 1103	2 muestras por día	Pista
	Índice plástico	MTC E 111	750 m³	Cantera
	Soft Particles	ASTM C 235 AASHTO T 189	2.000 m³	Cantera

Notas:

(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y /o característica.

403.A.16 Ensayos de deflectometría sobre la base terminada

Se realizarán ensayos de deflectometría sobre la base terminada teniendo en cuenta lo que resulte aplicable de la **Subsección 202.20.**

Además de la viga Benkelman pueden utilizarse otros equipos tales como curviámetros, deflectómetros de impacto y otros con la aprobación del Supervisor y teniendo como referencia las recomendaciones de las normas NLT-333 y NLT-338.

Medición

403.A.17

La unidad de medida del pavimento de concreto hidráulico poroso será el metro cúbico (m³), aproximado al décimo de metro cúbico, de concreto suministrado, colocado, compactado y terminado, debidamente aprobado y aceptado por el Supervisor.

El volumen se determina multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del Proyecto, por el ancho y el espesor especificados en los planos y con la aprobación del Supervisor. No se medirán cantidades fuera de estos límites.

Pago

403.A.18

El pago se hará por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo a esta especificación y aprobada por el Supervisor.

Se aplica lo especificado en **Subsección 400.09.**

Deberá cubrir, también, costos y colocación de los pasadores, varillas de unión, mallas electrosoldadas, elementos para separación del pavimento o curado y materiales para el sello de todas las juntas según lo contemple el Proyecto; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado, la ejecución de juntas, el acabado superficial y el curado requerido; en general todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados y lo especificado en la **Subsección 07.05**.

Partida de pago	Unidad de pago
403.A.A Base de concreto hidráulico poroso	Metro cúbico (m³)

SECCION 403.B

BASE DE CONCRETO ASFÁLTICO POROSO

SECCIÓN 403.B

Base de concreto asfáltico poroso

Descripción

403.B.01

Consiste en la construcción de una o más capas de base drenante de gradación abierta, constituidas por materiales granulares ligados con cemento asfáltico o emulsiones asfálticas, y que normalmente sirven de apoyo a pavimentos de concreto asfáltico o de concreto, de acuerdo con las estas especificaciones técnicas, así como de las dimensiones, alineamientos y secciones transversales indicados en los documentos del Proyecto.

Materiales

403.B.02

Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

a. Agregados

Los agregados pétreos deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la **Subsección 400.02**.

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Contratista, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar,

independiente y complementariamente de los que se exigen en estas especificaciones.

De cada procedencia de los agregados y para cualquier volumen previsto se tomarán 4 muestras y de cada fracción se determinarán los ensayos y frecuencias que se indican en la **Tabla 403.B-04.**

Los agregados deben cumplir además con los requisitos de la **Tabla 403.B-01** y la **Tabla 403.B-02.**

Tabla 403.B-01

Requerimientos para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3.000	> 3.000
Durabilidad	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	-
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.
Arcilla en terrones y partículas	MTC E 212	0% máx.	0% máx.
Soft particles	ASTM C 235	5% máx.	5% máx.
Adherencia	ASTM D 3625	>95 %	>95 %

*Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la Subsección 430.02.
- La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

(1) A partir de una altitud A ≥ 3.000 m.s.n.m. debe considerarse el ensayo de durabilidad.

Tabla 403.B-02

Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento Altitud (m.s.n.m.)	
		< 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N°	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad	MTC E 209	18 máx.	18% máx.
Índice de Durabilidad (1)	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N°	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Adherencia Riedel Weber	MTC E 220	>4 %	>4 %
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

**Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla, Subsección 430.02.

(1) A partir de una altitud A ≥ 3.000 m.s.n.m. debe considerarse el ensayo de durabilidad.

El conjunto de agregados deberá ajustarse a la gradación que se indica en la **Tabla 403.B-03.**

Tabla 403.B-03

Granulometría de los agregados para base de concreto asfáltico poroso

Tamiz	Porcentaje que pasa
37,5 mm (1 ½")	100
25,0 mm (1 ")	95-100
12,5 mm (1/2")	25-60
4,75 mm (N.º 4)	0-10
3,75 mm (N.º 10)	0-5
75 µm (N.º 200)	0-3

Fuente: Tabla 703.05-2 AASHTO

Tabla 403.B-04

Ensayos y frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	200 m^3	Tolva en frío
	Plasticidad	MTC E 110	200 m^3	Tolva en frío
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	500 m^3	Tolva en frío
	Equivalente arena	MTC E 114	1.000 m^3	Tolva en frío
	Partículas planas y alargadas	ASTM D 4791	500 m^3	Tolva en frío
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	1.000 m^3	Tolva en frío
	Angularidad del agregado fino	MTC E 222	1.000 m^3	Tolva en frío
	Perdida en sulfato de magnesio	MTC E 209	1.000 m^3	Tolva en frío
	Azul de metileno	AASHTO TP 57	1.000 m^3	Tolva en frío
Base de concreto asfáltico poroso	Contenido de Asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista/planta
	Granulometría			
	Ensayo Marshall	MTC E 504	2 por día	Pista/planta
	Temperatura	-	Cada volquete	Pista/planta
	Contenido de asfalto residual	AASHTO T 164	1.000m3	Pista previo a compactacion
	Densidad	MTC E 506, MTC E 508 y MTC E 510	1 cada 250 m^2	Pista compactada
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m^2	Pista compactada
	Resistencia al deslizamiento	MTC E 1004	1 por día	Pista compactada
	Adherencia	MTC E 519	1.000 m^3	Pista/planta
Ligante bituminoso	Según: **403.B.02(b)**		$\sqrt{n}$ (*)	Tanques al llegar a obra

(*) n representa el número de tancadas de 30.000 l de cemento asfáltico requeridos en la obra.

b. Cemento asfáltico

Como ligante deberá utilizarse cementos asfálticos del tipo PEN 60-70 o PEN 85–100. En situaciones especiales, indicadas en el Proyecto, se podrán emplear cementos asfálticos del tipo PEN 120–150. Estos asfaltos deberán cumplir con los requisitos especificados en la **Subsección 415.02(b)**

Alternativamente, se podrán emplear emulsiones asfálticas de rotura media o lenta, que cumplan con los requisitos de las especificaciones descritas en la **Tabla 415-04.**

Para comprobar las características de los materiales deberán efectuarse los ensayos correspondientes con la frecuencia que se indica en la **Tabla 403.B-04.**

El tipo de asfalto a emplear será el señalado en las especificaciones técnicas del Proyecto.

Equipo

403.B.03

Se tendrá en cuenta las indicaciones de la **Subsección 400.03**.

Requerimientos de construcción

403.B.04 Diseño de la mezcla

La cantidad de asfalto o de emulsión asfáltica, necesaria para elaborar la mezcla se determinará con un tramo de prueba, donde se establecerá la dosificación y además la densificación necesaria para que la base asfáltica no se deforme ni desgrane. Los métodos, procedimientos y dosificaciones determinados en el tramo de pruebas y aprobados por el Supervisor, deberán mantenerse durante la construcción de la base de concreto asfaltico poroso.

403.B.05 Preparación e impermeabilización de la superficie de apoyo

Cuando la superficie de apoyo corresponda a la subrasante del Proyecto, a una sub-base granular o base granular, su terminación se ajustará a lo establecido en el Proyecto o en estas especificaciones.

Cuando lo establezca el Proyecto, la superficie de apoyo deberá ser impermeabilizada.

403.B.06 Aplicación de una capa de imprimación cuando sea necesario.

Se aplica lo indicado en la **Subsección 416**.

403.B.07 Tolerancia superficial.

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores a 10 mm. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

403.B.08 Limitaciones climáticas.

Las mezclas asfálticas calientes, se colocarán únicamente cuando la base a tratar se encuentre seca, la temperatura ambiental no sea menor a 6ºC y sin presencia de precipitaciones pluviales.

403.B.09 Apertura al tránsito y tiempo de curado

Deberá evitarse el tránsito de vehículos hasta que el asfalto poroso se haya enfriado a la temperatura ambiente y termine el periodo de curado; el Supervisor autorizará la apertura al tráfico cumplidas las condiciones indicadas. Las reparaciones que deriven de un incorrecto control del tránsito, deberán ser corregidos por el Contratista, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor, y sin costo alguno para la entidad contratante. Se deberá evitar derrames de tierra, lodo u otros materiales que puedan comprometer el funcionamiento hidráulico de la base de concreto asfaltico poroso.

En el caso de bases fabricadas con emulsiones asfálticas, no se permitirá el tránsito hasta que la mezcla compactada pueda soportar el paso de vehículos sin que se produzcan desplazamientos.

403.B.10 Eficiencia hidráulica

La prueba consiste en verter 1 litro de agua sobre el asfalto poroso, el cual deberá ser totalmente absorbido en 15 segundos. Si esto no sucede, indicará

que el asfalto poroso se encuentra contaminado, y su eficiencia hidráulica dañada. Por tanto, El Contratista deberá demoler y reemplazar el tramo observado a su costo, el cual además deberá ser aprobado por el Supervisor.

403.B.11 Preparación de la mezcla

La mezcla en caliente deberá prepararse en plantas continuas o discontinuas, debiéndose cumplir los requisitos de la **Subsección 423.03(b).**

Las mezclas con emulsión asfáltica deberán prepararse según los requisitos establecidos en la **Subsección 424.07(b).**

403.B.12 Transporte

El transporte de la base de concreto asfáltico poroso fabricado con cemento asfáltico se realizará según lo indicado en las **Subsecciónes 423.03(c)** y la base fabricada con emulsiones asfálticas se transportará siguiendo las indicaciones de la **Subsección 424.14.**

403.B.13 Colocación

Para la colocación de la base de concreto asfáltico poroso fabricada con cemento asfáltico, se tendrán en cuenta las indicaciones de las **Subsección 423.12** y extensión de la base de concreto asfáltico poroso fabricada con emulsiones asfálticas, se regirá por lo que resulte aplicable de la **Subsección 424.15.**

La mezcla que se coloque en zonas inaccesibles para el equipo de colocación, podrá ser esparcida y compactada a través de un método que asegure los resultados requeridos.

El material se extenderá en una sola capa de entre 12 cm y 24 cm de espesor. Para espesores superiores a 24 cm deberán extenderse en capas, de manera que ninguna sobrepase de 24 cm de espesor una vez compactada.

403.B.14 Compactación y terminación de la superficie

La compactación deberá comenzar tan pronto como concluya el extendido del material. La densificación se realizará preferentemente con rodillos de tipo liso metálico, de manera que se obtenga una superficie que no se deforme ni se desgrane al ser compactada y se ajuste a los perfiles y niveles del Proyecto. Se deberá asegurar un número de pasadas de rodillo, igual o mayor al número establecido en el tramo de prueba.

La superficie terminada no variará en ningún punto en más de 10 mm por encima o por debajo de las cotas establecidas en el Proyecto.

Las eventuales áreas endurecidas con cotas inferiores o superiores a 10 mm con respecto a lo que señale el Proyecto, serán reemplazadas en todo el espesor de la capa con nueva mezcla, por cuenta del Contratista.

403.B.15 Juntas de construcción

Al final de cada jornada, se deberán construir juntas transversales de construcción mediante un corte vertical sobre material completamente compactado.

En construcciones por media calzada, una vez terminada la compactación de la base abierta ligada con asfalto, se procederá a cortar verticalmente la junta longitudinal de construcción entre pistas. Cuando lo ordene el Supervisor, también se cortará verticalmente el borde adyacente a la berma. Todo el material producto de los cortes, deberá ser retirado de la obra. La colocación del nuevo material, solo deberá reiniciarse cuando el Supervisor haya aprobado la disposición de las juntas de construcción. A las caras verticales producto de los cortes, se les aplicará un riego de liga antes de reiniciar la faena de colocación en las áreas adyacentes.

403.B.16 Calidad del trabajo terminado

Se aplica lo indicado en la **Subsección 301.A.20(d)** a excepción del grado de compactación que debe ser como mínimo el 100%.

La evaluación de los trabajos con concreto asfáltico poroso, se efectuará de acuerdo a lo indicado en las **Subsección 04.11** y el cálculo estadístico según la **Subsección 04.06** que conduce a determinar la aceptación o el rechazo del trabajo.

403.B.17 Ensayo de deflectometría sobre la base terminada

Se realizarán ensayos de deflectometría sobre la base terminada teniendo en cuenta lo que resulte aplicable de la **Subsección 202.20.**

Además de la viga Benkelman pueden utilizarse otros equipos tales como curviámetros, deflectómetros de impacto y otros con la aprobación del Supervisor y teniendo como referencia las recomendaciones de las normas NLT-333 y NLT-338.

403.B.18 Mantenimiento y construcción de la capa superior

El Contratista deberá mantener las bases abiertas ligadas con asfalto en condiciones satisfactorias hasta la construcción de la capa superior o la recepción de la obra. Si el Supervisor constatará deterioro o deformaciones, éste ordenará al Contratista ejecutar las reparaciones que estime necesarias, como requisito previo para autorizar la colocación de la capa superior.

No se permitirá transitar sobre la superficie terminada, el Contratista tomará todas las precauciones necesarias, para que el equipo de construcción se apoye a suficiente distancia de los bordes para no dañarlos.

Cualquier daño producido a las bases colocadas, por efecto de congelamiento, precipitaciones y otras condiciones climáticas adversas, deberá ser reparado o reemplazado por del Contratista a su costo y con aprobación del Supervisor.

Medición

403.B.19

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de asfalto poroso suministrado y compactado en obra, y aprobado por el Supervisor, de acuerdo a lo establecido en el Proyecto y las presentes especificaciones.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de trabajo, por el ancho y espesor especificados en los planos y aprobados por el Supervisor.

Pago

403.B.20 Ejecución de asfaltos porosos

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cúbico (m^3), para toda la obra ejecutada de acuerdo al Proyecto, las presentes especificaciones y aprobado por el Supervisor.

Se aplica lo especificado en la **Subsección 400.09**.

En todos los casos, el precio deberá incluir el suministro en el sitio, almacenamiento, desperdicios y aplicación de agua y aditivos mejoradores de adherencia y control de rotura que se requieran; la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de ser manchados por riegos de asfalto, así como toda labor, mano de obra, equipo o material necesarios para la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Se excluyen del precio unitario el suministro del producto asfáltico para la mezcla, el cual se pagará según lo establece la **Secciones 426.**

Partida de pago	Unidad de pago
403.B.A Base de concreto asfáltico poroso	Metro cúbico (m^3)

SECCION 403.C

BASE DE CONCRETO HIDRÁULICO

SECCIÓN 403.C

Base de concreto hidráulico

Descripción

403.C.01

Este trabajo consiste en la elaboración y colocación, sobre una superficie debidamente preparada, de una mezcla de concreto hidráulico con cemento Portland, la que normalmente sirve de base o apoyo a pavimentos de concreto asfáltico o de concreto hidráulico, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

403.C.02 Concreto

Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento agua, agregados fino y grueso y aditivos de ser el caso, materiales que deberán cumplir los requisitos básicos que se indican a continuación.

403.C.03 Cemento

El cemento utilizado será Portland, de marca aprobada oficialmente. Si los documentos del Proyecto o una especificación especial no señalan algo diferente, se empleará el denominado Tipo I de los descritos en la **Subsección 439.02.**

No se permitirá el uso de cemento endurecido por diversas razones o cuya fecha de vencimiento haya expirado.

403.C.04 Adiciones

Si el Proyecto lo contempla, se podrá utilizar un cemento con aditivos, de conformidad con la especificación ASTM C 595. Las adiciones deberán ser incorporadas en la fábrica del cemento.

Si la adición está constituida por una puzolana, ésta deberá cumplir los requisitos de la clase F de la especificación ASTM C 618.

Si se trata de escoria de alto horno, molida y granulada, deberá cumplir lo exigido en la especificación ASTM C 989 para los grados 100 ó 120. Su proporción dentro de la masa cementante total, se deberá encontrar entre 25% y 55%.

Tanto si se emplea cemento Portland normal como adicionado, el Contratista deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con él, como parte del diseño de la mezcla.

403.C.05 Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

403.C.06 Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción del agregado que pasa el tamiz de 4,75 mm (N.º 4). Deberá provenir de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias metálicas u otro producto que resulte adecuado, de acuerdo con el proyecto. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del 30% de la masa del agregado fino.

El agregado fino deberá cumplir los requerimientos que se indican en la **Tabla 403.C-01.**

Tabla 403.C-01

Requerimientos Agregado Fino para bases de concreto hidráulico

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	-.-	15% máx.
Terrones de arcilla y partículas deleznables	MTC E 212	3% máx.	3% máx.
Partículas livianas	MTC E 211	0,5% máx.	0,5% máx.
Contenido de Sulfatos expresados como SO_4^-	MTC E 218	1,2% máx.	1,2% máx.
Absorción de agua	MTC E 205	4% máx.	4% máx.
Contenido de materia orgánica	MTC E 213	Igual a muestra patrón	Igual a muestra patrón

Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la Tabla 403.C-01 para el contenido de materia orgánica, se podrá aceptar si al ser ensayado en relación con el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, se obtiene una resistencia relativa a siete días no menor del 95%, calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma ASTM C 87.

403.C.07 Agregado grueso

Se considera como tal, la porción del agregado retenida en el tamiz de 4,75 mm (N.º.4). Dicho agregado podrá ser natural, proceder de la trituración de roca o de grava o estar conformado por una combinación de materiales natural y triturado; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar la calidad de la mezcla y/o el comportamiento de la base terminada.

El agregado grueso deberá cumplir los requerimientos de calidad señalados en la Tabla 403.C-02.

Siempre que la obtención de la granulometría especificada requiera la mezcla de dos o más agregados gruesos de diferente procedencia, los requisitos indicados en la Tabla 403.C-02 deberán ser satisfechos por la mezcla de ellos, en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

Tabla 403.C-02

Requerimientos de agregado grueso para bases de concreto hidráulico

Ensayo		Norma MTC	Requerimientos Altitud	
			< Menor de 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Abrasión Los Ángeles		MTC E 207	40% máx.	40% máx.
Partículas con una cara fracturada		MTC E 210	80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas		MTC E 210	70% mín.	80% mín.
Partículas Chatas y alargadas		MTC E 221	10% máx.	10% máx.
Sales Solubles Totales		MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al Sulfato de Magnesio		MTC E 209	-.-	18% máx.
Terrones de arcilla y partículas deleznables		MTC E 212	0,25% máx.	0,25% máx.
Partículas livianas		MTC E 211	0,5% máx.	0,5% máx.
Contenido de Sulfatos expresados como SO_4^-		MTC E 218	1,0% máx.	1,0% máx.
10% de finos	Valor en seco	BS 812 part 110	50 kN mín	50 kN mín
	Relación húmedo/seco		70% mín.	70% mín.

403.C.08 Gradación combinada

La combinación de los agregados grueso y fino, lista para elaborar la mezcla de concreto, deberá satisfacer el requisito granulométrico indicado en la Tabla 403.C-03.

Tabla 403.C-03

Granulometría para bases de concreto hidráulico

Tamiz		Porcentaje que pasa
Normal	Alterno	
9,5 mm	2”	100
25,0 mm	1”	55-85
19,0 mm	3/4·”	50-80
4,75 mm	N.º 4	30-60
425 µm	N.º 40	10-30
75 µm	N.º 200	0-15

403.C.09 Reactividad

Los agregados, tanto gruesos como finos, no deberán presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo, si al determinar su concentración de SiO_2 y la reducción de alcalinidad R, mediante la norma MTC E 217, se obtienen los siguientes resultados:

$$SiO_2 > R \qquad \text{cuando } R \geq 70$$

$$SiO_2 > 35 + 0{,}5\,R \qquad \text{cuando } R < 70$$

Si el agregado califica como potencialmente reactivo con base en los criterios anteriores, no debe ser utilizado en la producción de concretos, a no ser que se demuestre que no es nocivo para el concreto con base en evaluaciones complementarias, como las indicadas en el apéndice de la especificación ASTM C 33, en especial las que hacen referencia a las normas ASTM C 227 y C 342.

403.C.10 Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad, para modificar las propiedades del concreto, con el fin de que sea más adecuado para las condiciones particulares de la base por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con las dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin que se perturben las propiedades restantes de la mezcla.

Los aditivos por usar pueden ser los siguientes:

- Inclusores de aire, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 260. El agente inclusor de aire deberá ser compatible con cualquier aditivo reductor de agua que se utilice.
- Aditivos químicos, que pueden ser reductores de agua, acelerantes de fraguado y retardantes de fraguado, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 494, incluyendo el ensayo de resistencia a la flexión. Los aditivos reductores de agua se deberán incorporar en la mezcla separadamente de los inclusores de aire, de conformidad con las instrucciones del fabricante.

La utilización de acelerantes y retardantes se debe evitar, en la medida de lo posible; se podrán utilizar únicamente en casos especiales, previa evaluación por parte del Contratista, que permita definir las condiciones de empleo de los mismos. El documento con toda la sustentación respectiva, incluyendo los certificados de calidad de los productos propuestos, deberá ser presentado al Supervisor para su evaluación y eventual aprobación, sin la cual no se permitirá el uso de los aditivos en el proyecto.

Equipo

403.C.11

El Contratista deberá poner al servicio de los trabajos contratados todo el equipo necesario para manejar los materiales y ejecutar todas las partes de la base de concreto hidráulico conforme se establece en la presente Sección.

Todo el equipo deberá ser situado en el lugar de los trabajos con anticipación suficiente al inicio de las operaciones de pavimentación, con el fin de que el Supervisor lo pueda revisar con todo detalle y aprobar oportunamente su utilización.

En todos los casos, el equipo se deberá ajustar a lo dispuesto en la legislación vigente en las materias ambiental, de seguridad, de salud y de transporte.

403.C.12 Equipo para la elaboración de los agregados

Para la elaboración de los agregados pétreos se requieren equipos para su explotación, carga, transporte y proceso. La unidad de proceso consistirá en una unidad clasificadora y una planta de trituración provista de trituradoras primaria, secundaria y terciaria siempre que esta última se requiera, así como

un equipo de lavado. La planta deberá estar provista de los filtros y demás accesorios necesarios para controlar la contaminación ambiental, de acuerdo con la reglamentación vigente.

403.C.13 Equipos para la elaboración del concreto

El concreto para la construcción del pavimento se fabricará en centrales de mezcla discontinua, capaces de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada. La producción horaria de la central de fabricación deberá ser capaz de suministrar el concreto sin que se interrumpa la alimentación de la pavimentadora, cuando este equipo se utilice.

Las tolvas para agregados deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y estarán provistas de dispositivos para evitar intercontaminaciones; su número mínimo será función del número de fracciones de agregado pétreo que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Para el cemento a granel se utilizará una báscula independiente de la utilizada para los agregados.

El mecanismo de carga deberá estar protegido contra un eventual cierre antes de que la tolva de pesada estuviera adecuadamente cargada. El de descarga, contra una eventual apertura antes que la carga del cemento en la tolva de pesada hubiera finalizado, y que la masa del cemento en ella difiera en ±1% de la especificada; además, estará diseñado de forma que permita la regulación de la salida del cemento sobre los agregados.

La dosificación de los agregados se podrá efectuar por pesadas acumuladas en una sola tolva o individualmente con una tolva de pesada independiente para cada fracción. En el primer caso, las descargas de las tolvas de alimentación y la descarga de la tolva de pesada estarán protegidas de forma que:

- No podrá descargar más de una tolva al mismo tiempo.
- El orden de descarga no podrá ser distinto al previsto.
- La tolva de pesada no se podrá descargar hasta que haya sido depositada en ella la cantidad requerida de cada uno de los agregados y estén cerradas todas las descargas de las tolvas.

- La descarga de la tolva de pesada deberá estar protegida contra una eventual apertura antes que la masa de agregado en la tolva, difiera en ± 1% del acumulado de cada fracción.

Si se emplean tolvas de pesada independientes para cada fracción, todas ellas deberán poder ser descargadas simultáneamente. La descarga de cada tolva de pesada deberá estar protegida contra una eventual apertura antes que la masa de agregado en ella difiera en ± 2% de la especificada.

No se permitirá que se descargue parte alguna de la dosificación, hasta que todas las tolvas de los agregados y la del cemento estuvieran correctamente cargadas, dentro de los límites especificados.

Una vez comenzada la descarga, no se podrá comenzar una nueva dosificación hasta que las tolvas de pesada estén vacías, sus compuertas de descarga cerradas y los indicadores de masa de las balanzas a cero, con una tolerancia del ±0,3% de su capacidad total.

Los dosificadores ponderales deberán estar aislados de vibraciones y de movimientos de otros equipos de la central, de forma que, cuando éstos funcionen, sus lecturas, después de paradas las agujas, no difieran de la masa designada en ±1% para el cemento, ±1,5% para cada fracción del agregado o ±1% para el total de las fracciones, si la masa de éstas se determinase conjuntamente. Su precisión no deberá ser inferior al ±0,5% para los agregados, ni al ±0,3% para el cemento. El agua añadida se medirá en masa o volumen, con una precisión no inferior al ±1% de la cantidad total requerida.

Una vez fijadas las proporciones de los componentes, la única operación manual que se podrá efectuar para dosificar los agregados y el cemento de una amasada, será la de accionamiento de interruptores o conmutadores. Los mandos del dosificador deberán estar en un compartimento fácilmente accesible, que pueda ser cerrado con llave cuando así se requiera.

Si se prevé la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con precisión suficiente. Los aditivos en polvo se dosificarán en masa y los aditivos en forma de líquido o de pasta en masa o en volumen, con una precisión no inferior al ±3% de la cantidad especificada de producto.

El temporizador del amasado y el de la descarga del mezclador deberán estar protegidos de tal forma que, durante el funcionamiento del mezclador, no se pueda producir la descarga hasta que haya transcurrido el tiempo de amasado previsto.

La posibilidad de utilizar equipos de otras características para la fabricación de la mezcla, deberá ser definida en una especificación particular.

403.C.14 Elementos de transporte

El transporte del concreto a la obra se realizará en camiones mezcladores provistos de tambor giratorio cerrado con paletas internas, los cuales estarán equipados con cuentarrevoluciones.

Deberán ser capaces de proporcionar mezclas homogéneas y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones.

Para distancias de transporte cortas, se podrán emplear camiones abiertos, del tipo volquete, sin elementos de agitación, de forma que se impida toda segregación, exudación, evaporación de agua o intrusión de cuerpos extraños en aquél. Su caja deberá ser lisa y estanca, y estar perfectamente limpia, para lo cual se deberá disponer de un equipo adecuado. Estos camiones deberán estar siempre provistos de una lona o cobertor para proteger el concreto fresco durante su transporte, evitando la excesiva evaporación del agua o la intrusión de elementos extraños.

Se deberá disponer de los equipos necesarios para la limpieza de los elementos de transporte antes de recibir una nueva carga de concreto.

Ambos tipos de equipos de transporte deben cumplir con la especificación ASTM C 94.

403.C.15 Equipos de puesta en obra del concreto

La mezcla de concreto se extenderá y se compactará por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, evitando la segregación y la aparición de vacíos y logrando alcanzar el espesor y la densidad adecuados y el contenido de aire especificado. La colocación se puede realizar mediante extendido entre encofrados fijas o con equipos de encofrados deslizantes.

403.C.16 Elementos necesarios para la puesta en obra del concreto empleando encofrados fijos

Cuando se emplee el método de construcción con encofrados fijos, el equipo mínimo necesario para la ejecución de las obras será el indicado en la **Subsección 438.03(c)**

403.C.17 Equipo de encofrados deslizantes para la puesta en obra del concreto

El equipo de encofrados deslizantes deberá cumplir con los requisitos indicados en la **Subsección 438.03(d).**

403.C.18 Equipos para la extensión manual del concreto

En áreas localizadas de pequeñas dimensiones, inaccesibles al equipo convencional, el Supervisor podrá autorizar la extensión y compactación del concreto por medios manuales. En este caso, para distribuir el concreto se emplearán palas y para enrasarlo se usará una regla vibratoria ligera.

403.C.19 Elementos para el acabado superficial

Se requiere una herramienta manual de acabado superficial con una superficie metálica, lisa y rígida, provista de un mango largo articulado, que al ser rotado accione un mecanismo de elevación, que le permita el deslizamiento planeando sobre la superficie del concreto. Su longitud deberá ser del orden de 3 m y su ancho de 15 cm; para áreas pequeñas, la longitud se puede reducir a 1,5 m y su ancho a 10 cm. La herramienta tener sus bordes ligeramente curvos y chaflanados, evitando que se hunda en el concreto fresco, dejando surcos. Su sección transversal debe tener forma de canal.

También, se requieren llanas para terminaciones puntuales y para corregir imperfecciones localizadas de la superficie de la base recién colocada.

403.C.20 Equipo para el curado del concreto

La aplicación de las membranas de curado se deberá realizar por medio de un equipo pulverizador que asegure un reparto uniforme y continuo del producto en todo lo ancho de la losa y en sus costados descubiertos. El equipo deberá estar provisto de dispositivos que proporcionen una adecuada protección del producto pulverizado contra el viento, así como de otro dispositivo dentro del tanque de almacenamiento del producto, cuya función es mantenerlo en agitación durante su aplicación. En áreas reducidas o inaccesibles a dispositivos mecánicos, el Supervisor podrá autorizar el empleo de aspersores manuales.

403.C.21 Elementos para la ejecución de juntas en fresco

Siempre que la base requiera juntas en fresco, ellas se ejecutarán mediante un equipo con cuchillas vibrantes o se podrán emplear dispositivos para la inserción de tiras continuas de plástico, con un espesor mínimo de 0,35 mm.

Requerimientos de construcción

403.C.22 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y los equipos empleados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados pétreos, requieren aprobación previa del Supervisor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requerimientos de esta especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento deberán garantizar el suministro de un producto de calidad uniforme. Si el Contratista no cumple con estos requerimientos, el Supervisor exigirá los cambios que considere necesarios.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras, deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Contratista remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

403.C.23 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista suministrará al Supervisor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Los agregados y el cemento deberán cumplir con las recomendaciones de la ASTM C-33 y ASTM C-50 respectivamente, además se deberá cumplir las indicaciones de la ASTM C-94, relativas a la producción de concreto.

Una vez el Supervisor efectúe las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales cuando resulten satisfactorios, de acuerdo con lo que establece la presente especificación, el Contratista diseñará la mezcla mediante algún método reconocido y definirá una fórmula de trabajo, la cual someterá a aprobación del Supervisor. Dicha fórmula deberá satisfacer los criterios indicados en la **Tabla 403.C-04.** El requerimiento sobre resistencia máxima a los 28 días se podrá obviar, si se diseñan y construyen juntas en la capa de base de concreto hidráulico.

Tabla 403.C-04

Criterios de diseño de la mezcla para la base de concreto hidráulico

Ensayo	Norma	Límites
Asentamiento	MTE C 705	25-75 mm
Contenido de aires	MTE C 706	≤4 %
Resistencia a la compresión a 7 días	MTE C 704	≥3,5 MPa
Resistencia a la compresión a 28 días	MTE C 704	5,0–8,5 MPa

La fórmula de trabajo deberá señalar:

- Proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles, así como la granulometría de los agregados combinados, por los tamices de 50 mm, 25,0 mm, 19,0 mm, 4,75 mm, 450 μm y 75 μm (2", 1", ¾" y N.º. 4, 40 y 200).
- Módulo de finura del agregado fino.
- Las dosificaciones de cemento, agua libre y eventuales aditivos, por metro cúbico (m^3) de concreto fresco.
- La consistencia del concreto.
- El contenido de aire.

Para cada dosificación ensayada, se controlarán la consistencia (MTC E 705), las resistencias a compresión (MTC E 704) a 7 y 28 días y el contenido de aire incluido (MTC E 706).

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro amasadas diferentes de concreto, confeccionando series de 4 probetas

por amasada. De cada serie se ensayarán dos probetas a 7 días y 2 a 28 días, obteniéndose los valores promedio de cada grupo de resultados.

Se considerará como fórmula de trabajo, una mezcla cuyo valor promedio obtenido a siete días supere la resistencia especificada en la **Tabla 403.C-04** con un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución de la obra, la resistencia característica real de la mezcla también sobrepase la especificada. Al efecto, el Contratista deberá tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la resistencia especificada dependerá de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares. Simultáneamente, la mezcla deberá presentar a 28 días una resistencia dentro del rango señalado en la **Tabla 403.C-04**, salvo que, por el motivo indicado con anterioridad, sólo se exija un límite inferior.

Será obligatoria la realización de ensayos de módulo de elasticidad estáticos a los 28 días, para la mezcla diseñada. Este módulo podrá ser medido sobre cilindros fabricados para ensayar a compresión Los documentos del proyecto podrán establecer requerimientos mínimos para el módulo de elasticidad del concreto, caso en el cual la mezcla deberá ser diseñada para cumplir también con dicho requerimiento.

Aunque no es obligatoria, resulta recomendable la elaboración de probetas prismáticas de sección cuadrada, para someterlas a flexión mediante cargas en los tercios (norma de ensayo MTC E 709), simultáneamente con la elaboración y ensayo de los cilindros a compresión, con el fin de disponer de una correlación entre las dos resistencias.

El Contratista deberá remitir al Supervisor el diseño completo de la mezcla, mostrando las proporciones de los ingredientes y los resultados de la resistencia a compresión del concreto a 7 y 28 días, así como el módulo de elasticidad y la densidad del concreto endurecido, determinada según la norma de ensayo ASTM C 642. El diseño deberá incluir una copia de todos los formularios de ensayo, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, indicando tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre el cemento, el agua y los eventuales aditivos. También, deberá incluir el módulo de finura de la arena y el contenido de aire incluido en la mezcla. El diseño no podrá tener una edad superior a 90 días y la producción industrial de la

mezcla no podrá comenzar hasta que el Supervisor apruebe por escrito el informe de diseño.

Durante la etapa de producción, se deberá reajustar la fórmula de trabajo cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- La marca del cemento
- El tipo de agregado grueso.
- El tipo de agregado fino o su módulo de finura en más de 0,2.
- La naturaleza o proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra.
- La procedencia del agua.

403.C.24 Tramo de prueba

Aprobados por el Supervisor la fórmula de trabajo y el informe con el diseño de la mezcla, se procederá a la realización de un tramo de prueba con el mismo equipo, velocidad de puesta en obra y espesor de capa que se vayan a utilizar en la obra. La construcción de este tramo de prueba, de mínimo 20 m de longitud, en un ancho que determine el Supervisor, será obligatoria en proyectos diseñados para vías con alto tránsito de diseño. Su obligatoriedad para niveles de tránsito menores deberá ser establecida en los documentos contractuales del respectivo proyecto.

El tramo servirá para verificar las condiciones de elaboración de la mezcla y para comprobar que la colocación es adecuada y que los medios de vibración disponibles son capaces de compactar adecuadamente el concreto en todo el espesor del pavimento; que se pueden cumplir las limitaciones sobre uniformidad y lisura establecidas por la presente especificación; que el proceso de curado y protección del concreto fresco es adecuado y que las juntas se podrán realizar correctamente.

En caso de que los resultados del primer tramo no sean satisfactorios, éste se demolerá por cuenta del Contratista y se construirá otro u otros, introduciendo variaciones en los equipos, métodos de ejecución o, incluso, en la dosificación, hasta obtener una base con las condiciones exigidas. Logrado esto, se podrá proceder a la construcción de la base contratada.

Del tramo satisfactorio se extraerán 8 núcleos cilíndricos de 15 cm de diámetro para determinar la resistencia a compresión. Estos testigos se tomarán conforme lo indica la norma MTC E 707. 4 de ellos se tomarán a los 7

días de la puesta en obra y los otros 4 a los 28 días de la puesta en obra, en sitios distantes entre sí no menos de 7 m en sentido longitudinal y a no menos de 50 cm de cualquier junta o borde.

Los testigos se sumergirán en agua durante 48 horas y se someterán en seguida al ensayo de compresión (MTC E 704). Los valores de resistencia obtenidos se corregirán por esbeltez, siempre que corresponda.

La extracción de los testigos servirá, también, para observar la homogeneidad del concreto colocado como verificación de los procesos de colocación y vibrado. La eventual presencia de hormigueros hará obligatoria la demolición de los tramos afectados y el replanteamiento completo de los procesos de colocación y vibrado del concreto.

Con los valores de resistencia de estos testigos se determinarán los valores estimados de la resistencia característica a compresión, de acuerdo con el procedimiento indicado en la **Subsección 403.C.40(c)(3)**. La resistencia se considerará satisfactoria, si el valor estimado de resistencia característica a siete días iguala o supera la resistencia característica del concreto a compresión a la misma edad, correspondiente al valor mínimo admisible indicado en la **Tabla 403.C-04**, y si el valor estimado de resistencia característica a 28 días se encuentra dentro del rango establecido en la misma Tabla o supera el mínimo exigido. Si el valor estimado de resistencia característica a 28 días es inferior a la mínima especificada, el tramo se demolerá por cuenta del Contratista y se construirá uno nuevo, también a su cargo.

A todos los testigos extraídos se les determinará la densidad, según la norma de ensayo ASTM C642.

Todos los orificios resultantes de la extracción de testigos del tramo de prueba aprobado, para determinar la resistencia y la densidad de la base terminada, deberán ser rellenados, vibrados y curados por el Contratista, sin costo para la entidad contratante, con un concreto de igual o mayor resistencia que el extraído.

403.C.25 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos o definidas por el Supervisor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación de la unidad de obra

correspondiente, se corregirán de acuerdo con lo establecido en ella, y aprobado por el Supervisor.

Cuando la superficie existente presente deficiencias en las cotas en relación con las previstas en los planos o aprobados por el Supervisor, la deficiencia deberá completarse con material de base de concreto hidráulico. El volumen de concreto colocado para suplir dicha deficiencia no será objeto de pago, si la capa de apoyo fue construida en desarrollo del mismo contrato.

Antes de verter el concreto, se humedecerá la superficie de apoyo, sin que se alcance la saturación, para prevenir pérdidas rápidas en la humedad de la mezcla. En todos los casos, se prohibirá circular sobre la superficie preparada, salvo las personas y los equipos indispensables para la ejecución del pavimento.

Los requisitos indicados en este numeral rigen, también, para el tramo de prueba al cual hace referencia la Subsección precedente.

403.C.26 Elaboración de la mezcla

a. Manejo y almacenamiento de los agregados pétreos

Resulta aplicable lo indicado en la **Subsección 438.08(a).**

b. Suministro y almacenamiento del cemento

Rige lo indicado en la **Subsección 438.08(b).**

c. Almacenamiento de aditivos

Se aplicará lo descrito en la **Subsección 438.08(c).**

d. Mezcla de los componentes

La mezcla se realizará en una planta central, conforme se describe en la **Subsección 403.C.13**

El amasado se realizará mediante dispositivos capaces de asegurar la completa homogeneización de todos los componentes. La cantidad de agua añadida a la mezcla será la necesaria para alcanzar la relación agua/cemento fijada por la fórmula de trabajo; para ello, se deberá tener en cuenta el agua aportada por la humedad de los agregados, especialmente el fino.

Los aditivos en forma líquida o en pasta se añadirán al agua de amasado, mientras que los aditivos en polvo se deberán introducir en el mezclador junto con el cemento o los agregados.

A la descarga del mezclador, todo el agregado deberá estar uniformemente distribuido en el concreto fresco, y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de pasta de cemento.

Los tiempos de mezcla y amasado, necesarios para lograr una mezcla homogénea y uniforme, sin segregación, así como la temperatura máxima del hormigón al salir del mezclador, serán fijados durante la realización del tramo de prueba especificado en la **Subsección 403.C.24**.

Antes de volver a cargar el mezclador, se vaciará totalmente su contenido. Si hubiera estado detenido por más de 30 minutos, se limpiará perfectamente antes de volver a verter materiales dentro de él. De la misma manera se procederá antes de comenzar la fabricación de concreto con un nuevo tipo de cemento.

403.C.27 Transporte del concreto

Se aplica lo indicado en la **Subsección 438.09.**

403.C.28 Colocación de los encofrados

Rige lo descrito en la **Subsección 438.10.**

403.C.29 Colocación de elementos de guía para pavimentadoras de encofrados deslizantes

Resulta aplicable lo indicado en la **Subsección 438.11.**

403.C.30 Colocación del concreto

Según se indica en la **Subsección 438.13.**

403.C.31 Ejecución de las juntas en fresco (recientemente colocado)

Resulta aplicable lo indicado en la **Subsección 438.15.**

403.C.32 Acabado superficial

El acabado de los pavimentos construidos entre encofrados fijos se realizará con una terminadora autopropulsada que pueda rodar sobre los encofrados o carriles adyacentes, la disposición y movimiento del elemento enrasador serán los adecuados para eliminar las irregularidades superficiales y obtener el perfil, sin superar las tolerancias prefijadas.

El acabado de bases construidas con pavimentadoras de encofrados deslizantes deberá ser efectuado por la misma máquina pavimentadora, la cual deberá disponer de los elementos necesarios para ello.

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores a 10 mm. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

Se prohibirá el riego de agua o la extensión de mortero sobre la superficie para facilitar el acabado y corregir irregularidades de la base.

La superficie terminada de la base de concreto hidráulico deberá quedar libre de áreas porosas y de resaltos de mortero y otras proyecciones, y no requerirá ninguna operación especial de texturizado.

403.C.33 Protección del concreto fresco

Rige lo indicado en la **Subsección 438.18.**

403.C.34 Curado del concreto

El curado de la base de concreto hidráulico se deberá realizar inmediatamente después del acabado final, empleando el producto especificado, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial.

El curado se deberá realizar en todas las superficies libres, incluyendo los bordes de la base, por un período no inferior a 7 días y, de ser posible, se deberá prolongar hasta 10 días. Sin embargo, el Supervisor podrá modificar dicho plazo, de acuerdo con los resultados obtenidos sobre muestras del concreto empleado en la construcción del pavimento.

El producto de curado se deberá aplicar en dos capas, la primera de ellas una vez terminado el acabado final y la segunda, con función antiadherente, dentro de las 48 horas previas a la extensión del concreto de la capa superior. En ningún caso, el producto se aplicará en momentos de lluvia.

Su aplicación se llevará a cabo asegurando su aspersión como un rocío fino, de forma continua y uniforme, en la cantidad aprobada por el Supervisor, la cual no podrá ser inferior a 250 g/m^2. El equipo aspersor deberá estar en

capacidad de mantener el producto en suspensión y tendrá un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

Si por algún motivo la membrana sufre deterioro durante el período de curado, las áreas afectadas deberán ser reparadas inmediatamente.

403.C.35 Desencofrado

Cuando la base se construya entre encofrados fijos, el desencofrado se efectuará luego de transcurridas 18 horas a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el Supervisor podrá aumentar o reducir el tiempo, en función de la consistencia alcanzada por el concreto.

403.C.36 Apertura al tránsito

No se deberá permitir las circulación de ningún tipo de tránsito sobre la base de concreto hidráulico, mientras ésta no haya alcanzado una resistencia a la compresión de, cuando menos, 5 MPa.

403.C.37 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la extensión de la mezcla para la construcción de la base de concreto hidráulico, mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente.

Los trabajos de construcción de la base de concreto hidráulico se deberán realizar en condiciones de luz solar.

El vaciado del concreto se deberá interrumpir cuando se produzcan precipitaciones pluviales, debiendo autorizar el Supervisor el reinicio del mismo, cuando dicho evento haya culminado.

En zonas calurosas, se deberán extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de 30ºC, se deberá contemplar el empleo de aditivos retardadores de fraguado y/o el empleo de agua fría en la elaboración de la mezcla. La temperatura de la mezcla no podrá exceder de 38ºC durante el vaciado.

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, tampoco podrá ser inferior a 6ºC y se prohibirá la puesta en obra sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a 0ºC o cuando la temperatura ambiental sea inferior a 6ºC.

403.C.38 Control ambiental

Todas las labores requeridas para la construcción de la base de concreto hidráulico se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del Proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales; así como del Plan de Manejo Ambiental del Proyecto.

Así mismo, se controlará que los procesos de preparación de agregados; elaboración, transporte, colocación de la mezcla y el acabado de la base, se realicen cumpliendo las normas ambientales vigentes.

Al término de los trabajos de construcción de la base de concreto hidráulico, el Contratista deberá limpiar la superficie y retirar todo material sobrante o desperdicio, transportarlo y depositarlo en un DME, según lo establecido en la **Sección 209.**

403.C.39 Conservación

La base de concreto hidráulico deberá ser mantenida en buenas condiciones por el Contratista, hasta la colocación de la capa superior o recepción de la obra, sin que ello implique costo adicional alguno para la entidad contratante.

Aceptación de los trabajos

403.C.40

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles:

- Verificar el estado y el funcionamiento del equipo mecánico.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por las especificaciones técnicas.
- Controlar la adecuada aplicación del método de trabajo aprobado en cuanto a la elaboración, manejo de los agregados, transporte, colocación, compactación, ejecución de juntas, acabados y curado de las mezclas de concreto que constituyen la base.

- Efectuar los ensayos necesarios para el control de calidad de los trabajos.
- Verificar acorde a la norma aplicable el asentamiento (slump) y el contenido de aire de la mezcla.
- Tomar según lo especificado, muestras de la mezcla, para las pruebas de resistencia correspondiente.
- Tomar según lo especificado, muestras para determinar el espesor, densidad y resistencia, de la base.
- Realizar según lo especificado, los controles para comprobar la uniformidad de la superficie de la base terminada.

Los orificios que dejen las muestras tomadas para las pruebas correspondientes serán rellenados por el Contratista, sin costo alguno para la entidad contratante, con una mezcla de similares características que la empleada en la construcción de la base, la cual será compactada, enrasada y curada adecuadamente y aprobada por el Supervisor.

b. Condiciones específicas y tolerancias para la aceptación

1. Calidad del cemento

El Supervisor verificará que el cemento, cumpla con lo especificado en las normas NTP 334.009 ó NTP 334.090, y cuente con las certificaciones de calidad vigentes del fabricante.

2. Calidad el agua

El Supervisor verificará que la calidad del agua cumpla con las exigencias establecidas en la **Subsección 403.C.05.**

3. Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- El desgaste en la máquina de Los Ángeles.
- Las pérdidas en el ensayo de solidez (durabilidad) en sulfato de magnesio.
- El equivalente de arena del agregado fino.

- El contenido de materia orgánica del agregado fino mediante el ensayo colorimétrico.
- Pruebas de detección de sustancias perjudiciales.

La curva granulométrica de cada ensayo individual se deberá ajustar a la franja de tolerancia. Esta franja se construirá a partir de la granulometría de diseño de la mezcla (Fórmula de Trabajo aprobada), con los límites fijados en la **Tabla 403.C-05.**

Tabla 403.C-05

Tolerancias granulométricas respecto de la fórmula de trabajo

Tamiz	Tolerancia en puntos de % sobre el peso seco de los agregados
4,75 mm (N.º 4) y mayores	±4
450 µm (N.º 40)	±3
75 µm (N.º 200)	±2

Para comprobarse las características de los agregados y el agua deberán efectuarse los ensayos correspondientes con la frecuencia que se indica en la **Tabla 403.C-08.**

4. Calidad de los productos químicos para curado

El Contratista deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes ó de los proveedores de estos productos, que garanticen su calidad, para la revisión y autorización de uso por parte del Supervisor.

c. Calidad de la mezcla

1. Consistencia

El Supervisor controlará la consistencia de cada carga transportada, para lo cual extraerá una muestra antes de la colocación del concreto, para someterla al ensayo de asentamiento. El resultado obtenido se deberá ajustar de acuerdo al establecido en la Fórmula de Trabajo aprobada, con las tolerancias que muestra la **Tabla 403.C-06**. Si el asentamiento se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o por

fuera del rango aceptado en la Tabla 403.C-04, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y tolerancias especificados, se aceptará el viaje. En caso contrario, se rechazará.

Tabla 403.C-06

Tolerancia en el asentamiento y en el contenido de aire respecto de los definidos en la fórmula de trabajo

Característica	Construcción	Tolerancia
Asentamiento	Encofrados fijos	25 mm a 38 mm
	Encofrados deslizantes	13 mm a 38 mm
Aire	Encofrados fijos	+ 1,8 %
	Encofrados deslizantes	+ 1,8 %

2. Contenido de aire

El Supervisor controlará el contenido de aire en la mezcla transportada por cada uno de los tres primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y los tres primeros después de cada interrupción, programada o no, durante el curso de la jornada. Los resultados se deberán ajustar al valor establecido al definir la fórmula de trabajo aprobada, con las tolerancias que muestra la Tabla 403.C-06. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o excede el valor máximo aceptado en la Tabla 403.C-04, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y las tolerancias especificados, se aceptará el viaje. En caso contrario, se rechazará. Si se rechaza el concreto de los tres camiones consecutivos por este motivo, se suspenderán la producción de la mezcla y la construcción de la base, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

3. Control de Resistencia

Se deberá determinar la resistencia a compresión del concreto (norma de ensayo MTC E 704) a los 7 y 28 días.

Se considerará como "lote", que se aceptará o rechazará en bloque, la menor cantidad de base construida con el mismo tipo de mezcla, que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.
- 350 m^3 de concreto colocado.

De cada lote definido para inspección se moldearán probetas para un mínimo de 5 ensayos, constituido cada ensayo por 2 probetas, cuyas dimensiones, preparación y curado deberán estar de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 702.

Las probetas deberán ser curadas en obra durante 48 horas antes de moverlas, y serán ensayados a la compresión a los 7 días de curado, conforme a la norma de ensayo MTC E 704. De los resultados obtenidos por cada par de probetas, se tomará el de mayor valor como representativo de la resistencia del ensayo, salvo que la diferencia entre las dos resistencias exceda del 10% del valor menor, caso en el cual se tomará este último como representativo. Los valores de todos los ensayos de la muestra que representa al lote se promediarán.

La conformidad o no conformidad de la mezcla, se establecerá como se indica a continuación:

- Se determinará el valor estimado de la resistencia característica del concreto del lote sometido a evaluación, a partir de la expresión:

$$f_{c,est} = f_{c,7} - (k_x \, s)$$

Donde:

$f_{c,est}$ = Valor estimado de la resistencia característica a la compresión, del concreto del lote al que representa la muestra.

$f_{c,7}$ = Valor promedio de los ensayos de resistencia a compresión, a una edad de 7 días, de los ensayos que integran la muestra que representa al lote.

$$f_{c,7} = \frac{\sum f_i}{n}$$

f_i = Resultado de un ensayo de resistencia a los 7 días.

n = Número de muestras que componen el lote.

k = Factor que establece el límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de 90%, se encuentra la resistencia del concreto que integra el lote. Este factor depende del número de ensayos (n) que integran la muestra y su valor se indica en la **Tabla 403.C-07.**

Tabla 403.C-07

Valores del factor k

n	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K	0,685	0,602	0,544	0,500	0,465	0,437	0,413	0,393	0,376	0,360	0,347

s = Desviación estándar de los resultados de los ensayos que integran la muestra.

$$s = \sqrt{\frac{\sum \left(f_i - f_{c,7} \right)^2}{n-1}}$$

El lote recibirá aceptación provisional, en relación con la resistencia de control, si:

$$f_{c,est} \geq f_{c,D}$$

Donde:

fc, D = Resistencia característica a compresión del concreto a 7 días, correspondiente al valor mínimo indicado en la **Tabla 403.C-04.**

Si no se satisface el criterio de resistencia para aceptación provisional, se rechazará el lote al cual representa la mezcla controlada.

d. Calidad del trabajo terminado

La capa de base terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las dimensiones, rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto, o las modificaciones aprobadas.

La distancia entre el eje del Proyecto y el borde de la capa construida no podrá ser menor que la indicada en los planos o las modificaciones aprobadas.

La cota de cualquier punto de la base curada no deberá tener una diferencia mayor o menor de 10 mm de la proyectada.

Además, el Supervisor deberá efectuar las siguientes verificaciones:

1. Espesor

El espesor de la base de concreto hidráulico se verificará mediante la norma de ensayo MTC E 712 sobre los núcleos extraídos de la capa para la verificación de la resistencia definitiva.

El lote que se verifica se aceptará, en relación con el espesor, si el valor promedio de los núcleos respectivos (e_m) es igual o mayor que el espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (ei) deberá ser, como mínimo, igual al 90% del espesor de diseño (0,9 e_d), admitiéndose un solo valor por debajo de dicho límite. Si algún núcleo presenta un espesor mayor que el de diseño en más del 10%, para los cálculos del espesor promedio al cual se refiere este inciso se supondrá que su espesor es solamente 10% mayor que el de diseño (e_i=1,10 e_d).

Si el requerimiento del espesor promedio se cumple, pero más de un valor de espesor individual resulta inferior al 90% del espesor de diseño, se delimitarán las áreas donde los espesores no resultaron satisfactorios mediante la toma de núcleos adicionales, a separaciones no mayores de ≤5m. Delimitadas dichas zonas, se demolerá la base en la longitud definida y en todo el ancho del lote y se remplazará con una mezcla adecuada, en espesor conforme con el diseño, todo ello a costo del Contratista, y aprobado por el Supervisor.

Si el espesor promedio resulta inferior al espesor de diseño, pero ningún valor individual es inferior al 90% del espesor de diseño, el Supervisor podrá admitir el espesor construido, siempre que el Contratista suscriba el compromiso de compensar la merma con un espesor adicional de la capa superior, numéricamente igual al valor de la deficiencia, a fin de que el paquete estructural en su conjunto se mantenga invariable, sin que ello implique ningún reconocimiento monetario para la entidad contratante. En caso contrario se rechazará

el lote, que deberá ser demolido y reconstruido por el Contratista, a su costo y riesgo.

Si el espesor promedio resulta inferior al espesor de diseño y, además, existen valores individuales inferiores al 90% del espesor de diseño ($e_i \leq 0{,}9\ e_d$), se rechazará el lote, el cual deberá ser demolido y reconstruido por el Contratista, a su costo, y aprobado por el Supervisor.

2. Resistencia de la base de concreto hidráulico terminada

Independientemente de que se hayan superado los requerimientos indicados en la **Subsección 403.C.40(c)(3)** en relación con la resistencia de la mezcla de concreto, se deberá verificar la resistencia efectiva del concreto en la capa de base construida.

Al efecto, se extraerá por cada 350 m^3, en sitios escogidos al azar, al menos 5 núcleos cilíndricos para determinar la resistencia a la compresión. Estos elementos se tomarán conforme lo indica la norma MTC E 707.

La capa de base de la cual se extraen los elementos deberá tener una edad no menor a 28 días.

Los elementos se sumergirán en agua durante 48 horas y a continuación se someterán a la rotura por compresión.

Con los valores de resistencia obtenidos con estos especímenes, corregidos por esbeltez cuando corresponda, se estimará una resistencia característica definitiva ($f_{c,\ est\ definitiva}$).

El lote será aceptado de manera definitiva, en relación con la resistencia del concreto, si la resistencia característica definitiva iguala o supera la resistencia característica a compresión del concreto a 28 días, correspondiente al valor promedio utilizado para el diseño estructural del pavimento (o la resistencia a compresión equivalente a la resistencia promedio a flexión a 28 días empleada en el diseño estructural del pavimento):

$$f_{c,\ est\ definitiva} \geq f_{c,\ D}$$

Si esta condición de resistencia definitiva no se cumple, se rechazará el lote, el cual deberá ser demolido y reconstruido por el Contratista, a su costo. Alternativamente, el lote podrá ser aceptado por el Supervisor,

si el Contratista realiza un rediseño del pavimento para el lote, en función del espesor promedio de la base y la resistencia característica definitiva del concreto, y suscribe un compromiso para construir, a su responsabilidad y costo, el espesor adicional de capa de rodadura, respecto del contratado, que sea necesario según los cálculos estructurales, para compensar las deficiencias que presente la capa de base de concreto hidráulico. Para efectos del rediseño del pavimento, se empleará el mismo método utilizado en el diseño original. El rediseño deberá contar con la aprobación del Supervisor.

Todas las obras de reconstrucción que se deban efectuar, serán sometidas a los mismos controles descritos en Sección para la base original.

La obligación de ejecutar cualquier corrección, no podrá ser utilizada por el Contratista como excusa para incumplir el plazo de ejecución de las obras.

3. Densidad del concreto

A los testigos extraídos de la base terminada se les determinará su densidad, según la norma de ensayo ASTM C 642. Los resultados deberán ser reportados, pero no se emplearán como criterio para aceptación o rechazo de la base construida.

e. Ensayo de deflectometría sobre la base terminada

Se realizarán ensayos de deflectometría sobre la base terminada teniendo en cuenta lo que resulte aplicable de la **Subsección 202.20.**

Además de la viga Benkelman pueden utilizarse otros equipos tales como curviámetros, deflectómetros de impacto y otros con la aprobación del Supervisor y teniendo como referencia las recomendaciones de las normas NLT-333 y NLT-338.

Tabla 403.C-08

Ensayos y Frecuencias

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Base de Concreto hidráulico	Granulometría	MTC E 204	750 m³	Cantera
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	2.000 m³	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	2.000 m³	Cantera
	Sales Solubles	MTC E 219	2.000 m³	Cantera
	Partículas fracturadas	MTC E 210	2.000 m³	Cantera
	Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	2.000 m³	Cantera
	Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 221	2.000 m³	Cantera
	Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	2.000 m³	Cantera
	Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	2.000 m³	Cantera
	Índice plástico	MTC E 111	2.000 m³	Cantera
	Terrones de arcilla y partículas deleznables	MTC E 212	2.000 m³	Cantera
	Partículas livianas	MTC E 211	2.000 m³	Cantera
	Contenido de Sulfatos expresados como SO4-	MTC E 218	2.000 m³	Cantera
	Absorción de agua	MTC E 205	2.000 m³	Cantera
	Contenido de materia orgánica	MTC E 213	2.000 m³	Cantera
	10% de finos	BS 812 part 110	2.000 m³	Cantera
	pH	NTP 339.073	2.000 m³	Fuente de agua
	Compresión	MTC E 1101 MTC E 1103	2 muestras por día	Pista

Notas:

(1) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y /o característica.

Medición

403.C.41

La unidad de medida del pavimento de concreto hidráulico será el metro cúbico (m³), aproximado al décimo de metro cúbico, de concreto suministrado, colocado, compactado y terminado, debidamente aprobado y aceptado por el Supervisor.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y el espesor especificados en los planos o modificados por el Supervisor. No se medirán cantidades por fuera de estos límites.

Pago

403.C.42

El pago se hará por metro cúbico (m^3) al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo esta especificación y cuente con la aprobación del Supervisor.

Se aplica lo especificado en la **Subsección 400.09**.

Deberá cubrir, también, costos y colocación de los pasadores, varillas de unión, mallas electrosoldadas, elementos para separación del pavimento o curado y materiales para el sello de todas las juntas según lo contemple el proyecto; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado, la ejecución de juntas, el acabado superficial y el curado requerido; en general todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados y lo especificado en la **Subsección 07.05.**

Partida de pago	Unidad de pago
403.C.A Base de concreto hidráulico	Metro cúbico (m^3)

SECCION 412

PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE MATERIALES

SECCIÓN 412

Plantas de producción de materiales

Descripción

412.01

Esta Sección se refiere a las consideraciones, criterios y actividades que se deberán tener en cuenta para la instalación, operación, desmontaje y retiro de las plantas de producción de materiales, los que estarán contemplados en el Plan de Manejo para Plantas de Producción, al que hace referencia la **Sección 412.06**

Previo al inicio de cualquier actividad referente a esta partida, el Contratista deberá contar con el Plan de Manejo para Plantas de Producción de Materiales, debidamente aprobado por el Supervisor y las entidades públicas y privadas que correspondan, incluyendo todos los permisos legales.

Materiales

412.02

Los materiales necesarios para cumplir con la presente especificación, deberán ser los establecidos en el Proyecto, que deberán ser aprobados por el Supervisor.

Requerimientos de construcción

412.03

La ubicación e instalación de las plantas de asfalto, concreto u otras, deberá tener en cuenta criterios ambientales, escogiéndose preferentemente lugares planos, desprovistos de cubierta vegetal y alejados áreas pobladas. Cuando se trate de obras en áreas urbanas o cercanas a éstas, deberá solicitarse las autorizaciones correspondientes para su ubicación.

El procedimiento de trabajo en este caso, deberá obedecer a lo indicado en el Plan de Manejo para Plantas de Producción de Materiales, que se refiere en la **Subsección 412.06**

Durante el período de construcción se deberá reducir al mínimo la contaminación por ruido, residuos, gases, humo y partículas en suspensión y sedimentables generados por las plantas de producción. Para tal efecto, las emisiones se regirán por los límites establecidos por la legislación vigente.

El Contratista deberá especificar los métodos de control de emisiones atmosféricas y de ruido que se utilizarán. Estos métodos deberán ser presentados y aprobados por el Supervisor antes de iniciar los trabajos.

Todas las instalaciones deberán contar con dispositivos o elementos necesarios para evitar la contaminación del ambiente como, por ejemplo, los producidos por desechos sólidos, derrames de materias tóxicas o peligrosas, emisiones de gases, ruidos y partículas transportables por el viento.

No obstante a lo indicado en el párrafo anterior, si hubiera consideraciones especiales no atendidas en el Plan de Manejo para Plantas de Producción de Materiales, que pudieran implicar daño para el medio ambiente, será responsabilidad del Contratista indicarlas al Supervisor, incluyendo las medidas adecuadas para cada caso.

Medición

412.04

Esta actividad no es materia de medición.

Pago

412.05

Las plantas de producción de materiales no es objeto de pago específico, teniendo en consideración que los costos de los materiales producidos forman parte de los precios unitarios correspondientes.

412.06 Plan de Manejo para Plantas de Producción de Materiales

El Contratista debe contar con un plan de manejo de plantas de producción de materiales, acorde con la normativa legal y reglamentaria vigente, el cual debe ser aprobado por el Supervisor.

412.07 Criterios de localización

Para la instalación de plantas de producción de materiales, se deberán considerar entre otros los siguientes criterios ambientales:

- Evitar la afectación de los lugares donde exista flora y fauna en zonas o áreas protegidas.
- Evitar la afectación de restos arqueológicos y sitios históricos.
- Evitar la afectación de terrenos con procesos erosivos, riesgos de alteraciones geofísicas o riesgos de inundación.
- Evitar la proximidad con poblados, caseríos o aldeas, guardando distancias mínimas que se especifique en el Proyecto y sean aprobadas por el Supervisor, acorde a la normatividad vigente.

Para la localización de la Planta se deberá tener en cuenta, la dinámica eólica natural, evitando su localización a barlovento de un centro poblado ubicado a menos de 100 metros.

412.08 Contenidos del Plan de Manejo para Plantas de Producción de Materiales

A continuación se indica los contenidos mínimos:

a. Antecedentes generales:

- Nombre de la Instalación.
- Ubicación: Región, Provincia, Distrito, Distancia Acumulada del lugar donde se conecta con un camino público.
- Identificación de los accesos, indicando distancia respecto al punto más cercano del Proyecto (camino recorrido) y distancia en línea recta a zonas pobladas.
- Superficie.
- Tipo de producción.

- Plazo de duración de la planta en operación.
- Inicio y fin de las actividades.
- Tipo de insumo y/o recurso.
- Fotografías del área de emplazamiento, antes, durante y después de ocupado el lugar.
- En caso de que existan en el estudio del Proyecto, se complementará el análisis con fotografías aéreas de la zona de emplazamiento.
- Plano de planta general con la ubicación de las oficinas, almacén de materiales, talleres, plantas de producción a escala 1:100 ó 1:200.
- Permisos sectoriales y ambientales requeridos. Cuando se trate de obras en áreas urbanas o cercanas a éstas, deberá solicitarse la autorización para su ubicación.
- Autorizaciones o permisos para ocupación de terrenos, según sea la propiedad privada o pública.
- Señalar el procedimiento para tratar los residuos provenientes de la planta, tales como, restos de desechos provenientes del mantenimiento de la planta o de sus maquinarias que, en general, se encuentran contaminados con productos derivados del petróleo.

b. Características del entorno:

- Caracterización del estado actual de los componentes ambientales.
- Determinación de áreas sensibles para las cuales se deberán definir medidas ambientales especiales.
- Identificación de los lugares con presencia de restos arqueológicos y sitios históricos.

c. Descripción de actividades

- Horario de trabajo.
- Flujo de camiones y maquinarias.
- Sectores para la disposición de residuos sólidos y líquidos.
- Número de trabajadores.
- Tecnologías utilizadas para la producción de materiales.

- Señalamiento de la producción bruta diaria (m^3/día) y promedio semanal, quincenal o mensual.
- Esquema del proceso constructivo.

d. Identificación y valoración de impactos

e. Medidas ambientales

Señalar las medidas de prevención, mitigación, reparación y compensación para los impactos identificados y valorados, originados por cada actividad, incluyéndose:

- Objetivos
- Características técnicas de la medida
- Lugar de aplicación

f. Monitoreo ambiental

Definir un monitoreo de las variables y las medidas propuestas para que se minimice el efecto sobre ellas, las que deberán ser aprobadas por el Supervisor.

g. Retiro de la instalación

Definición de las actividades y acciones necesarias para restaurar el área de la instalación, con el fin de restablecer las condiciones iniciales, previas a su instalación.

- Definición del uso posterior que se le dará al área explotada, si corresponde.
- Se deberá considerar la realización de una recepción ambiental preliminar, y otra al final del retiro de las instalaciones, por parte del Supervisor.

412.09 Documentación requerida

- Plan de Manejo para Plantas de Producción de Materiales, según contenidos indicado.
- Permisos y autorizaciones de las autoridades competentes.

412.10 Consideraciones ambientales para la operación de plantas de producción de materiales

- Reducir al mínimo, durante el período de operación, la contaminación por ruido, residuos, gases, humo y partículas en suspensión y sedimentables generadas por las plantas de producción. Para tal efecto, las emisiones se regirán por los límites establecidos en la legislación y normatividad vigente.
- El Contratista deberá especificar los métodos de control de emisiones atmosféricas y de ruido que se utilizarán. Estos métodos deberán considerar aquellos contenidos en el plan de manejo ambiental de plantas de producción de materiales y otros indicados por el Contratista, los cuales serán aprobados por el Supervisor.
- Todas las instalaciones deberán contar con dispositivos especiales diseñados para evitar la contaminación del ambiente, como aquellos producidos por desechos sólidos, derrames de materias tóxicas o peligrosas, emisiones de gases, ruidos y partículas trasportables por el viento.
- La planta de producción de materiales solo podrá comenzar a operar una vez que se cuente con la aprobación del Supervisor.

412.11 Consideraciones ambientales para el retiro de plantas de producción de materiales

- Terminada la producción de materiales, se deberán limpiar los lugares afectados, a fin de restituir y/o mejorar las condiciones del lugar, previas a la instalación de la planta.
- Si se ha utilizado suelos de uso agrícola, se deberán implementar las medidas para recuperar la capacidad agrícola que tenía el terreno antes del inicio de los trabajos.
- Relleno de pozos y retiro de todo vestigio de ocupación del lugar.
- Solo podrán permanecer dentro del área de la planta aquellos elementos o estructuras que presten utilidad, que constituya mejora para el ambiente y que sean autorizados por el Supervisor.

- Se deberá considerar la realización de una recepción ambiental preliminar, y otra al final del retiro de las instalaciones, por parte del Supervisor.

412.12 Planes especiales

Cuando las características del Proyecto y del área de emplazamiento lo hagan necesario, el Contratista deberá elaborar planes de manejo ambiental especiales. En general, este requisito estará condicionado a lo que señale cada Proyecto en particular. En efecto, en la etapa de estudio del Proyecto se deberá determinar la pertinencia de solicitar estos planes.

Por otra parte, la elaboración e implantación de estos planes estará condicionada al lugar que se elija para el emplazamiento de obras anexas. Este emplazamiento será definido por el Contratista y aprobado por el Supervisor.

SECCION 413

CAPA DE AGREGADO - SUELO VEGETAL PARA RECUBRIMIENTO

SECCIÓN 413

Capa de agregado - suelo vegetal para recubrimiento

Descripción

413.01

Este trabajo consiste en enrasar y colocar una capa de agregado mezclado con suelo vegetal y semillas sobre superficies tales como taludes y áreas complementarias de la vía, con la finalidad principal de dar protección a dichas áreas contra los efectos de erosión.

Materiales

413.02 Agregado

Debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Granulometría: AASHTO M 43 Nº 57.
- Calidad: AASHTO M 80 clase E.

413.03 Semillas

No se usará semilla húmeda, contaminada o deteriorada. Debe suministrarse cada tipo de semilla en un contenedor separado. Cada recipiente debe estar rotulado con lo siguiente:

- Nombre y tipo de semilla.
- Número de lote.
- Peso neto.
- Porcentaje de pureza, germinación y semilla dura.
- Porcentaje máximo de contenido de semilla de maleza.

413.04 Suelo vegetal

Debe cumplir lo indicado en la **Subsección 901.02**.

413.05 Agua

El agua debe estar libre de sustancias peligrosas para la vida de las plantas, como: aceites, ácidos, álcalis, o sales.

Requerimientos de construcción

413.06 Preparación de la superficie

El área donde se colocará la mezcla de agregado-suelo vegetal se escarificará hasta una profundidad de 7.5 cm. Para el caso de los taludes se efectuará la remoción manual del mismo espesor.

413.07 Dosificación, Colocación y Compactación

Se preparará la mezcla con 50±10% de agregados y 50±10% de suelo vegetal por volumen, con suficiente agua para su compactación.

Los componentes se batirán para formar una mezcla homogénea que será distribuida sobre la superficie preparada, en una capa uniforme. Se colocará la mezcla con el alineamiento y pendiente de la sección transversal y se retirarán los terrones y piedras mayores de 5 cm. Antes de compactar, se esparcirá la semilla seca sobre la mezcla, en las cantidades que establezca el Proyecto y apruebe el Supervisor.

La densidad máxima de la mezcla será calculada de acuerdo a la AASHTO T 99, método C. Se compactará la mezcla a no menos del 90% de la densidad máxima y se determinará la densidad in situ conforme a la AASHTO T 238 u otro método de prueba aceptado. Después de la compactación, se esparcirá de nuevo semilla seca, en las cantidades que establezca el Proyecto y apruebe el Supervisor.

413.08 Aprobación

El Supervisor aprobará el trabajo una vez que este haya sido satisfactoriamente concluido de acuerdo al Proyecto y las especificaciones técnicas.

Debe proporcionarse toda la información necesaria del avance, proceso del trabajo y del control del comportamiento de la obra, de manera que se pueda comprobar que se cumple con los requisitos del contrato.

Las pruebas a realizarse comprenden los ensayos y frecuencias indicadas en la **Tabla 413-01.**

Las semillas deberán contar con los certificados de control de calidad del productor.

Tabla 413-01

Ensayos y Frecuencias

Material	Propiedades	Métodos de ensayo	Frecuencia	Lugar de muestreo
Agregados para mezcla	Graduación	AASHTO T 27 AASHTO T 11	1 de cada 1.500 toneladas	Fuente de apilamiento
Agregados-Suelo vegetal	Humedad - Densidad	AASHTO T 99 Método C	1 de cada mezcla o cambio de material	Material procesado antes de incorporado al trabajo
	Contenido de humedad y densidad in situ	AASHTO T 238 y T 239 u otros aprobados	1 de cada 2.500 m^2	Material compactado

Medición

413.09

La medida se hará por metro cuadrado (m^2).

Pago

413.10

Las cantidades aceptadas y medidas conforme a lo anterior, se pagarán de acuerdo al precio unitario del contrato. El pago será la compensación total por el trabajo prescrito en esta sección, incluyendo el riego periódico para asegurar el crecimiento de las plantas.

Ítem de pago	Unidad de pago
413.A Capa de Agregado-Suelo Vegetal para recubrimiento	Metro cuadrado (m^2)

SECCION 414

SEPARACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y CAPAS GRANULARES CON GEOTEXTIL

SECCIÓN 414

Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil

Descripción

414.01

El trabajo consiste en la colocación de un geotextil y una capa de material granular sobre una superficie de suelo previamente preparada, con la finalidad de evitar efectos de contaminación, de acuerdo a lo establecido en el Proyecto y aprobado por el Supervisor.

Materiales

414.02 Geotextiles

Los geotextiles deberán satisfacer los requisitos que se indiquen en el Proyecto y deben cumplir los requerimientos establecidos en las **Tabla 511-03** y **511-04**. Debe entenderse que estos límites corresponden a condiciones normales de instalación.

Las propiedades de los geotextiles dependen de los requerimientos de resistencia y de las condiciones de instalación de cada aplicación.

Equipo

414.03

Se deberá disponer de los equipos necesarios para colocar el geotextil y para explotar, procesar, cargar, transportar, colocar y compactar el material granular.

Requerimientos de construcción

414.04 Generalidades

El Contratista efectuará los trabajos con una adecuada coordinación entre las actividades de preparación del terreno, la colocación del geotextil y la colocación y compactación del material granular de manera que el geotextil quede expuesto el menor tiempo posible y que las molestias a los usuarios sean mínimas.

Será responsabilidad del Contratista la colocación de elementos de señalización en la zona de los trabajos, la cual deberá ser visible durante las 24 horas del día. La indicada señalización requerirá la aprobación del Supervisor.

414.05 Preparación del terreno

La colocación del geotextil sólo será autorizada cuando el terreno se haya preparado adecuadamente, removiendo de la subrasante material mayor a 2" y otros que puedan perforar o cortar el geotextil, excavando o rellenando hasta la rasante de diseño, de acuerdo a lo indicado en el Proyecto y aprobados por el Supervisor.

414.06 Colocación del geotextil

El geotextil se colocará sobre la superficie preparada. Si es necesario colocar más de un rollo de geotextil se deberá traslapar o coser según lo disponga el Proyecto y apruebe el Supervisor. El traslape deberá ser mínimo de 40 cm si el expediente técnico no indica lo contrario.

Para hacer las costuras, se deberán utilizar máquinas especialmente diseñadas para esta función. Las costuras se podrán hacer con hilo de poliéster o polipropileno, pero en ningún caso se podrá emplear hilo de fibra natural que tenga una tenacidad mayor que la de la cinta o la fibra del geotextil. El patrón de costura se determinará con ensayos en campo y debe cumplir por lo menos el 90% de la resistencia evaluada por el método de la tira ancha. El ensayo para costuras es ASTM D-4632.

No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir, por un lapso mayor de dos semanas en el caso de tejidos y de dos días en el caso de no tejidos.

414.07 Colocación del material de relleno

El material granular se descargará en un lugar previamente escogido y aprobado por el Supervisor. Posteriormente el material se esparcirá sobre el geotextil, empleando un método que no dé lugar a daños. No se permitirá el tránsito de maquinaria sobre el geotextil hasta que se extienda el material granular.

No se podrá compactar una capa granular sobre el geotextil menor de 15 cm.

414.08 Condiciones para la aprobación de los trabajos

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se realizarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado.
- Verificar que el terreno se prepare adecuadamente y que se cumplan las dimensiones de la rasante de diseño señaladas en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor.
- Verificar que el material granular cumpla las especificaciones del diseño.
- Verificar la correcta aplicación del método constructivo aprobado, indicado en lo relativo a la preparación del terreno, la colocación del geotextil y la colocación de la capa granular.
- Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Efectuar ensayos de control de calidad del geotextil y del material granular.
- Verificar que cada rollo de geotextil cuente con las características e información técnica suministrada por el fabricante y el número del lote.
- Verificar que cada lote tenga el certificado de calidad correspondiente.
- Para el muestreo del control de calidad en obra de los geotextiles, se deberá seguir la norma ASTM D-4354 que establece escoger al azar un número de rollos aplicando la sección titulada "Procedimiento de Muestreo para Ensayos de Conformidad de Especificaciones del Comprador". De cada rollo se deberán descartar las primeras dos

vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente se deberá tomar una muestra de un metro lineal por el ancho correspondiente al rollo y se deberá empacar y enviar a un laboratorio especializado en medir las propiedades mecánicas e hidráulicas de los geotextiles. No se permitirá que este laboratorio corresponda al fabricante y/o distribuidor de los geotextiles.

- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles se cubran con empaques que los protejan de la acción de los rayos ultravioleta, de la humedad, polvo, pinturas y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.

Aceptación de los trabajos

414.09 Calidad del geotextil

Cada despacho de geotextil deberá venir acompañado de una certificación del fabricante que garantice que el producto satisface las exigencias de calidad indicadas en los documentos del Proyecto y en esta especificación. El Contratista, de acuerdo con lo establecido en la **Subsección 511.12**, efectuará las pruebas especificadas en las **Tablas 511-1** y **511-3**, y el Supervisor rechazará el geotextil si éste incumple una o más de las exigencias de las pruebas.

Por ningún motivo se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

414.10 Calidad del trabajo terminado

Se aceptarán los trabajos realizados donde las dimensiones y los alineamientos se ajusten a los requerimientos del Proyecto y cuyos materiales y procedimientos de ejecución se ajusten a lo prescrito en esta especificación, lo cual deberá contar con la aprobación del Supervisor.

Medición

414.11 Geotextil

La unidad de medida del geotextil será el metro cuadrado (m^2), aproximado al décimo del metro cuadrado de geotextil realmente suministrado y colocado en

obra, teniendo en cuenta los traslapes, incluyendo la preparación del terreno y el material granular de relleno, debidamente aprobados por el Supervisor.

Pago

414.12

Esta actividad no es objeto de pago específico, teniendo en consideración que su costo formará parte de los precios unitarios correspondientes de la respectiva partida (capa anticontaminante, mejoramiento de suelos, etc.).

PAVIMENTOS FLEXIBLES

SECCION 415

DISPOSICIONES GENERALES

Sección 415

Disposiciones generales

Descripción

415.01

Contiene las disposiciones generales correspondientes a los trabajos de pavimentación flexible tales como riegos, sellos, tratamientos superficiales, emulsiones y morteros asfálticos, así como de concretos asfálticos en caliente y en frío.

Materiales

415.02

Los materiales a utilizar deberán corresponder a los siguientes requerimientos:

a. Agregados pétreos y filler o relleno mineral

Los agregados pétreos empleados para la ejecución de cualquier tratamiento o mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una capa del material asfáltico, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adecuada adherencia.

Para efecto de las presentes especificaciones, se denominará agregado grueso a la porción de agregado retenido en el tamiz de 4,75 mm (N.º 4); agregado fino a la porción comprendida entre los tamices de 4,75 mm y 75 µm (N.º 4 y N.º 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 µm (N.° 200).

El agregado grueso deberá proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios,

resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión con el asfalto. Sus requisitos básicos de calidad se presentan en cada especificación.

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última será establecida en el diseño aprobado correspondiente.

Los granos del agregado fino deberán ser duros, limpios y de superficie rugosa y angular. El material deberá estar libre de cualquier sustancia, que impida la adhesión con el asfalto y deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados en cada especificación.

El polvo mineral o llenante provendrá de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento portland. Podrá usarse una fracción del material preveniente de la clasificación, siempre que se verifique que no tenga actividad y que sea no plástico. Su peso unitario aparente, determinado por la norma de ensayo MTC E 205, deberá encontrarse entre 0,5 y 0,8 g/cm^3 y su coeficiente de emulsibilidad (NLT 180) deberá ser inferior a 0,6.

La mezcla de los agregados grueso y fino y el polvo mineral deberá ajustarse a las exigencias de la respectiva especificación, en cuanto a su granulometría.

b. Cemento asfáltico

El cemento asfáltico a emplear en los riegos de liga y en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento asfáltico y tal como lo indica la **Tabla 415-01**, según lo establecido en Proyecto y aprobado por el Supervisor.

Tabla 415-01

Selección del tipo de cemento asfáltico

Temperatura Media Anual			
24ºC o más	**24ºC - 15ºC**	**15ºC - 5ºC**	**Menos de 5ºC**
40-50 ó 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Los requisitos de calidad del cemento asfáltico son los que establecen las **Tablas 415-02** y **415-03.**

El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a la temperatura de 175°C.

El cemento asfáltico podrá modificarse mediante la inclusión de aditivos de diferente naturaleza tales como: rejuvenecedores, polímeros, o cualquier otro producto garantizado, con los ensayos correspondientes. En tales casos, las especificaciones particulares establecerán el tipo de aditivo y las especificaciones que deberán cumplir tanto el cemento asfáltico modificado como las mezclas asfálticas resultantes, que serán aprobadas por el Supervisor, al igual que la dosificación y dispersión homogénea del aditivo incorporado.

Las especificaciones particulares de los cementos asfálticos modificados con polímeros se describen en la **Sección 431** junto con sus requisitos de calidad, que se establecen las **Tablas 431-01**, **431-02** y **431-03.**

Tabla 415-02

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25ºC, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, ºC	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25ºC, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) (1)	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) (2)											
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163ºC, 3,2 mm, 5 h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25ºC, 5 cm/min, cm (3)	MTC E 306			50		75		100		100	

(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

(3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 ºC es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.

Tabla 415-03

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad

Características	Grado de Viscosidad				
	AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta a 60ºC, Poises	250±50	500±100	1.000±200	2.000±400	4.000±800
Viscosidad Cinemática, 135ºC St mínimo	80	110	150	210	300
Penetración 25ºC, 100gr, 5 s mínimo	200	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, ºC mínimo	163	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, % masa, mínimo	99	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo de película fina					
➢ Viscosidad Absoluta, 60°C, Poises máximo	1.250	2.500	5.000	10.000	20.000
➢ Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm, mínimo	100	100	50	20	10
Ensayo de la Mancha (Oliensies) [1]					
Solvente Nafta – Estándar	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

(1) Porcentajes de solvente a usar, se determinara si el resultado del ensayo indica positivo.

Fuente: ASTM D 3381, NTP

c. Emulsiones asfálticas

De acuerdo con la aplicación y según lo establezca la respectiva especificación, se utilizarán emulsiones catiónicas de rotura rápida, media y lenta, cuyas características básicas se presentan en la **Tabla 415-04.**

Las emulsiones catiónicas podrán ser modificadas mediante polímeros cuyas características se presentan en la **Tabla 415-04A** y **Tabla 432-01,** en tal caso las especificaciones de calidad, dosificación y dispersión del producto deberán ser las establecidas en el Proyecto y contar con la aprobación del Supervisor.

d. Asfaltos líquidos

Se aplicarán en determinados casos, según lo establezca la respectiva especificación.

Estos asfaltos pueden ser de curado medio (MC) o curado rápido (RC).

Las características básicas de los MC se presentan en la **Tabla 415-05** y de los RC en la **Tabla 415-06**.

Tabla 415-04

Especificaciones para emulsiones catiónicas

Tipo	Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta				Rotura rápida	
Grado	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		CQS-1H	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Prueba sobre Emulsiones														
- Viscosidad Saybolt Furol a 25ºCs	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20	100	20	100
- Viscosidad Saybolt Furol a 50ºCs	20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-	-	-	-
- Estabilidad de Almacenamiento, 24h,%(**)	.	1		1		1		1		1		1		1
Demulsibilidad, 35 cm^3, 0.8% Dioctilsulfosuccinato sódico, %	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Revestimiento y Resistencia al agua:														
- Revestimiento agregado seco					Bueno		Bueno							
- Revestimiento, agregado seco después del rociado					Aceptable		Aceptable							
- Revestimiento, agregado húmedo					Aceptable		Aceptable							
- Revestimiento, agregado húmedo después del rociado					Aceptable		Aceptable							
Carga de partícula	Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo	
Prueba de Tamiz % (**)	-	0,1	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	--	0,10	-	0,10
Mezcla con Cemento, %									-	2,0	-	2,0		
Destilación:														
- Destilación de aceite, por volumen de emulsión	-	3	-	3	-	12	-	12						
- % Residuo	60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-	57	-
Pruebas sobre el Residuo de destilación:														
- Penetración, 25ºC, 100 g, 5s	100(a) 50(a)	250(a) 150(a)	100(a) 50(a)	250(a) 150(a)	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90
- Ductilidad, 25ºC, 5 cm/min, cm	40		40		40		40		40		40		40	
- Solubilidd en Tricloretileno, %	97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5	

(*) CQS – 1H, emulsión que debe cumplir los requisitos considerados en la Norma D 3910.

CQS – 1h, usado para sistemas de mortero asfáltico.

(**) Este requerimiento de prueba en muestras representativas se exige.

(a) En función a las condiciones climáticas del Proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-150 ó 100-250)

Fuente: ASTM D 2397 y D 3910.

Tabla 415-04A

Especificaciones para emulsiones catiónicas con polímeros

Tipo	Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta		Norma
Grado	CRS-1P		CRS-2P		CMS-1P		CMS-2hP		CSS-1P		
	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	
Prueba sobre Emulsiones											
- Viscosidad Saybolt Furol a 25ºCs	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	MTC E430 -00
- Viscosidad Saybolt Furol a 50ºCs	20	-	20	-	20	-	20	-	-	-	MTC E 404-00
- Estabilidad de Almacenamiento, 24h,%(**)	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	
Carga de partícula	Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		MTC E 407-00
Residuo de evaporación, %	60		65		59		57		60		MTC E 411 -00
Sedimentación (a los 7 días), %		5		5		5		5		5	MTC E 404 -00
Prueba de tamiz, %		0,1		0,1		0,1		0,1		0,1	MTC E 405 -00
Mezcla con Cemento, %										2,0	MTC E 410 -00
- Revestimiento y Resistencia al agua:											MTC E 409 -00
- Revestimiento agregado seco					Bueno		Bueno				
- Revestimiento, agregado seco después del rociado					Aceptable		Aceptable				
- Revestimiento, agregado húmedo					Aceptable		Aceptable				
- Revestimiento, agregado húmedo después del rociado					Aceptable		Aceptable				
Pruebas sobre el residuo de Evaporación:											MTC E 411 -00
- Penetración, 25ºC, 100 g, 5s	100(a) 50(a)	200(a) 90(a)	100(a) 50(a)	200(a) 90(a)	100	220	50	90	100 50(a)	150 90(a)	MTC E 304-00
- Punto de ablandamiento (A y B), °C	45		45		40		40		45		MTC E 307-00
-Ductilidad, 25ºC, 5 cm/min, cm	≥ 10										MTC E 306-00
- Recuperación elástica, 25 ° C, %	≥ 30										ASTM D 6084
- Recuperación elástica, 25 ° C, por torsión, %	≥ 20										MTC E 320-00

Nota: (a) En función a las condiciones climáticas del Proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-90 ó 100-200 ó 100 -150)

Fuente: ASTM D 2397 y NTP 321.141 (2003) y AASHTO T 316.

e. Aditivos mejoradores de adherencia

En caso de que los requisitos de adherencia indicados en cada especificación no sean satisfechos, no se permitirá el empleo del agregado, salvo que se incorpore un producto mejorador de adherencia de comprobada eficacia para proporcionar la adherencia requerida, en la proporción establecida en el proyecto y aprobada por el Supervisor **Sección 430.**

f. Temperatura de aplicación del material bituminoso

El material bituminoso a utilizar en los diferentes trabajos según la especificación respectiva será obligatoriamente aplicado dentro de los rangos de la carta viscosidad-temperatura (ASTM D341) establecidos en el proyecto y aprobado por el Supervisor. Se observará los rangos de temperatura de aplicación establecidos en la **Tabla 415-07.**

g. Agente rejuvenecedor

El agente rejuvenecedor deberá ser un material orgánico cuyas características químicas y físicas permitan devolverle al asfalto envejecido las condiciones necesarias para el buen comportamiento de la nueva mezcla, según lo establezca el proyecto, y de acuerdo a las especificaciones técnicas correspondientes. La dosificación y la dispersión homogénea del agente rejuvenecedor deberán seguir las recomendaciones de su fabricante y ser aprobadas por el Supervisor.

Equipo

415.03

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requerirán la aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de las exigencias de calidad de la presente especificación y de la correspondiente a la respectiva partida de trabajo.

El equipo que emplee el Contratista para los trabajos de pavimentación flexible cumplirá los requerimientos establecidos en la **Sección 400.03.**

Tabla 415-05

Requisitos de material bituminoso diluido de curado medio

Tipo	Material Bituminoso Diluido									
Grado	MC-30		MC-70		MC-250		MC-800		MC-3000	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso										
-Viscosidad Cinemática a 60ºC, cSt	30	60	70	140	250	500	800	1.600	3000	6.000
-Punto de Inflamación, ºC	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0.2
-Ensayo de destilación										
-Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 ºC										
-a 225 ºC	-	25	-	20	-	10	-	-	-	-
-a 260 ºC	40	70	20	60	15	55	-	35	-	15
-a 315 ºC	75	93	65	90	60	87	45	80	15	75
Residuo del destilado a 360 ºC , % en volumen por diferencia	50	-	55	-	67	-	78	-	80	-
Pruebas en el Residuo de Destilación:										
Viscosidad Absoluta a 60ºC, Pa.s., (P)(*)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)
Ductilidad a (25ºC), 5 cm/min, cm	100	-	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloro – etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Oliensies) (**)										
Solvente Nafta – Estándar	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

(*) En reemplazo del ensayo de viscosidad absoluta del residuo, se puede reportar el ensayo de penetración a 100g, 5s a 25°C, siendo el rango de 120 a 250 para los materiales bituminosos citados.

(**) Porcentajes de solvente a usar, se determinará si el resultado del ensayo indica positivo.

Nota: Si la ductilidad a 25ºCes menor a 100cm, el material será aceptado si la ductilidad a 15°C, 5 cm/min es como mínimo 100cm.

Fuente: ASTM D 2027, AASHTO M 82 y NTP

Tabla 415-06

Requisitos de material bituminoso diluido por curado rápido

Tipo	Material Bituminoso Diluido							
Grado	RC-70		RC-250		RC-800		RC-3000	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso								
Viscosidad Cinemática a 60 ºC , cSt.	70	140	250	500	800	1.600	3.000	6.000
Punto de Inflamación, ºC	-	-	27	-	27	-	27	-
Contenido de Agua, %	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2
Ensayo de destilación:								
Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 ºC								
-a 190ºC	10	-	-	-	-	-	-	-
-a 225ºC	50	-	35	-	15	-	-	-
-a 260ºC	70	-	60	-	45	-	25	-
-a 315ºC	85	-	80	-	75	-	70	-
Residuo del destilado a 360ºC , % en volumen por diferencia	55	-	65	-	75	-	80	-
Pruebas en el Residuo de Destilación:								
Viscosidad absoluta a 60ºC, Pa.s.(P) (*)	60 (600)	240 (2.400)	60 (600)	240 (2.400)	60 (600)	240 (2.400)	60 (600)	240 (2.400)
Ductilidad a 25ºC, 5 cm/min, cm	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Oliensies) (**)								
Solvente Nafta-Estándar	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta-Xileno, %Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvento Heptano-Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

(*) En reemplazo del ensayo de viscosidad absoluta del residuo, se puede reportar el ensayo de penetración a 100g, 5s a 25°C, siendo el rango de 80 a 120 para los materiales bituminosos citados.

(**) Porcentajes de solvente a usar, se determinara si el resultado del ensayo indica positivo Fuente: ASTM D 2028 Y AASHTO M-81

Tabla 415-07

Rangos de temperatura de aplicación (ºC)

Tipo y Grado del Asfalto	Temperaturas de Esparcido [2]		Temperaturas de Mezclado en Planta [1]	
Asfaltos Diluidos	**Mezclas in situ**	**Tratamientos superficiales**	**Mezclas Densas**	**Mezclas Abiertas**
MC-30	-.-	30	-.-	-.-
RC-70 o MC-70	20	50	-.-	-.-
RC-250 o MC-250	40	75	55-80	-.-
RC-800 o NC-800	55	95	75-100	-.-
Emulsiones Asfálticas				
CRS-1	-.-	50-85	-.-	
CRS-2	-.-	50-85	-.-	
CMS-2	20-70	-.-	10-70	
CMS-2h, CSS-1, CSS-1h	20-70	-.-	10-70	
Cemento Asfáltico Todos los grados	140 máx (4)		140 máx (4)	

(1) Temperatura de mezcla inmediatamente después de preparada.

(2) La Máxima temperatura deberá estar debajo de aquella en la que ocurre vapores o espuma

(3) En algunos casos la temperatura de aplicación puede estar por encima del punto de inflamación. Por tanto se debe tener precaución para prevenir fuego o explosiones.

(4) Se podrá variar esta temperatura de acuerdo a la carta de viscosidad-temperatura

Fuente: MS-16-Asphalt Institute

Requerimientos de construcción

415.04 Explotación de materiales y producción de agregados

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Supervisor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el Contratista no cumple con estos requerimientos, el Supervisor exigirá los cambios que considere necesarios.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán ejecutar en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá efectuarlos en la vía.

Los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la recuperación ambiental de las áreas afectadas. Al concluirse los trabajos en las canteras temporales, el Contratista remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas, así como de la recuperación ambiental de las áreas afectadas de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental y debiendo cumplir en lo que corresponda lo indicado en la **Subsección 05.06**.

415.05 Fórmulas de trabajo para riegos, tratamientos superficiales, emulsiones, morteros y sellos, asfálticos; así como, mezclas asfálticas.

Antes de iniciar el acopio de los materiales, el Contratista deberá suministrar para verificación del Supervisor muestras de ellos, del producto bituminoso por emplear y de los eventuales aditivos, avaladas por los resultados de los ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el tratamiento o mezcla. El Supervisor después de las comprobaciones que considere convenientes y dé su aprobación a los materiales, solicitará al Contratista definir una "Fórmula de Trabajo" que obligatoriamente deberá cumplir las exigencias establecidas en la especificación correspondiente. En dicha fórmula se consignará la granulometría de cada uno de los agregados pétreos y las proporciones en que deben mezclarse, junto con el polvo mineral (filler), de ser el caso, para obtener la gradación aprobada.

En el caso de mezclas y morteros asfálticos deberán indicarse, además, el porcentaje de ligante bituminoso en relación con el peso de la mezcla y el porcentaje de aditivo respecto al peso del ligante asfáltico, cuando su incorporación resulte necesaria. Si la mezcla es en frío y requiere la incorporación de agua, deberá indicarse la proporción de ésta.

En el caso de mezclas en caliente también deberán señalarse:

- Los tiempos requeridos para la mezcla de agregados en seco y para la mezcla de los agregados con el ligante bituminoso.

- La temperatura máxima y mínima de calentamiento previo de los agregados y el ligante. En ningún caso se introducirán en el mezclador agregados pétreos a una temperatura que sea superior a la del ligante en más de 15°C.
- Porcentaje de filler (polvo de roca, cemento, cal, etc.) en peso de la mezcla, en caso sea necesario su utilización.
- Las temperaturas máximas y mínimas al salir del mezclador.
- La temperatura mínima de la mezcla en la descarga a los elementos de distribución en obra.
- La temperatura mínima de la mezcla al inicio y terminación de la compactación.

Cuando se trate de tratamientos superficiales, el Contratista deberá presentar al Supervisor el diseño con las cantidades de ligante asfáltico y agregados pétreos para los distintos riegos, incluyendo la posible incorporación de aditivos.

La aprobación definitiva de la Fórmula de Trabajo por parte del Supervisor no exime al Contratista de su responsabilidad de alcanzar, en base a ella, la calidad exigida por la respectiva especificación.

Las tolerancias que se admiten en los trabajos específicos, se aplican a la Fórmula de Trabajo aprobada por el Supervisor, para la ejecución de la obra.

La fórmula aprobada sólo podrá modificarse durante la ejecución de los trabajos, si se produce cambios en los materiales, canteras o si las circunstancias lo aconsejan y previa aprobación del Supervisor.

415.06 Tramo de prueba y ejecución en riegos, tratamientos superficiales, emulsiones, morteros y sellos, asfálticos; así como, mezclas asfálticas.

Antes de iniciar los trabajos, el Contratista efectuará un tramo de prueba para verificar el estado de los equipos y determinar, en secciones de ensayo de ancho y longitudes aprobadas por el Supervisor, el método definitivo de preparación, transporte, colocación y compactación de la mezcla o tratamiento, de manera que se cumplan los requisitos de la respectiva especificación.

En el caso de la construcción de morteros asfálticos, se hace necesaria la compactación en aquellas áreas donde el espesor sea mayor que 6 mm, con el equipo que sea aprobado por el Supervisor.

El Supervisor tomará muestras del tratamiento, mortero o mezcla, para determinar su conformidad con las condiciones especificadas que correspondan en cuanto a granulometría, dosificación, densidad y demás requisitos.

En caso que el trabajo elaborado no se ajuste a dichas condiciones, el Contratista deberá efectuar las correcciones requeridas en los equipos y sistemas o, si llega a ser necesario, en la Fórmula de Trabajo, repitiendo las secciones de ensayo una vez efectuadas las correcciones.

El Supervisor determinará si es aceptable la ejecución de los tramos de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

En el caso de tratamientos superficiales y morteros asfálticos se definirán en esta fase sus tiempos de rotura y curado, con el fin de que se puedan tomar las previsiones necesarias en el control del tránsito.

En caso de riegos asfálticos se verificara la tasa de aplicación. Para riegos de imprimación se comprobará adicionalmente la penetración.

En caso que los tramos de prueba sean rechazados o resulten defectuosos, el Contratista deberá levantarlo totalmente, transportando los residuos a los DME, acorde a la **Sección 209.** El Contratista deberá efectuar las correcciones requeridas a los sistemas de producción de agregados, preparación de mezcla, extensión y compactación hasta que ellos resulten satisfactorios para el Supervisor, debiendo repetirse los tramos de prueba cuantas veces sea necesario. Todo esto a su cuenta, costo y riesgo del Contratista. Finalmente el Supervisor aprobara la Fórmula de Trabajo de la obra.

El empleo de un pavimento asfáltico en la construcción de carreteras requiere tener un adecuado manejo ambiental, dado que las consecuencias pueden ser grandes. Para lo cual, se requiere realizar una serie de acciones complementarias para que sus efectos negativos se minimicen o eviten y no altere el ecosistema.

Para realizar las actividades de suministrar y aplicar materiales diversos a una base, la cual ha sido preparada con anterioridad, es necesario considerar las implicaciones ambientales para ser tratados adecuadamente.

Durante la aplicación del material bituminoso, el Contratista deberá contar con extintores, dispuestos en lugares de fácil accesibilidad para el personal de obra, debido a que las temperaturas en las que se trabajan pueden generar incendios.

En estas etapas, se debe contar con un botiquín permanente que reúna los implementos apropiados para cualquier tipo de quemaduras que pudiera sufrir el personal de obra. Además, es conveniente dotar al personal de obra que trabaja directamente en las labores de aplicación del material bituminoso, con los equipos de seguridad y protección personal correspondientes, así como de los equipos de auxilio (ambulancia y otros) en caso de ocurrencia de accidentes.

Se deben tomar las previsiones correspondientes para evitar el ingreso de personas, animales u otros a la zona de la obra.

Se debe dar la protección adecuada para evitar que se manche y dañe la infraestructura adyacente a la vía. Se debe proteger veredas, cursos de agua, jardines, áreas verdes naturales, zonas arqueológicas, etc.

En las áreas que han sido tratadas, no se debe permitir el tránsito vehicular, para lo cual se instalarán las señalizaciones y desvíos correspondientes. De existir zonas críticas indicadas en el Proyecto, se debe dar una protección adecuada contra los factores climáticos, geodinámicos, etc.

Aceptación de los trabajos

415.07 Criterios

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar la implementación para cada fase de los trabajos, lo especificado en la **Sección 103.**

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.
- Verificar que las plantas de asfalto y de trituración estén provistas de filtros, captadores de polvo, sedimentadores de lodo y otros aditamentos que el Supervisor considere adecuados y necesarios para impedir emanaciones de elementos particulados y gases que puedan afectar el entorno ambiental.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos en la **Subsección 415.02**.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado del tramo de prueba, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación y compactación de los tratamientos y mezclas asfálticas.
- Ejecutar ensayos de control de mezcla, de densidad de las probetas de referencia, de densidad de la mezcla asfáltica compactada in situ, de extracción de asfalto y granulometría; así como control de las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactación de las mezclas (los requisitos de temperatura son aplicables sólo a las mezclas elaboradas en caliente).
- Efectuar ensayos de control de mezcla, extracción de asfalto y granulometría en morteros asfálticos.
- Ejecutar ensayos para verificar el diseño en tratamientos superficiales, así como la granulometría de aquellos.
- Efectuar ensayos para verificar las dosificaciones de ligante en riegos de liga e imprimaciones, si el Proyecto no establece el método de medición, será propuesto por el Contratista y aprobado por el Supervisor.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezclas o morteros asfálticos, durante el período de ejecución de las obras.
- Efectuar pruebas para verificar la eficiencia de los productos mejoradores de adherencia, siempre que ellos se incorporen.
- Realizar las medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la uniformidad de la superficie, siempre que ello corresponda.

El Contratista rellenará inmediatamente con mezcla asfáltica, a su cuenta, costo y riesgo, todos los orificios realizados con el fin de medir densidades en el terreno y compactará el material de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en la respectiva especificación.

También cubrirá, sin costo para la entidad contratante, las áreas en las que el Supervisor efectúe verificaciones de la dosificación de riegos de imprimación y liga, tratamientos superficiales y morteros asfálticos.

b. Condiciones y tolerancias para la aceptación

Las condiciones y tolerancias para la aceptación las obras ejecutadas, se indican en las especificaciones correspondientes. Todos los ensayos y mediciones requeridas para la aceptación de los trabajos especificados, estarán a cargo del Supervisor.

Aquellas áreas donde los defectos de calidad y excedan las tolerancias, deberán ser reemplazadas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo a las instrucciones del Supervisor y aprobadas por éste.

Medición

415.08

- Ejecución de riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto, tratamientos superficiales y morteros asfálticos.

  La unidad de medida será el metro cuadrado (m^2), aproximado al entero, de todo trabajo ejecutado con la aprobación del Supervisor, de acuerdo a lo exigido en la especificación respectiva.

  El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos aprobados.

  No se medirá ninguna área por fuera de tales límites.

- Ejecución de mezclas densas y abiertas en frío y en caliente.

  La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla suministrada y compactada en obra con la aprobación del Supervisor, de acuerdo con lo exigido por la especificación respectiva.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho y espesor especificados en los planos aprobados.

No se medirá ningún volumen por fuera de tales límites.

- Ejecución de bacheos o parchados con mezcla asfáltica.

  La unidad de medida será el metro cuadrado (m^2), aproximado al décimo de metro cuadrado, de bacheo o parchado con mezcla asfáltica ejecutado, de acuerdo con lo exigido por la especificación respectiva.

  La indicada área se determinará multiplicando las dos dimensiones de cada bacheo o parche.

Pago

415.09 Riegos, tratamientos superficiales, emulsiones, morteros y sellos, asfálticos y bacheos o parchados con mezcla asfáltica

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cuadrado (m^2), para toda la obra ejecutada de acuerdo al proyecto, las presentes especificaciones y aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de permisos ambientales para la explotación de los suelos y agregados; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos de explotación, selección, trituración, lavado, carga, descarga y transporte dentro de las zonas de producción, almacenamiento, clasificación, desperdicios, mezcla, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados; y los de extracción, bombeo, transporte del agua requerida y su distribución.

El transporte del material al punto de aplicación se pagará de acuerdo a lo establecido en la **Sección 700**.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de ejecución de los tramos de prueba y, en general, todo costo relacionado con la correcta

ejecución de la capa respectiva, según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**. También, deberá incluir los costos de la definición de la Fórmula de Trabajo.

En todos los casos, el precio deberá incluir el suministro en el sitio, almacenamiento, desperdicios y aplicación de agua y aditivos mejoradores de adherencia y de control de rotura que se requieran; la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de ser afectados por los riegos de asfalto.

415.10 Mezclas asfálticas

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por metro cúbico (m^3), para toda obra ejecutada de acuerdo al proyecto, las presentes especificaciones y aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de fuentes de materiales y canteras; obtención de permisos ambientales para la explotación de los suelos y agregados; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes y canteras; la preparación de las zonas por explotar, así como todos los costos de explotación, selección, trituración, lavado, carga, descarga y transporte dentro de las zonas de producción, almacenamiento, clasificación, desperdicios, mezcla, colocación, nivelación y compactación de los materiales utilizados; y los de extracción, bombeo, transporte del agua requerida y su distribución.

El transporte del material al punto de aplicación se pagará de acuerdo a lo establecido en la **Sección 700.**

El precio unitario deberá incluir, también, los costos de ejecución de los tramos de prueba y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de la capa respectiva, según lo dispuesto en la **Subsección 07.05.** También, deberá incluir los costos de la definición de la Fórmula de Trabajo.

En todos los casos, el precio deberá incluir el suministro en el sitio, almacenamiento, desperdicios y aplicación del material bituminoso, agua y aditivos mejoradores de adherencia y de control de rotura que se requieran; la protección de todos los elementos aledaños a la zona de los trabajos y que sean susceptibles de ser afectados por los riegos de asfalto.

SECCION 416
IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA

SECCIÓN 416

Imprimación asfáltica

Descripción

416.01

Consiste en la aplicación de un riego asfáltico sobre la superficie de una base debidamente preparada, con la finalidad de recibir una capa de pavimento asfáltico o de impermeabilizar y evitar la disgregación de la base construida, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto. Incluye la aplicación de arena cuando sea requerido.

Materiales

416.02

El material bituminoso a aplicar en este trabajo será el siguiente:

- Emulsiones Asfálticas, de curado lento (CSS-1, CSS-1h), mezclado para la imprimación, de acuerdo a la textura de la Base y que cumpla con los requisitos de la **Tabla 416-01**.
- Podría ser admitido el uso de Asfalto líquido, de grados MC-30, MC-70 ó MC-250 que cumpla con los requisitos de la **Tabla 416-02.**

Tabla 416-01

Especificaciones para emulsiones catiónicas

Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta		
CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h
min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min
-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20
20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-
.	1		1		1		1		1	
40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-
				Bueno		Bueno				
				Aceptable		Aceptable				
				Aceptable		Aceptable				
				Aceptable		Aceptable				
Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo
-	0,1	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	--
								-	2,0	-
-	3	-	3	-	12	-	12			
60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57
100[a]	250[a]	100[a]	250[a]	100	250	40	90	100	250	40
50[a]	150[a]	50[a]	150[a]							
40		40		40		40		40		40
97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5

Nota:

(*) CQS – 1H, emulsión que debe cumplir los requisitos considerados en la Norma D 3910.
CQS – 1h, usado para sistemas de mortero asfáltico.

(**) Este requerimiento de prueba en muestras representativas se exige.

(a) En función a las condiciones climáticas del proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-150 ó 100-250)

Fuente: ASTM D 2397 y D 3910.

El tipo de material a utilizar deberá ser establecido en el Proyecto. El material debe ser aplicado tal como sale de planta, sin agregar ningún solvente o material que altere sus características.

La cantidad por m^2 de material bituminoso, debe estar comprendida entre 0,7-1,5 l/m^2 para una penetración dentro de la capa granular de apoyo de 5 mm a 7 mm por lo menos, para el caso de asfaltos diluidos, y de 5.0 a 7.5 mm para el caso de las emulsiones, verificándose esto cada 25 m.

Antes de la iniciación del trabajo, el Supervisor aprobará la cantidad por m^2 de material bituminoso de acuerdo a los resultados del tramo de prueba **Subsección 415.06.**

Tabla 416-02

Especificaciones para asfaltos líquidos

Tipo	Material Bituminoso Diluido					
Grado	MC-30		MC-70		MC-250	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso						
-Viscosidad Cinemática a 60ºC, cSt	30	60	70	140	250	500
-Punto de Inflamación, ºC	38		38		66	
-Ensayo de destilación						
-Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 ºC						
-a 225 ºC	-	25	-	20	-	10
-a 260 ºC	40	70	20	60	15	55
-a 315 ºC	75	93	65	90	60	87
Residuo del destilado a 360 ºC , % en volumen por diferencia	50	-	55	-	67	-
Pruebas en el Residuo de Destilación:						
Viscosidad Absoluta a 60ºC, Pa.s., (P)(*)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)
Ductilidad a (25ºC), 5 cm/min, cm	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloro – etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Oliensies) (**)						
Solvente Nafta – Estándar	Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo	

(*) En reemplazo del ensayo de viscosidad absoluta del residuo, se puede reportar el ensayo de penetración a 100g, 5s a 25°C, siendo el rango de 120 a 250 para los materiales bituminosos citados.

(**) Porcentajes de solvente a usar, se determinará si el resultado del ensayo indica positivo.

Nota: Si la ductilidad a 25ºCes menor a 100cm, el material será aceptado si la ductilidad a 15°C, 5 cm/min es como mínimo 100cm.

Fuente: ASTM D 2027, AASHTO M 82 y NTP

Equipo

416.03

Se aplica lo especificado en la **Subsección 415.03.**

Adicionalmente se deberá cumplir lo siguiente:

Para los trabajos de imprimación se requieren elementos mecánicos de limpieza y camión imprimador y cisterna de agua.

El equipo para limpieza estará constituido por una barredora mecánica y/o una sopladora mecánica. La primera será del tipo rotatorio y ambas serán operadas mediante empuje o arrastre con tractor. Como equipo adicional podrán utilizarse compresores, escobas, y demás implementos con la aprobación del Supervisor.

El camión cisterna imprimador de materiales bituminosos deberá cumplir exigencias mínimas que garanticen la aplicación uniforme y constante de cualquier material bituminoso, sin que lo afecten la carga, la pendiente de la vía o la dirección del vehículo. Sus dispositivos de irrigación deberán proporcionar una distribución transversal adecuada del ligante. El vehículo deberá estar provisto de un velocímetro calibrado en metros por segundo (m/s), visible al conductor, para mantener la velocidad constante y necesaria que permita la aplicación uniforme del asfalto en sentido longitudinal.

El camión cisterna deberá aplicar el producto asfáltico a presión y en forma uniforme, para ello deberá disponer de una bomba de impulsión, accionada por motor y provista de un indicador de presión. También, deberá estar provisto de un termómetro para el ligante, cuyo elemento sensible no podrá encontrarse cerca de un elemento calentador.

Para áreas inaccesibles al equipo irrigador y para retoques y aplicaciones mínimas, se usará una caldera regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del camión cisterna con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme. No se permitirá el empleo de regaderas u otros dispositivos de aplicación manual por gravedad.

Requerimientos de construcción

416.04 Clima

La capa de imprimación debe ser aplicada cuando la superficie se encuentre seca, que la temperatura ambiental sea mayor a 6°C, que las condiciones climáticas sean las apropiadas y sin presencia de lluvia, debiendo contar con la aprobación del Supervisor.

416.05 Preparación de la superficie

La superficie de la base a ser imprimada (impermeabilizada) debe estar en conformidad con los alineamientos, gradientes y secciones típicas mostradas en los planos del Proyecto y con los requisitos de las Especificaciones relativas a la Base Granular.

Antes de la aplicación de la capa de imprimación, todo material suelto o extraño debe ser removido y eliminado por medio de una barredora mecánica y/o un soplador mecánico, según sea necesario.

416.06 Aplicación de la capa de imprimación

Durante la ejecución del trabajo, el Contratista debe tomar las precauciones necesarias para evitar accidentes con la utilización de los materiales, equipo y personal.

El material bituminoso de imprimación debe ser aplicado sobre la base completamente limpia, por un distribuidor a presión que cumpla con los requisitos indicados anteriormente. El Contratista dispondrá de material aislante aprobado por el Supervisor, para evitar la superposición de riegos, sobre un área ya imprimada. El material debe ser aplicado uniformemente a la temperatura y a la velocidad de régimen especificado y aprobado por el Supervisor. En general, el régimen debe estar entre 0,7 a 1,5 l/m^2, dependiendo de cómo se halle la textura superficial de la base.

La temperatura del material bituminoso en el momento de aplicación, debe estar comprendida dentro de los límites indicados en la **Tabla 415-07**, ó la establecida de la carta viscosidad-temperatura, la que debe ser aprobada por el Supervisor.

Al aplicar la capa de imprimación, el distribuidor debe ser conducido a lo largo de un filo marcado para mantener una línea recta de aplicación. El Contratista

debe determinar la tasa de aplicación del ligante y hacer los ajustes necesarios.

Si las condiciones de tráfico lo permiten, la aplicación debe ser hecha sólo en la mitad del ancho de la superficie a imprimar. Debe tenerse cuidado de colocar la cantidad correcta de material bituminoso a lo largo de la junta longitudinal resultante. Inmediatamente después de la aplicación de la capa de imprimación, ésta debe ser protegida por avisos y barricadas que impidan el tránsito durante el período de curado que establezca el Proyecto y apruebe el Supervisor.

416.07 Protección de las estructuras adyacentes

La superficie de todas las estructuras y árboles adyacentes al área sujeta a tratamiento, deben ser protegidas de manera tal, que se eviten salpicaduras o manchas. En caso de que estas ocurran, el Contratista; por cuenta propia; retirará el material y reparará todo daño ocasionado.

416.08 Apertura al tráfico y mantenimiento

El área imprimada debe airearse, sin ser arenada por un término de 24 horas, a menos que lo ordene de otra manera el Supervisor. Si el clima es frío o si el material de imprimación no ha penetrado completamente en la superficie de la base, un período más largo de tiempo podrá ser necesario. Cualquier exceso de material bituminoso que quede en la superficie después de tal lapso debe ser retirado usando arena, u otro material aprobado que lo absorba y como lo ordene el Supervisor, antes de que se reanude el tráfico.

La aplicación del riego de imprimación, deberá estar coordinada con la puesta en obra de la capa asfáltica, de manera que el ligante no haya perdido su efectividad como elemento de unión.

El Contratista deberá conservar satisfactoriamente la superficie imprimada hasta que la capa de superficie sea colocada. La labor de conservación debe incluir, el extender cualquier cantidad adicional de arena u otro material aprobado necesario para evitar la adherencia de la capa de imprimación a las llantas de los vehículos y parchar las roturas de la superficie imprimada con mezcla bituminosa. En otras palabras, cualquier área de superficie imprimada que haya perdido su efectividad adherente, resulte dañada por el tráfico de vehículos o por otra causa, deberá ser reparada antes de que la capa superficial sea colocada, a cuenta, costo y riesgo del Contratista y aprobada por el Supervisor.

Aceptación de los trabajos

416.09 Criterios

a. Controles

Se aplica todo lo que sea pertinente de la **Subsección 415.07(a)**

b. Calidad del material asfáltico

A la llegada de cada camión que transporte el material asfáltico a utilizarse en la imprimación, el Contratista deberá entregar al Supervisor un certificado de calidad del producto, así como la garantía del fabricante de que éste cumple con las condiciones especificadas en las **Subsecciones 415.02(c)** ó **(d).** Dicho certificado no exceptúa, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Supervisor, ni implica la aceptación de la entrega. El Supervisor no aceptará el empleo de material asfáltico que no cuente con la certificación de calidad del producto.

En el caso de empleo de asfalto liquido, el Supervisor comprobará mediante muestras representativas (mínimo una muestra por cada 40 m^3 o antes si el volumen de entrega es menor), el grado de viscosidad cinemática del producto; para el caso emulsión asfáltica, se comprobará su tipo, contenido de agua y penetración del residuo.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las **Tablas 415-04**, **415-05** ó **415-06.**

c. Tasa de aplicación

La tasa de aplicación de las áreas imprimadas no deberá variar en más del 10%, con respecto al diseño aprobado.

Medición

416.10

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.08.** El precio Incluye la aplicación de arena que sea necesario.

Pago

416.11

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.09**. Incluye el precio de la arena que fuera necesario.

Partida de pago	Unidad de pago
416.A Imprimación Asfáltica	Metro cuadrado (m^2)

SECCION 417

RIEGO DE LIGA

SECCIÓN 417

Riego de liga

Descripción

417.01

Consiste en la aplicación de un riego asfáltico sobre una superficie asfáltica, o de concreto de cemento portland, previa a la colocación de otra capa bituminosa, para facilitar la adherencia entre ambas, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

417.02

Los materiales asfálticos a utilizar para la aplicación del Riego de Liga son:

- Cemento asfáltico 40/50; 60/70; 85/100 o 120/150, según requisitos establecidos en la **Tabla 415-02.**
- Emulsión catiónica de rotura lenta CSS-1 o CSS-1h diluido con agua (según **Tabla 415-04**).
- Emulsión catiónica de rotura rápida CRS-1 o CRS-1h (según **Tabla 415-04**).

El tipo de material asfáltico debe ser seleccionado e indicado en el Proyecto y debe satisfacer los requisitos establecidos en la **Subsección 415.02 (b)** y **(c)**.

Cualquier otro material que sea especificado por el Proyecto y aprobado por el Supervisor.

Con suficiente anticipación a y antes de los trabajos de Riego de Liga, el Contratista debe someter a la aprobación de la Supervisión, muestra(s) del material asfáltico propuesto.

De acuerdo al tipo de material asfáltico seleccionado y aprobado, se debe determinar la cantidad de litros de material asfáltico que se debe aplicar por metro cuadrado. La **Tabla 417-01** debe servir como guía para dicha determinación.

Tabla 417-01

Cantidad de aplicación de material asfáltico para riego de liga

Material Asfáltico	Tipo	Cantidad (l/m^2)
Cemento Asfáltico	40/50; 60/70; 80/100 o 120/150	0,1-0,4
Emulsión catiónica de rotura lenta diluida con agua en partes iguales	CSS-1 ó CSS-1h	0,2-0,7
Emulsión catiónica de rotura rápida	CRS-1 ó CRS-1h	Dato

Equipo

417.03

Se aplica lo indicado en la **Subsección 416.03**.

Excepcionalmente y para trabajos de poca magnitud, podrá utilizarse cocinas asfálticas portátiles con elementos de irrigación a presión o de una extensión del tanque imprimador con una boquilla de expansión que permita un riego uniforme.

No se permitirá el uso de regaderas manuales recipientes perforados.

Requerimientos de construcción

417.04 Preparación de la superficie

La superficie sobre la cual ha de aplicarse el riego, deberá cumplir los requisitos de uniformidad exigidos, para que pueda recibir la capa asfáltica según lo contemple el Proyecto. De no ser así, el Contratista deberá realizar las correcciones previas que le indique el Supervisor.

La superficie deberá ser limpiada de polvo, barro seco, suciedad y cualquier material suelto que pueda ser perjudicial para el trabajo, empleando

barredoras o sopladoras mecánicas en sitios accesibles a ellas y escobas manuales donde aquellas no puedan acceder.

417.05 Aplicación del material bituminoso

El control de la cantidad de material asfáltico aplicado en el Riego de Liga se debe hacer comprobando la adherencia de la cubierta recién regada. La variación, permitida de la proporción (l/m^2) seleccionada, no debe exceder en 10%, por exceso o por defecto, a dicha proporción.

Durante la aplicación del Riego de Liga, el Contratista deberá tomar todas las precauciones necesarias para evitar cualquier contacto de llamas o chispas con los materiales asfálticos y con gases que se desprenden de los mismos.

El riego solo se aplicará cuando la superficie esté seca y con la anticipación necesaria a la colocación de la capa bituminosa, para que presente las condiciones de adherencia requeridas.

La secuencia de los trabajos de pavimentación asfáltica, se debe planear de manera que las áreas que sean cubiertas con el Riego de Liga, se les aplique el mismo día la capa asfáltica subsiguiente.

El Contratista debe tomar las precauciones necesarias para evitar que con el riego del material asfáltico se manchen sumideros, cunetas, barandas, etc. Igualmente debe proteger la vegetación adyacente a la zona para evitar que sea salpicada o dañada. El Contratista está obligado a limpiar y a reparar todo lo que resulte afectado por el Riego de Liga, sin recibir compensación alguna por tales trabajos.

No se requerirá riego de liga en el caso de mezclas asfálticas colocadas como máximo dentro de las 48 horas de la colocación de la primera capa asfáltica y no haya habido tránsito vehicular, ni contaminación de la superficie.

No se permitirán riegos de liga cuando la temperatura ambiental sea inferior a 6°C o exista precipitaciones pluviales.

Aceptación de los trabajos

417.06 Criterios

a. Controles

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.07(a),** en lo que es pertinente a esta especificación.

b. Calidad del material bituminoso

A la llegada de cada camión que transporte el material asfáltico a utilizarse en el riego de liga, el Contratista deberá entregar al Supervisor un certificado de calidad del producto, así como la garantía del fabricante de que éste cumple con las condiciones especificadas en las **Subsecciones 415.02 (b)** ó **(c).**

El Supervisor no aceptará el empleo de suministros de material bituminoso que no se encuentren respaldados por la certificación de calidad del fabricante. En el caso de empleo de cemento asfáltico, el Supervisor comprobará, mediante muestras representativas mínimo una cada 9000 galones ó antes si el volumen de entrega es menor, el grado de viscosidad absoluta del producto, mientras que si está utilizando emulsión asfáltica, se comprobará su tipo, contenido de residuo asfáltico, penetración del residuo y estabilidad de almacenamiento a 24 horas previo a su empleo.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en las **Tablas 415-02**, **415-03** ó **415-04**, según el caso, de las presentes especificaciones.

Medición

417.07

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.08.**

Pago

417.08

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.09.**

Partida de pago	Unidad de pago
417.A Riego de Liga	Metro cuadrado (m^2)

SECCION 418

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES

SECCIÓN 418

Tratamientos superficiales

Descripción

418.01

Este trabajo consiste en la colocación de una o más capas de tratamientos superficiales (asfalto, agregados y de ser el caso, aditivos) sobre la superficie de una base imprimada o cualquier otra, preparada con tal finalidad, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Para tratamientos múltiples, a partir de la segunda capa se repite el riego asfáltico y colocación de agregado pétreo.

Materiales

418.02

Los materiales para ejecutar estos trabajos serán:

a. Agregados pétreos

Los agregados pétreos para la ejecución del tratamiento superficial deben cumplir con las exigencias de calidad, indicadas en la Tabla 418-01.

Tabla 418-01

Ensayos	Especificaciones
Partículas fracturadas del agregado grueso con una cara facturada (MTC E 210)	85% mín.
Partículas del agregado grueso con dos caras fracturadas (MTC E 210)	60% mín.
Partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791-NTP 400.4)	15% máx.
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (ASTM D 1664-AASHTO T 182)	+95
Terrones de arcilla y partículas friables (MTC E 212)	3% máx.
Sales solubles total (MTC E 219)	0,5% máx.

Además, los agregados triturados y clasificados deberán presentar una gradación uniforme, que se ajustará a alguna de las franjas granulométricas que se indican en la **Tabla 418-02**.

b. Material bituminoso

El material bituminoso a ser aplicado de acuerdo a lo indicado en el proyecto, podrá ser:

- Cemento Asfáltico que cumpla con las características que se dan en las **Tablas 415-02**, **415-03** y **415-07**.
- Asfaltos Diluidos que cumplan los requisitos de calidad establecidos en las **Tablas 415-05** y **415-06.**
- Emulsión asfáltica catiónica que cumplan los requisitos de calidad establecidos en las **Tablas 415-04** y **415-04A.**

El material bituminoso de acuerdo a la aplicación y al tipo de tratamiento establecido será calentado de manera general referencial dentro de los rangos de temperatura establecidos en la **Tabla 415-07** y determinados de manera definitiva mediante la carta viscosidad-temperatura (ASTM D 341).

c. Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando se establezca en el proyecto o sea requerida por el Supervisor, deberá ajustarse a lo descrito en la **Subsección 415.02 (e)** y según lo especificado en la **Sección 430.**

Tabla 418-02

Rangos de gradación para tratamientos superficiales

Nº de Huso	Tamaño Normal de agregado	Tipo de material (Porcentaje que pasa)								
		1 1/2 (37,5 mm)	1 (25,0 mm)	3/4" (19,0 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/8" (9,5 mm)	Nº 4 (4,75 mm)	Nº 8 (2,36 mm)	Nº 16 (1,18 mm)	Nº 50 (300 um)
5	25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	100	90-100	20-55	0-10	0-5				
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")		100	90-100	20-55	0-15	0-5			
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n.º 4)			100	90-100	40-70	0-15	0-5		
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a n.º 8)				100	85-100	10-30	0-10	0-5	
9	4,75 mm a 1,18 mm (n.º 4 a n.º 16)					100	85-100	10-40	0-10	0-5

Fuente: ASTM D 448

Equipo

418.03

Se aplica lo descrito en la **Subsección 415.03**.

Para la ejecución del tratamiento superficial se requieren, básicamente, equipos para la explotación de agregados, una planta de trituración y clasificación de agregados, equipo para la limpieza de la superficie, distribuidor del material bituminoso, esparcidor de agregado pétreo, compactadores neumáticos y herramientas menores.

a. Equipo para la elaboración y clasificación de agregados triturados

La planta de trituración estará provista de una trituradora primaria y una trituradora secundaria; deberá incluir también una clasificadora y un equipo de lavado. Además, deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental.

b. Equipo para la aplicación del ligante bituminoso

Consistirá en un camión imprimador de las características descritas en la **Subsección 416.03.**

Para áreas inaccesibles al camión imprimador, se usará una regadora portátil, con sus elementos de irrigación a presión, o una extensión del mencionado camión con boquilla de expansión que permita un riego uniforme, todo lo cual deberá ser aprobado por el Supervisor.

c. Equipo para la colocación del agregado pétreo

Se emplearán distribuidoras o esparcidores de agregados autopropulsados, que sean aprobados por el Supervisor y garanticen un esparcido uniforme del agregado.

d. Equipo de compactación

Se emplearán rodillos metálicos lisos y neumáticos autopropulsados con características y pesos mínimos acorde a las características de los agregados, aprobados por el Supervisor.

Requerimientos de construcción

418.04 Explotación y producción de agregados

Se aplica lo establecido en la **Subsección 415.04**.

418.05 Preparación de la superficie existente

La construcción del tratamiento superficial no se iniciará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar, tenga la compactación y densidad adecuada, las cotas y dimensiones indicadas en los planos y aprobados por el Supervisor.

No se permitirá la construcción del tratamiento hasta que la capa de imprimación haya completado su curado y, en ningún caso, antes de 24 horas, transcurridas desde su aplicación.

En el momento de aplicar el ligante bituminoso, la superficie deberá estar seca y libre de cualquier sustancia que resulte objetable.

418.06 Tramo de prueba

Se aplica lo establecido en la **Subsección 415.06**.

418.07 Aplicación del material bituminoso

Antes de la aplicación del material bituminoso se marcará una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se señalará la longitud de la carretera que quedará cubierta, de acuerdo con la cantidad de material bituminoso disponible en el distribuidor y la capacidad de extensión del esparcidor de agregados pétreos.

La dosificación aprobada del material, se aplicará de manera uniforme a una temperatura que se halle entre los rangos indicados en la **Subsección 415.02 (f),** evitando duplicaciones de dotación en las juntas transversales de trabajo, para lo cual se colocará material aprobado por el Supervisor, de ancho no menor a 1,0 m, bajo los difusores, en aquellas zonas donde comience o se interrumpa la aplicación.

Al comienzo de cada jornada de trabajo se deberá verificar la uniformidad del riego. Si fuere necesario, se calentarán las boquillas de irrigación antes de cada descarga. La bomba y la barra de distribución deberán limpiarse al final de la jornada.

Por ningún motivo se permitirá la ejecución del tratamiento cuando la temperatura ambiental sea inferior a 6°C o haya lluvia.

Durante la aplicación deberán protegerse los sardineles, vallas, cabezales de alcantarillas, árboles y otros.

No se permitirá ningún tipo de tránsito sobre el ligante aplicado.

418.08 Extensión y compactación del agregado pétreo

El esparcido del agregado se realizará de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el Supervisor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. La distribución del agregado se hará de manera que se evite el tránsito del esparcidor sobre la capa del ligante sin cubrir.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se esparcirá de forma que quede sin cubrir una banda de 15 cm a 20 cm de la zona tratada, aledaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el objeto de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

Las operaciones de compactación se realizarán con el rodillo neumático y comenzarán inmediatamente después de la aplicación del agregado pétreo. En zonas en tangente, la compactación se iniciará por el borde exterior avanzado hacia el centro. En curvas, se iniciará desde el borde inferior hacia el borde superior, traslapando cada recorrido con el anterior de acuerdo, con las instrucciones del Supervisor. La compactación continuará hasta obtener una superficie lisa y estable en un tiempo máximo de 30 minutos, contado desde el inicio del esparcido del agregado pétreo. En ningún caso se aceptará menos de tres pasadas completas del rodillo neumático.

418.09 Aplicación del material bituminoso en tratamientos múltiples

Las siguientes capas del material bituminoso para tratamientos múltiples serán aplicadas en cantidad y temperaturas indicadas en el Proyecto y aprobado por el Supervisor. Cada capa sucesiva se aplicará después de ponerla al tráfico por lo menos durante 72 horas.

El ancho de franja en que se aplique cada riego debe variar en relación con el empleado en el anterior en unos 20 cm, aproximadamente, con la finalidad de impedir que la junta de construcción longitudinal se superponga con la de la anterior capa, para obtener una superficie uniforme.

418.10 Esparcido y compactación del agregado pétreo en tratamientos múltiples

El esparcido se realizará en la cantidad indicada en el Proyecto y aprobado por el Supervisor, de la misma forma que la indicada en la **Subsección 418.08** inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso correspondiente.

En la capa final de superficie de un tratamiento múltiple y según lo ordene el Supervisor puede utilizarse un rodillo liso cilíndrico metálico para mejorar el acabado de la capa final.

418.11 Dosificación del tratamiento superficial

a. Tratamiento superficial simple (TS)

La tasa de aplicación de material bituminoso y agregado pétreo serán las que se determinen de acuerdo a diseño aprobado por el Supervisor.

En la **Tabla 418-03** se dan cantidades referenciales de los materiales, que deben ser ajustados para las condiciones de cada Proyecto y aprobados por el Supervisor antes de su aplicación, de acuerdo a la Formula de Trabajo aprobada.

Tabla 418-03

Cantidades aproximadas de material para tratamiento superficial simple (TS)

Tamaño Nominal de agregado	Nº Huso [b] Granulométrico	Cantidad de Agregado m^3/m^2	Cantidad de [a] Asfalto l/m^2	Tipo y Grado de Asfalto	
				Tiempo cálido (+26,7ºC)	Tiempo frío (06 a 26,7ºC)
25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	5	0,017	1,90	MC 3000 RC 3000 RS 2 CRS 2 PEN 120-150	MC 3000 RC 3000 RS 2 CRS 1, 2 PEN 120-150
19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")	6	0,012	1,68	MC 3000 RC 3000 RS 2 CRS 1, 2 PEN 120-150	MC 800 RC 800 RS 2 CRS 1, 2
12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n.° 4)	7	0,008	1,04	MC 3000 RC 800, 3000 RS 2 CRS 1, 2 PEN 200-300	MC 800 RC 250,800 RS 2 CRS 1, 2
9,5 mm a 2,36mm (3/8" a n.° 8)	8	0,006	0,86	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2
4,75 mm a 1,18 mm (n.° 4 a n.° 16)	9	0,004	0,59	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2

(a) La experiencia indica que las cantidades indicadas deben incrementarse entre un 5 y un 10% cuando los materiales bituminosos sean aplicados con poco o ningún calentamiento.

(b) Según clasificación en la ASTM D 448

Fuente: ASTM D 1369.

El proyecto deberá indicar el huso granulométrico y el material bituminoso a emplear.

b. Tratamiento superficial múltiple (TM)

Consiste en la aplicación de dos o más capas de ligante bituminoso y agregados pétreos, la tasa de aplicación de material bituminoso y agregado pétreo serán las que se establezcan en el diseño aprobado por el Supervisor, acorde a la Formula de Trabajo aprobada.

Las cantidades aproximadas de materiales a utilizar se dan en las **Tablas 418-04** y **418-05**, las que deben ser ajustadas para las condiciones de

cada proyecto y aprobadas por el Supervisor antes de su aplicación, de acuerdo a la Formula de Trabajo aprobada.

Tabla 418-04

Cantidades aproximadas de materiales para Tratamientos Superficiales Dobles

Aplicaciones	Tamaño Nominal del agregado	Nº Huso [b] Granulométrico	Cantidad de Agregado m^3/m^2	Cantidad de [a] Asfalto l/m^2
Primera Aplicación	25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	5	0,017	1,90
Segunda Aplicación	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n.° 4)	7	0,008	1,18
Primera Aplicación	19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")	6	0,012	1,68
Segunda Aplicación	9,5 mm a 2,36mm (3/8" a n.° 8)	8	0,006	0,91

(a) La experiencia indica que las cantidades indicadas deben incrementarse entre un 5 y un 10% cuando los materiales bituminosos sean aplicados con poco o ningún calentamiento.

(b) Según clasificación en la ASTM D 448

Fuente: ASTM D 1369.

Tabla 418-05

Cantidades aproximadas de materiales para Tratamientos Superficiales Triples

Aplicaciones	Tamaño Nominal del agregado	Nº Huso [b] Granulométrico	Cantidad de Agregado m^3/m^2	Cantidad de [a] Asfalto l/m^2
Primera Aplicación	25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	5	0,017	1,90
Segunda Aplicación	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n.° 4)	7	0,008	1,18
Tercera Aplicación	4,75 mm a 1,18 mm (N° 4 a n.° 16)	9	0,004	0,63
Primera Aplicación	19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")	6	0,012	1,68
Segunda Aplicación	9,5 mm a 2,36mm (3/8" a n.° 8)	8	0,006	0,91
Tercera Aplicación	4,75 mm a 1,18 mm (n.° 4 a n.° 16)	9	0,004	0,63

(a) La experiencia indica que las cantidades indicadas deben incrementarse entre un 5 y un 10% cuando los materiales bituminosos sean aplicados con poco o ningún calentamiento.

(b) Según clasificación en la ASTM D 448

Fuente: ASTM D 1369.

El Proyecto deberá indicar el tipo de tratamiento superficial múltiple, el tipo de agregado y el tipo de material bituminoso.

418.12 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Una vez terminada la compactación de cada capa, se barrerá la superficie del tratamiento para eliminar todo exceso de agregados que haya quedado suelto sobre la superficie, operación que deberá continuarse aún después que el tramo con el tratamiento haya sido abierto al tránsito.

El material sobrante deberá ser recogido por el Contratista, quien lo dispondrá en los DME, de acuerdo a lo establecido en la **Sección 209.**

418.13 Apertura al tránsito

Deberá evitarse todo tipo de tránsito sobre la capa recién ejecutada durante las 24 horas siguientes a su terminación. Si ello no es factible, deberán tomarse medidas para que los vehículos no circulen a una velocidad superior a 30 km/h. En ningún caso se permitirá el tránsito vehicular antes de las 2 horas de concluida la compactación.

418.14 Reparaciones

No se aceptarán reparaciones, en todo caso, si el trabajo ejecutado presenta deficiencias será rechazado y remplazado por el Contratista a su costo y riesgo, lo cual deberá ser aprobado por el Supervisor.

Aceptación de los trabajos

418.15 Criterios

a. Controles

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.07(a).**

b. Condiciones y tolerancias para la aceptación

1. Calidad del Material Bituminoso

En relación con la calidad del material bituminoso por emplear en la ejecución del tratamiento superficial se aplican los mismos criterios de control expuestos en la **Subsecciones 416.09(b)** y **423.18(b),** según sea el tipo de material bituminoso especificado.

2. Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinará:

- El desgaste en la máquina de Los Ángeles, según norma de ensayo MTC E 207.
- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 209.
- La adherencia, ensayo MTC E 519.
- Partículas chatas y alargadas, ensayo MTC E 221.

Cuyos resultados deberán cumplir las exigencias indicadas en la **Subsección 418.02(a).**

Los materiales producidos deben ser acopiados y manipulados con los cuidados correspondientes a fin de evitar su contaminación con tierra vegetal, materia orgánica u otros, de ocurrir tal hecho, serán rechazados por el Supervisor.

En la **Tabla 418-06** se indica los ensayos y frecuencias requeridas.

Tabla 418-06

Ensayos y frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia*	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	250 m^3	Pista Dist. Agregado
	Tasa de aplicación		250m^3	Pista Dist. Agregado
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	250m^3	Cantera
	Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 221	250m^3	Cantera
	Abrasión	MTC E 207	1.000m^3	Cantera
	Pérdida en Sulfato de Sodio	MTC E 209	1.000m^3	Cantera
	Adhesividad		1.000m^3	Cantera
Tratamiento Superficial	Resistencia al Deslizamiento (1)	MTC E 1004	por día	Pista Compactada
	Profundidad de textura (1)	MTC E 1005	1 por día	Pista Compactada
Material Bituminoso	Según tipo de material. Ver 418.02(b)		$\sqrt{N}$ (2)	Tanque térmico al llegar a obra

(*) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico – mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada Propiedad y/o Característica.

(1) Solo en la última capa.

(2) N representa el número de tancadas de 30.000 l de material bituminoso requerido en la obra.

c. Calidad del trabajo terminado

El pavimento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la zona pavimentada no podrá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los planos o la aprobada por el Supervisor.

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la obra ejecutada por jornada de trabajo, en la cual el Supervisor efectuará los controles indicados a continuación:

1. Tasa de aplicación

En sitios ubicados al azar se efectuarán en cada una de las capas de tratamiento y diariamente, como mínimo 3 determinaciones de las

tasas de aplicación de ligante y agregados pétreos. Las tasas medias de aplicación de ligante (TML) y de agregados (TMA) por jornada, no podrán variar en más de 10% de las aprobadas por el Supervisor como resultado del tramo de prueba (TPL y TPA) y Formula de Trabajo aprobada.

$$0{,}9\ TPL \leq TML \leq 1{,}1\ TPL$$

$$0{,}9\ TPA \leq TMA \leq 1{,}1\ TPA$$

2. Textura

Por jornada se efectuarán, como mínimo, dos determinaciones de la resistencia al deslizamiento (MTC E1004) y de la profundidad de textura con el círculo de arena (MTC E1005). En relación con la primera, ningún valor individual podrá ser inferior a 0,45 y en cuanto a la segunda, el promedio de las dos lecturas deberá ser, cuando menos, igual a 1,2 mm, sin que ninguno de los valores individuales sea inferior a 1,0 mm.

3. Rugosidad

Se entenderá que la superficie del pavimento tiene una rugosidad aceptable, si el promedio por km o fracción tienen un valor de IRI igual o inferior a 2,5 m/km, salvo que la especificación particular establezca un límite diferente.

Todas las áreas con defectos de calidad y que excedan las tolerancias indicadas en el presente numeral, deberán ser reconstruidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las instrucciones y la aprobación del Supervisor.

Para la medición de rugosidad se seguirá lo especificado en la **Subsección 423.18(g) (5)**.

Medición

418.16

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.08.**

La medición se efectuará cuando todas las capas que componen el Proyecto hayan sido concluidas y aprobadas por el Supervisor.

Pago

418.17

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.09.**

Partida de pago	Unidad de pago
418.A Tratamiento superficial simple	Metro cuadrado (m^2)
418.B Tratamiento superficial múltiple ("n" capas)	Metro cuadrado (m^2)

"n" indica el número de capas a aplicar.

SECCION 419
SELLO ASFÁLTICO

SECCIÓN 419

Sello asfáltico

Descripción

419.01

Trabajo que consiste en la aplicación de un material asfáltico, sobre la superficie de un pavimento existente, seguida de la extensión y compactación de una capa de arena, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

419.02

Los materiales a utilizar para ejecutar estos trabajos serán:

a. Agregados pétreos

Estarán constituidos por agregado fino que cumpla las exigencias de calidad, establecidos en la **Tabla 419-01.**

Tabla 419-01

Pérdida en Sulfato de Na	(MTC E 209)	15% máx.
Pérdida en Sulfato de Mg	(MTC E 209)	25% máx.
Adhesividad (Riedel Weber) (*)	(MTC E 220)	4 mín.
Azul de metileno	AASHTO TP 57	8 máx.
Índice de Plasticidad	(MTC E 111)	NP
Equivalente de Arena	(MTC E 114)	50% mín.
El peso específicos de la arena	----------	Dato.

* Corresponde al desprendimiento inicial.

Su gradación deberá encontrarse dentro de los siguientes límites, establecidos en la **Tabla 419-02.**

Tabla 419-02

Tamiz	Porcentaje que pasa
12,5 mm (3/8")	100
4,75 mm (Nº. 4)	95-100
2,38 mm (Nº. 8)	80-100
1,19 mm (Nº. 16)	50-85
590 µm (Nº. 30)	25-60
300 µm (Nº. 50)	10-30
150 µm (Nº. 100)	2-10

b. Material bituminoso

Será una emulsión catiónica de rotura rápida, de los tipos CRS-1 o CRS-2, que cumpla los requisitos de calidad indicados en la **Tabla 415-04** o un cemento asfáltico, según requisitos de calidad establecidos en la **Tabla 415-02** ó **415-03.**

El Proyecto debe definir el tipo de material a utilizar.

Equipo

419.03

En relación con el equipo requerido para los trabajos, resulta aplicable lo descrito en la **Subsección 418.03.**

En el caso de existir áreas inaccesibles a los equipos de esparcido, el Supervisor aprobará el sistema de esparcido a emplear.

Requerimientos de construcción

419.04 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.04**.

419.05 Tasa de aplicación

Las cantidades por aplicar de material bituminoso y arena, estarán entre los rangos de 0,5 l/m^2-1,5 l/m^2 de ligante y de 8,0 kg/m^2 - 13,0 kg/m^2 de arena.

El Proyecto debe definir las cantidades a emplear y el Supervisor aprobará la Formula de Trabajo correspondiente.

419.06 Preparación de la superficie existente

Antes de aplicar el riego del material bituminoso, la superficie deberá encontrarse seca y libre de polvo, tierra o cualquier otra sustancia objetable.

Las reparaciones previas que requiera el pavimento, deberán efectuarse conforme lo indique el Proyecto y las instrucciones del Supervisor.

419.07 Aplicación del ligante bituminoso

Se aplica lo indicado al respecto en la **Subsección 418.07**.

419.08 Extensión y compactación de la arena

Se aplica lo que establece al respecto en la **Subsección 418.08.**

419.09 Acabado, limpieza y eliminación de sobrantes

Estas operaciones se efectuarán de acuerdo con lo establecido en la **Subsección 418.12**.

419.10 Apertura al tránsito

Se aplica lo establecido en la **Subsección 418.13**.

419.11 Reparaciones

Se aplica lo establecido la **Subsección 418.14**.

Aceptación de los trabajos

419.12 Criterios

a. Controles

Rige todo lo que resulte aplicable de la **Subsección 415.07(a)**.

b. Condiciones y tolerancia para la aceptación

1. Calidad del material bituminoso.

Se aplica lo establecido en la **Subsección 418.15 (b) (1).**

2. Calidad de la arena.

De cada procedencia de la arena y para cualquier volumen previsto se tomarán dos muestras y para cada fracción de ellas se determinarán:

- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio, según norma de ensayo MTC E 209.
- La adhesividad, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 220.
- Azul de metileno, de acuerdo a la norma AASHTO TP 57
- El equivalente de arena, según norma de ensayo MTC E 114.
- La plasticidad (normas de ensayo MTC E 716).

Cuyos resultados deberán cumplir las exigencias indicadas en la **Subsección 419.02(a).**

En la **Tabla 419-03** se indican los ensayos y frecuencias requeridas.

Tabla 419-03

Ensayos y Frecuencia

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de Muestreo
Arena	Granulometría	MTC E 204	150 m^3	Pista
	Pérdida en Sulfato de Na o Mg	MTC E 209	1.000 m^3	Cantera
	Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	1.000 m^3	Cantera
	Azul de metileno	AASHTO TP 57	1.000 m^3	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	150 m^3	Cantera
Material Bituminoso	Según tipo de material (Ver **Subsección 419.02 (b)**)		$\sqrt{N}$ (1)	Tanques al llegar a obra

(1) N representa el número de tancadas de 30,000 L de material bituminoso requerido en la obra.

c. Calidad del trabajo terminado

En el área ejecutada durante una jornada de trabajo se efectuarán dos determinaciones de la aplicación del material bituminoso y el agregado pétreo, ninguna de las cuales podrá variar en ± 10%, en relación con la dosificación de diseño aprobada por el Supervisor. Si lo indicado no se cumple, se rechazará el tramo construido durante la jornada de trabajo.

Medición

419.13

Se aplica lo descrito en la **Subsección 415.08(a)**.

Pago

419.14

Se aplica lo descrito en la **Subsección 415.09**.

Partida de pago	Unidad de pago
419.A Sello asfáltico	Metro cuadrado (m^2)

SECCION 420
MORTERO ASFÁLTICO

SECCIÓN 420

Mortero asfáltico

Descripción

420.01

Este trabajo consiste en la colocación de una mezcla de emulsión asfáltica modificada o no con polímeros, y agregados pétreos, sobre la superficie de una vía, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

420.02

Los materiales a usar para la ejecución de este trabajo será:

a. Agregados pétreos y polvo mineral

Los agregados pétreos y el polvo mineral para la construcción del mortero asfáltico deberán cumplir los requisitos de calidad, establecidos en la Tabla 420-01.

Tabla 420-01

Requerimientos para los agregados

Ensayos	Norma	Requerimiento
Pérdida en Sulfato de Mg	MTC E 209	18% máx.
Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP
Equivalente de Arena[1]	MTC E 114	40% min.
Azul de metileno	AASHTO TP 57	8 máx.
Adherencia (Riedel Weber)[2]	MTC E 220	4 min.

[1] El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de la incorporación del polvo mineral de aporte.

[2] Corresponde al desprendimiento inicial

La mezcla de agregados y polvo deberá ajustarse a alguna de las gradaciones, establecidos en la **Tabla 420-02.**

Tabla 420-02

Granulometría de los agregados

Tipo	I	II	III
Tamaño del tamiz	% Pasa	% Pasa	% Pasa
3/8" (9,50 mm)	100	100	100
N°. 4 (4,75 mm)	100	90-100	70-90
N°. 8 (2,36 mm)	90-100	65-90	45-70
N°. 16 (1,18 mm)	65-90	45-70	28-50
N°. 30 (0,60 µm)	40-60	30-50	19-34
N°. 50 (0,30 µm)	25-42	18-30	12-25
N°. 100 (0,15 µm)	15-30	10-21	7-18
N°. 200 (0,075 µm)	10-20	5-15	5-15

Fuente: ISSA A 105

La gradación por utilizar estará indicada en el Proyecto y dependerá del estado de la superficie y la función que vaya a cumplir el mortero.

Si la fórmula de trabajo exige la mezcla de dos o más agregados para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la **Tabla 420-01** deberán ser satisfechos de manera independiente por cada uno de ellos.

La arena deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales. La proporción de arena natural no podrá exceder del 25% de la masa total del agregado combinado.

El polvo mineral incluido en los agregados podrá complementarse o suplirse con un producto comercial o especialmente preparado, cuya misión sea controlar el proceso de rotura de la emulsión o activar la consecución de la cohesión del mortero asfáltico.

b. Material bituminoso

La emulsión a emplear será de grado (CSS-1, CSS-1h, CQS-1h, de rápida rotura), que cumpla los requisitos indicados en la **Tabla 415-04**.

El empleo de una emulsión de otro tipo implica la aplicación de una especificación particular o los que cumplan los requisitos indicados en la **Tabla 432-02** (Emulsiones asfálticas catiónicas con polímeros).

c. Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados.

d. Aditivos para control de rotura

Cuando las características del proyecto exijan un control especial de los tiempos de rotura y apertura al tránsito, se emplearán aditivos cuyas características se definirán en las especificaciones particulares de construcción.

Equipo

420.03

Rige lo indicado en la **Subsección 415.03**, más lo que se describe a continuación.

El equipo deberá incluir elementos para la explotación y elaboración de agregados pétreos; una mezcladora móvil para la fabricación y extensión del mortero; elementos para la limpieza de la superficie, elementos para el humedecimiento de la superficie y herramientas menores para correcciones localizadas durante la extensión del mortero.

La mezcladora móvil será de tipo continuo, dotada de las tolvas, tanques y dispositivos necesarios, sincronizados para dosificar los agregados, el llenante, el agua, la emulsión y los aditivos que requiera el mortero; tendrá, además, un mezclador y una capa repartidora provista de dispositivos para evitar pérdidas laterales y de una maestra regulable de caucho que permita el correcto reparto, extensión y buena terminación del mortero. La rastra deberá

llevar en su interior un dispositivo que reparta uniformemente el mortero asfáltico ante la maestra al avanzar la mezcladora.

Requerimientos de construcción

420.04 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.04.**

420.05 Diseño del mortero asfáltico y obtención de la fórmula de trabajo

Para elegir la clase de mortero asfáltico a utilizar, de las indicadas en la **Tabla 420-02** habrá que tener en cuenta las siguientes indicaciones:

- Tipo 1. Se aplica en zonas de bajo tránsito, donde el objetivo principal es el óptimo sellado de la superficie. Es adecuado para realizar sello de grietas, relleno de huecos y reparar la erosión en la superficie. El contenido de asfalto residual debe encontrarse entre el 10 y el 16% del peso del agregado seco. Se debe aplicar en una relación comprendida entre 4,3 a 6,5 kg/m^2. Este tipo de mortero asfáltico debe ser utilizado, donde la resistencia al deslizamiento sea la característica más importante a conseguir.
- Tipo 2. Este tipo de mortero protege la superficie subyacente del envejecimiento y daño por efecto del agua y mejora la fricción superficial. Se recomienda para realizar relleno de huecos y corregir daños en la superficie producidos por la erosión. El contenido de asfalto residual debe encontrarse entre el 7,5 y el 13,5% del peso del agregado seco. Se debe aplicar en una relación comprendida entre 5,4 y 9,8 kg/m^2. Este tipo de mortero se utilizará en pavimentos que estén dañados por la erosión o tengan numerosas grietas. También pueden ser utilizados para cubrir una superficie bituminosa desgastada o como sellador de capa base estabilizada.
- Tipo 3. Se utiliza para conseguir altos valores de fricción superficial, se recomienda su aplicación en vías con elevados niveles de tránsito. Es adecuando para realizar una renovación de la superficie. El contenido de asfalto residual deberá estar comprendido entre el 6,5 y el 12% del peso del agregado seco. Debe ser aplicado en una relación de 8,1 a 12 kg/m^2.

En cuanto al diseño, rige todo lo que resulte pertinente de la **Subsección 415.05.**

La consistencia apropiada del mortero, se determinará en el laboratorio por medio de la prueba del cono de consistencia (MTC E 416).

El contenido óptimo del ligante, se determinará mediante los ensayos mecánicos de abrasión en pista húmeda, según la norma MTC E 417 y absorción de arena en la máquina de rueda cargada. Para la elección del óptimo, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Pérdida máxima admisible en el ensayo de abrasión = 0,065 g/cm^2
- Cohesión en húmedo (MTC E 419)
  - 30 minutos; 12 kg/cm mínimo.
  - 60 minutos; 20 kg/cm mínimo.
- Exceso de asfalto 538 g/m^2 máximo (ISSA TB109).
- Desprendimiento en húmedo 90% mínimo (ISSA TB114).
- Absorción máxima admisible de arena en el ensayo de rueda cargada (MTC E 418):

Tránsito medio diario (vehículos)	Absorción admisible (g/cm^2)
Menos de 300	0,08
300-1.500	0,07
Más de 1.500	0,06

420.06 Preparación de la superficie existente

Antes de proceder a la aplicación del mortero asfáltico, la superficie que habrá de recibirla se limpiará de polvo, barro seco o cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando barredoras mecánicas o máquinas sopladoras.

Sólo se permitirá el uso de escobas manuales en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos.

Si la superficie sobre la cual se va a aplicar el mortero, corresponde a un pavimento asfáltico, se deberá eliminar mediante fresado todos los excesos de ligante que puedan existir y se repararán los desperfectos que puedan impedir una correcta adherencia del mortero asfáltico, acorde a las instrucciones del Supervisor.

420.07 Tramo de prueba

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.06.**

420.08 Elaboración y aplicación del mortero asfáltico

Una vez preparada y antes de iniciar la extensión del mortero, la superficie por tratar de ser el caso, deberá ser humedecida con agua de manera uniforme en una cantidad que será aprobada por el Supervisor, teniendo en cuenta el estado de la superficie y las condiciones climatológicas existentes.

El mortero preparado en el cajón mezclador de la máquina, pasará a través de una compuerta vertedero a la caja repartidora, la cual se encargará de distribuirla de manera uniforme sobre la superficie.

El avance del equipo se hará paralelamente al eje de la carretera y su velocidad se ajustará para garantizar una aplicación correcta del mortero y una superficie uniforme.

No se permitirá la elaboración y aplicación del mortero si la temperatura ambiental es inferior a 6°C o durante precipitaciones pluviales.

La aplicación de los morteros asfalticos tendrá espesores en el rango de 3 a 10 mm para el caso de una sola capa, y cuando se trata de mayores espesores se aplicaran por capas sucesivas, rotura previa de la capa precedente. Cuando se especifique compactación, esta deberá efectuarse con rodillo neumático autopropulsado, iniciándose solo cuando la rotura del mortero permita el paso de los rodillos sin que se adhiera a las ruedas.

420.09 Juntas de trabajo

Las juntas de trabajo longitudinales no podrán presentar traslapes, ni áreas sin cubrir y las acumulaciones que se produzcan serán alisadas manualmente antes de la rotura de la emulsión. Los traslapes de las juntas transversales serán igualmente alisados, antes de la rotura de la emulsión, de modo que no se presenten cambios en la uniformidad de la superficie.

420.10 Aplicación en varias capas

En caso de estar prevista una segunda aplicación de mortero, ésta no podrá efectuarse hasta cuando haya curado por completo el material extendido en la primera aplicación y haya sido sometido al tránsito vehicular al menos durante un día.

420.11 Apertura al tránsito

Deberá impedirse la circulación de todo tipo de tránsito sobre las capas que no hayan curado completamente. El tiempo requerido para dicho curado depende del tipo de emulsión, las características de la mezcla y las condiciones climáticas y será aprobado por el Supervisor.

420.12 Reparaciones

Se aplica lo establecido en la **Subsección 418.14.**

Aceptación de los trabajos

420.13 Criterios

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

a. Controles

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.07(a)** además de cumplir con todos los requisitos de calidad exigidos en la **Subsección 420.02**.

b. Calidad de la emulsión

La calidad de emulsión deberá ser sustentada para cada tanque de transporte, por un certificado de calidad del fabricante según lo especificado en la **Tabla 415-04**. Además dicha emulsión deberá cumplir con los requisitos de calidad y criterios de control que se indican en la **Subsección 416.09(b).**

c. Calidad del agua

Se aplicará lo establecido en la **Subsección 420.02 (c).**

d. Calidad de los agregados pétreos y el polvo mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- El desgaste en la máquina de Los Ángeles, según norma de ensayo MTC E 207.
- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 209.

- El equivalente de arena, según norma de ensayo MTC E 114.
- La plasticidad, en acuerdo a las normas MTC E 111.
- Sales Solubles Totales MTC E 219.

Así mismo, para cada procedencia del polvo mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y sobre ellas se determinarán:

- La densidad aparente (ASTM C 110).
- El coeficiente de emulsibilidad (NLT 180).
- Azul de metileno (AASHTO TP 57).

Los resultados de todas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en las presentes especificaciones, caso contrario se rechazará los materiales defectuosos.

Los materiales producidos deben ser acopiados y manipulados con los cuidados correspondientes a fin de evitar su contaminación con tierra vegetal, materia orgánica u otros, de ocurrir tal hecho, serán rechazados por el Supervisor.

Además, efectuará las siguientes verificaciones:

- Determinación de la granulometría de los agregados (MTC E 204), una vez por jornada de trabajo.
- Determinación de la plasticidad de la fracción fina (MTC E 110), una vez cada 150 m^3.
- Determinación del equivalente de arena (MTC E 114), una vez cada 150 m^3.
- Determinación de la adhesividad, una vez cada 1.000 m^3.
- Determinación del desgaste Los Ángeles (MTC E 207) y la solidez (MTC E 209), al menos una vez cada 1.000 m^3.

Sobre el polvo mineral se efectuarán pruebas de densidad aparente y coeficiente de emulsibilidad a razón de una vez por semana, como mínimo, y cada vez que se cambie la procedencia del polvo mineral.

En la **Tabla 420-03** se incluye los ensayos y frecuencias requeridas.

Tabla 420-03

Ensayos y Frecuencia

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de Muestreo
Agregados	Granulometría	MTC E 204	150 m^3	Pista
	Pérdida en Sulfato de Na o Mg	MTC E 209	1.000 m^3	Cantera
	Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	1.000 m^3	Cantera
	Azul de metileno	AASHTO TP 57	1.000 m^3	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	150 m^3	Cantera
Material Bituminoso	Según tipo de material (Ver Subsección 420.02 (b))		$\sqrt{N}$ (1)	Tanques al llegar a obra

(1) N representa el número de tancadas de 30,000 L de material bituminoso requerido en la obra.

e. Composición y resistencia del mortero

1. Contenido de asfalto

Para efectos del control se considerará como lote, el mortero extendido en cada jornada de trabajo, de la cual el Supervisor extraerá un mínimo de 5 muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, de un peso aproximado de 2 kg cada una, las cuales empleará en la determinación del contenido de asfalto (MTC E 502) y la granulometría de los agregados (MTC E 503).

El contenido medio de asfalto residual del tramo construido en la jornada (ART%) no deberá diferir del contenido de asfalto establecido en la fórmula de trabajo (ARF%) en más del 0,5%.

$$ARF\ \%-0{,}5\% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}5\%$$

A su vez, sólo se admitirá un valor de contenido de asfalto residual de muestra individual (ARI%) que se aparte en más del 1,0% del valor medio del tramo.

$$ART\ \%-1{,}0\% \leq ARI\ \% \leq ART\% + 1{,}0\%$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, se rechazará el tramo construido durante la jornada de trabajo.

2. Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados. Para cada ensayo individual, la curva granulométrica deberá encajar dentro de la franja adoptada.

3. Resistencia

Por cada jornada de trabajo, se extraerán tres muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, con las cuales se elaborarán especímenes para los ensayos de abrasión en pista húmeda (MTC E 417) y absorción de arena en la máquina de rueda cargada.

Si el desgaste medio (d_m) o la absorción media de arena (A_m), superan los valores definidos en la fórmula de trabajo (d_t) y (A_t) en más del 10%, se rechazará el tramo construido durante la jornada de trabajo.

$$d_m \leq 1{,}1\ d_t$$

$$A_m \leq 1{,}1\ A_t$$

f. Calidad del trabajo terminado

El pavimento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pavimento tratado con mortero asfáltico no podrá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en los planos y aprobada por el Supervisor.

g. Controles adicionales que debe efectuar el Supervisor durante cada jornada de trabajo:

1. Tasa de aplicación

En sitios ubicados al azar, se efectuarán como mínimo tres determinaciones diarias de la tasa de aplicación del mortero, sobre la superficie. La tasa media de aplicación (TMA), en kg/m^2, no podrá variar en más de 10% de la autorizada como resultado del tramo de prueba (Tasa Media Especificada-TME), bajo sanción del rechazo del tramo construido durante la jornada de trabajo.

$$0{,}90\ TME \leq\ TMA \leq 1{,}10\ TME$$

2. Textura

Por jornada de trabajo deberá efectuarse, como mínimo dos pruebas de resistencia al deslizamiento (MTC E 1004) y dos de profundidad de textura con el Método del Círculo de Arena (MTC E 1005). En relación con la primera, ningún valor individual podrá presentar un valor inferior a 0,45, y respecto de la segunda, el promedio de las dos lecturas deberá ser cuando menos igual a 0,6 mm, sin que ninguno de los dos valores (PTI) sea inferior en más del 10% al promedio mínimo exigido.

PTI ≥0,54 mm

3. Rugosidad

La rugosidad, medida en unidades IRI, no podrá ser superior a 2,5 m/km, salvo que las especificaciones particulares establezcan un límite diferente.

Todas las áreas que presenten defectos de calidad y excedan las tolerancias indicadas en el presente numeral, serán reemplazadas por el Contratista, a su costo, de acuerdo con las instrucciones y aprobación del Supervisor.

Para la medición de rugosidad se seguirá lo especificado en la **Subsección 423.18(g) (5).**

Medición

420.14

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.08.**

Pago

420.15

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.09.**

Partida de pago	Unidad de pago
420.A Mortero asfáltico	Metro cuadrado (m^2)

SECCION 421

SELLO DE FISURAS

SECCIÓN 421

Sello de fisuras

Descripción

421.01

Este trabajo consiste en la preparación de la superficie afectada y la aplicación de material bituminoso en las fisuras existentes en el pavimento, con el objetivo de evitar su propagación y que la humedad llegue a las capas granulares del pavimento de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Definiciones

421.02

Fractura: una abertura larga de ancho pequeño en el pavimento.

421.03

Fisura: una fractura fina, de variados orígenes, con un ancho igual o menor de 3 mm.

Materiales

421.04

Los materiales para ejecutar esta actividad serán:

a. Material Bituminoso

Se empleará una emulsión asfáltica cuya fluidez garantice su adecuada penetración en la fisura. De preferencia, se usará una emulsión de curado lento que cumpla con los requisitos establecidos en la **Tabla 415-04**, debidamente aprobado por el Supervisor.

b. Agregado pétreo

Será una arena, de granulometría que pase el tamiz N.° 4. La arena podrá ser natural o de trituración, los granos serán densos, limpios y duros, libre de terrones de arcilla y de cualquier material que pueda impedir la adhesión de éstos con el material bituminoso, cumpliendo con los requisitos establecidos en la **Tabla 421-01.**

Tabla 421-01

Requerimientos Agregado Fino

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35 % mín.	45% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	0,5 % máx.	0,5% máx.
Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	-.-	15% máx.

c. Otros materiales sellantes

En el caso del empleo de otros materiales bituminosos tales como asfaltos poliméricos ó sellantes elastoméricos, los requisitos de calidad de estos, serán regidos por las especificaciones ASTM D 6690. Su calidad será verificada con ejecución de ensayos según las normas ASTM D 5329 y su empleo deberá ser aprobado por el Supervisor.

Equipo

421.05

Todos los equipos empleados deben ser compatibles con los procedimientos constructivos adoptados y requieren la aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia, se ajusten al programa de ejecución de la obra y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

No se permitirá el uso de recipientes perforados u otros implementos, que no garanticen la aplicación homogénea de la emulsión asfáltica sobre la fisura.

Procedimiento de construcción

421.06 Señalización y seguridad

El Contratista colocará los dispositivos de señalización y seguridad, según lo establecido en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras.

421.07 Preparación de la superficie

El Supervisor indicará la zona de fisuras a sellar y el Contratista procederá inicialmente a la limpieza del área objeto de trabajo. Esta limpieza deberá hacerse con el mayor esmero y detalle a todo lo largo de la fisura por sellar, utilizando para ello aire a presión y cepillos especiales o cualquier otro instrumento autorizado por el Supervisor que pudiera facilitar esta labor.

Tanto el espacio de la fisura como el área adyacente a la misma, en un ancho no menor de 20 cm deberán estar libres de polvo, arcilla ó cualquier otro material contaminante, previo a continuar con la siguiente operación.

No se utilizarán barretas, cinceles, equipos neumáticos de percusión, ni tampoco solventes que puedan degradar, disolver o transportar a los contaminantes hacia el interior de la fisura y que impidan una adecuada adherencia del material de sello.

421.08 Aplicación del material bituminoso

Ejecutada la preparación de la superficie y previa aprobación del Supervisor, se procederá a llenar la fisura con el material aprobado, cuya fluidez durante la aplicación garantice la penetración adecuada, utilizando para ello medios mecánicos o un recipiente de volumen fácilmente maniobrable que posea una boca de salida del tamaño y forma que permita fluir de manera homogénea y en línea fina el material sellante.

421.09 Acabado

Completado el llenado de la fisura, se esparcirá una capa delgada de arena fina, que cumpla los requisitos indicados en **Subsección 421.04 (b)** sobre el área longitudinal de la fisura, con el objeto de cubrir el material bituminoso en la superficie sellada, formando una cáscara o costra que no permita

desprendimiento o la pérdida del asfalto recién aplicado en la superficie, por adherencia a las ruedas del tránsito circulante. Finalmente debe limpiarse y barrerse todo material suelto.

Medición

421.10

El sello de fisuras en pavimentos asfálticos se medirá por metro lineal (m) ejecutado y aprobado por la Supervisión.

Pago

421.11

Las cantidades aceptadas de esta actividad de sello de fisuras en pavimentos asfálticos, se pagará a los precios unitarios establecidos en el contrato. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por ejecutar las actividades descritas en esta sección, con el equipo, materiales, mano de obra, herramientas, señalización e imprevistos necesarios para la ejecución de los trabajos especificados en esta sección. Incluye el material bituminoso y arena.

Partida de pago	Unidad de pago
421.A Sello de fisuras	Metro lineal (m)

SECCION 422

SELLO DE GRIETAS

SECCIÓN 422

Sello de grietas

Descripción

422.01

Este trabajo consiste en la preparación de la superficie afectada y aplicación de material o mezcla bituminosa en las grietas existentes en el pavimento, con el objetivo de evitar su propagación y que la humedad llegue a las capas granulares del pavimento, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Esta actividad no será ejecutada en aquellas áreas donde las grietas, formen bloques interconectados de carácter poliédrico (piel de cocodrilo).

Definiciones

422.02

Fractura: una abertura larga de ancho pequeño en el pavimento.

422.03

Grieta: fractura, de variados orígenes, con un ancho mayor de 3 mm.

Materiales

422.04

Los materiales para la ejecución de esta actividad son:

a. Para grietas (entre 3 mm y 6 mm)

1. Material Bituminoso**:** se empleará una emulsión asfáltica cuya fluidez garantice su adecuada penetración en la grieta. De preferencia, se usará una emulsión de curado lento que cumpla con los requisitos

establecidos en la Tabla 415-04, debidamente aprobada por el Supervisor.

2. Arena: la arena será la porción de agregado pétreo seco, de granulometría que pase el tamiz Nº 4. La arena podrá ser natural o de trituración, los granos serán densos, limpios y duros, libre de terrones de arcilla y de cualquier material que pueda impedir la adhesión de éstos con el material bituminoso.

b. Para grietas (entre 6 mm y 20 mm)

1. Material Bituminoso: se empleará una emulsión asfáltica cuya fluidez garantice su adecuada penetración en la grieta. De preferencia, se usará una emulsión de curado lento que cumpla con los requisitos establecidos en la Tabla 415-04, debidamente aprobada por el Supervisor.

2. Arena: la arena podrá ser natural o de trituración, y debe cumplir las exigencias de calidad señalados en la Tabla 422-01.

Tabla 422-01

Ensayo	Norma	Requisito
Pérdida en Sulfato de Magnesio	(MTC E 209)	18% máx.
Adhesividad (Riedel Weber) (*)	(MTC E 220)	6 mín.
Índice de Plasticidad	(MTC E 111)	NP
Equivalente de Arena	(MTC E 114)	45%

(*) Referido al desprendimiento inicial.

La gradación deberá encontrarse dentro del siguiente Huso Granulométrico, señalado en la Tabla 422-02.

Tabla 422-02

Tamiz	Porcentaje que pasa	
N.º 4	100	
N.º 8	90	100
N.º 16	65	90
N.º 30	40	65
N.º 50	25	42
N.º 100	15	30
N.º 200	10	20

c. Aditivos mejoradores de adherencia

Cuando el proyecto lo establezca o sea requerido durante la ejecución de la obra el empleo de un mejorador de adherencia, para la mezcla a utilizar en el sellado de las grietas indicadas en (a) y (b), este se ajustará a lo descrito en la **Subsección 415.02(e)** y lo especificado en la **Sección 430.** Su uso deberá ser aprobado por el Supervisor.

d. Otros materiales sellantes

En el caso del empleo de otros materiales bituminosos tales como asfaltos poliméricos ó sellantes elastoméricos, los requisitos de calidad de estos, serán regidos por las especificaciones ASTM D 6690. Su calidad será verificada con ejecución de ensayos según las normas ASTM D 5329 y su empleo deberá ser aprobado por el Supervisor.

Equipo

422.05

Todos los equipos empleados deben ser compatibles con los procedimientos constructivos adoptados y requieren la aprobación previa del Supervisor teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de la obra y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

No se permitirá el uso de regaderas manuales recipientes perforados u otros implementos que no garanticen una aplicación homogénea de la emulsión asfáltica ó mezcla emulsión asfáltica con arena.

Requerimientos de construcción

422.06 Señalización y seguridad

El Contratista colocará los dispositivos de señalización y seguridad, según lo establecido en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras.

422.07 Preparación de la superficie

Las zonas de grietas a sellar serán establecidas por el Proyecto o indicadas por el Supervisor. El Contratista procederá inicialmente a la limpieza del área objeto de trabajo, utilizando para ello aire a presión, cepillos especiales o cualquier otro instrumento aprobado por el Supervisor.

Las grietas deberán ser aserradas de tal forma que permitan ser selladas conformando un factor de sellado 1:1 (ancho: profundidad) para el correcto desempeño del sellante. Estas cajas aserradas, deberán ser abiertas por medios mecánicos tales como discos cortadores, ruteadoras de grietas, etc.

Tanto el espacio de la grieta como el área adyacente a la misma, en un ancho no menor de 20 cm deberán estar libres de polvo, arcilla ó cualquier otro material contaminante, previo a continuar con la siguiente operación.

No se utilizarán barretas, cinceles, equipos neumáticos de percusión, ni tampoco solventes que puedan degradar, disolver o transportar a los contaminantes, que impidan una adecuada adherencia del material de sello.

422.08 Aplicación del material bituminoso

a. Sello de grietas (entre 3 mm y 6 mm)

Ejecutada la preparación de la Superficie y con la aprobación de la Supervisión, se procede a llenar la grieta con el material aprobado cuya fluidez durante la aplicación garantice la penetración adecuada, utilizando para ello medios mecánicos o un recipiente de volumen fácilmente maniobrable que posea una boca de salida del tamaño y forma, que permita fluir homogéneamente y en línea fina el material sellante.

b. Sello de grietas (entre 6 mm y 20 mm)

Ejecutada la preparación de la Superficie y con la aprobación de la Supervisión, se procede a llenar la grieta con el material aprobado, cuya fluidez durante la aplicación garantice la penetración adecuada, utilizando para ello medios mecánicos o un recipiente de volumen fácilmente maniobrable que posea una boca de salida del tamaño y forma que permita fluir homogéneamente y en línea fina el material sellante.

c. Sello de grietas con otros materiales sellantes

En el caso se emplee otro material sellante, tal como el indicado en **Subsección 422.04(d),** se deberá cumplir lo siguiente:

El material deberá ser aplicado según las temperaturas recomendadas por el fabricante y aprobado por el Supervisor.

Los equipos mecánicos para el sellado deben asegurar un vaciado continuo y uniforme, que no deje espacios intermedios sin rellenar. La operación deberá además ser limpia, rellenando exclusivamente las áreas requeridas, sin dejar manchas en zonas del pavimento fuera de la grieta, evitando derrames y perdidas de material.

422.09 Acabado

En el caso del sello de grietas según lo indicado en **Subsecciones 422.08 (a)**, **(b)** y **(c),** una vez culminada esta labor, se esparcirá una capa delgada de arena fina que cumpla los requisitos indicados en **Subsección 422.04(a.2)** sobre el área longitudinal de la grieta en proceso de sello, con el objeto de cubrir el material o mezcla bituminosa en la superficie sellada. Se formará una cáscara o costra que no permita desprendimiento o la pérdida del material o mezcla bituminosa recién aplicada, por adherencia a las ruedas del tránsito circulante. Finalmente debe limpiarse y barrerse todo material suelto.

Medición

422.10

El sello de grietas en pavimentos asfálticos se medirá por metro lineal (m) ejecutado y aprobado por la Supervisión.

Pago

422.11

Las cantidades aceptadas de esta actividad de sello de grietas en pavimentos asfálticos, se pagará a los precios unitarios establecidos en el contrato. Estos precios y pagos constituirán la compensación total por llevar a cabo las actividades descritas en esta sección, con el equipo, mano de obra, herramientas, señalamiento e imprevistos necesarios para la ejecución de los trabajos especificados en esta sección.

Ítem de Pago	Unidad de Pago
422.A Sello de grietas	Metro lineal (m)

SECCION 423

PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE

SECCIÓN 423

Pavimento de concreto asfáltico en caliente

Descripción

423.01 Generalidades

Este trabajo consistirá en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente y su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

423.02

Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

a. Agregados minerales gruesos

Se aplica en lo que corresponda, lo especificado en la **Subsección 415.02(a)**. Los agregados gruesos, deben cumplir además con los requerimientos, establecidos en la **Tabla 423-01:**

b. Agregados minerales finos

Se aplica en lo que corresponda, lo especificado en la **Subsección 415.02(a).** Adicionalmente deberá cumplir con los requerimientos de la **Tabla 423-02.**

Tabla 423-01

Requerimientos para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la Subsección 430.02.
- La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

Tabla 423-02

Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

**Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla, Subsección 430.02.

c. Gradación

La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica en caliente deberán ajustarse a alguna de las siguientes gradaciones y serán propuestas por el Contratista y aprobadas por el Supervisor.

Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino según lo establecido en el acápite (a) y (b) de esta Subsección, el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el 1% de partículas deleznables según ensayo MTC E 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos.

1. Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los husos granulométricos, especificados en la **Tabla 423-03.** Alternativamente pueden emplearse las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto.

Tabla 423-03

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.° 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.° 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.° 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.° 200)	4-8	4-8	5-10

2. Gradación para mezcla superpave

En las **Tablas 423-04** y **423-05** se especifican las características que deben cumplir las mezclas de agregados para tamaño nominal máximo del agregado de 19 y 25 mm respectivamente.

La curva granulométrica del agregado debe quedar dentro de los puntos de control y principalmente fuera de la zona restrictiva. Se recomienda que la curva pase por debajo de esta zona restrictiva.

El tipo de asfalto a utilizar en estas mezclas, debe ser según clasificación superpave–SHRP, AASHTO (MP-320, MP-1); así mismo la calidad de los agregados deberá regirse a lo establecido por la metodología SHRP.

Tabla 423-04

Graduación superpave para agregado de tamaño nominal máximo de 19 mm.

Tamaño del tamiz mm	Puntos de Control		Línea de Máxima Densidad	Zona de Restricción		Formula de Mezcla	Tolerancia (**)
				Mínimo	Máximo		
25		100,0	100,0				
19,00	100,0	90,0	88,4				
12,50			73,2				
9,50			59,6				
4,75			49,5			*	(6)
2,36	49,0	23,0	34,6	34,6	34,6	*	(6)
1,18			25,3	22,3	28,3		
0,60			18,7	16,7	20,7	*	(4)
0,30			13,7	13,7	13,7	*	(3)
0,15			10,0				
0,075	8,0	2,0	7,3			*	(2)

(*) El Contratista especificará los valores con aproximación al 0.1%

(**) Desviaciones aceptables (±) de los valores de la Fórmula

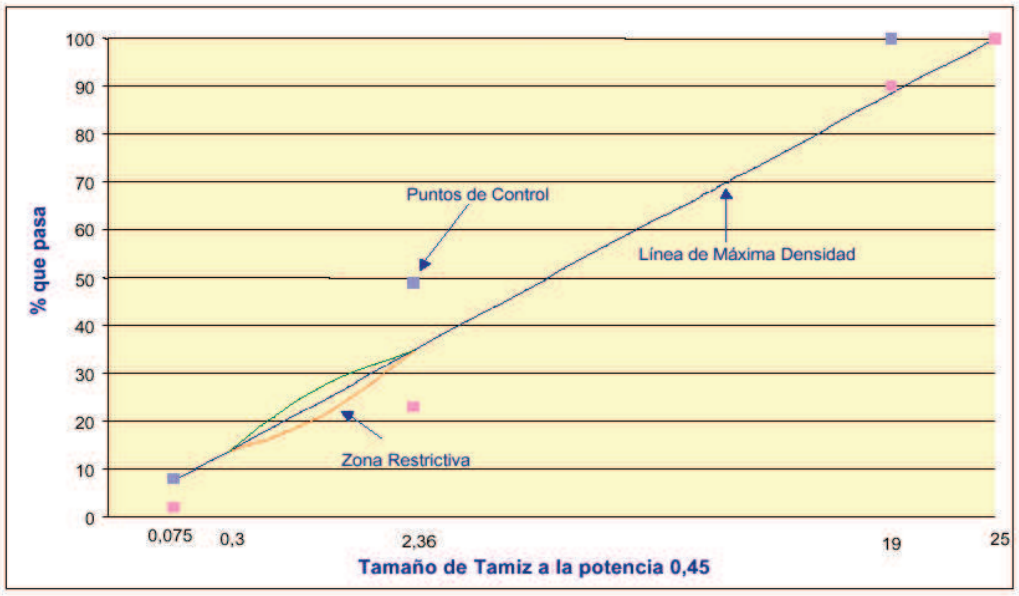


Tabla 423-05

Graduación superpave para agregado de tamaño nominal máximo 25 mm

Tamaño del tamiz mm	Puntos de Control		Línea de Máxima Densidad	Zona de Restricción		Formula de Mezcla	Tolerancia (**)
				Mínimo	Máximo		
37,5		100,0	100,0				
25,0	100,0	90,0	83,3				
19,00			73,6				
12,50			61,0				
9,50			53,9			*	(6)
4,75			39,5	39,5	39,5	*	(6)
2,36	45,0	19,0	28,8	26,8	30,8		
1,18			21,1	18,1	24,1	*	(4)
0,60			15,6	13,6	17,6	*	(3)
0,30			11,4	11,4	11,4		
0,15	7,0	1,0	8,3			*	(2)
0,075			6,1				

(*) El Contratista especificará los valores con aproximación al 0.1%

(**) Desviaciones aceptables (±) de los valores de la Fórmula.

d. Filler o polvo mineral

El filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherencia al par agregado-asfalto, podrá ser de preferencia cal hidratada, que deberá cumplir la norma AASHTO M-303 y lo indicado en la **Sección 429.**

La cantidad a utilizar se definirá en la fase de diseños de mezcla según el Método Marshall.

e. Cemento asfáltico

El Cemento Asfáltico deberá cumplir con lo especificado en la **Subsección 415.02 (b)** y los equivalentes al PG (Grado de Comportamiento-AASHTO M-320) especificados en la **Tabla 423-13**, **Tabla 423-14** y **Tabla 423-15**, basados en el clima y temperatura de la zona.

f. Fuentes de provisión o canteras

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.04.** Adicionalmente el Supervisor deberá aprobar los yacimientos de los agregados, relleno mineral de aportación y cemento asfáltico, antes de procederse a la entrega de dichos materiales.

Equipo

423.03

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.03.** Adicionalmente se deberá considerar lo siguiente:

a. Equipo para la elaboración de los agregados triturados

La planta constará de una trituradora primaria y una secundaria, obligatoriamente. Una terciaria siempre y cuando se requiera. Se deberá incluir también una clasificadora y un equipo de lavado. Además deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental de acuerdo a lo indicado en las **Subsecciones 05.06**, **05.11**, **400.03** y **400.04**.

b. Planta de asfalto

La mezcla de concreto asfáltico se fabricará en plantas adecuadas de tipo continuo o discontinuo, capaces de manejar simultáneamente en frío el número de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Las plantas productoras de mezcla asfáltica deberán cumplir con lo establecido en la reglamentación vigente sobre protección y control de calidad del aire.

Las tolvas de agregados en frío deberán tener paredes resistentes y estar provistas de dispositivos de salida que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear y deberá tener aprobación del Supervisor.

En las plantas del tipo tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación de agregados en frío deberá ser ponderal y tener en cuenta su humedad para corregir la dosificación en función de ella. En los demás tipos de plantas se aceptarán sistemas de dosificación de tipo volumétrico.

La planta estará dotada de un secador que permita el secado correcto de los agregados y su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla. El sistema de extracción de polvo deberá evitar su emisión a la atmósfera o el vertido de lodos a cauces de agua o instalaciones sanitarias.

Las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, estarán dotadas, así mismo, de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a tres y de tolvas de almacenamiento de las mismas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar contaminaciones. Dichas tolvas en caliente estarán dotadas de un rebosadero, para evitar que el exceso de contenido se vierta en las contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de clasificación; este sistema estará provisto de un dispositivo de alarma, claramente perceptible por el operador, que advierta cuando el nivel de la tolva baje, proporcionando el peso o volumen de material establecido y de un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones suministradas.

La instalación deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los agregados, situados a la salida del secador y en las tolvas en caliente.

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del asfalto deberá permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo.

En el calentamiento del asfalto se emplearán, preferentemente, serpentines de aceite o vapor, evitándose en todo caso el contacto del cemento asfáltico con elementos metálicos de la caldera que estén a temperatura muy superior a la de almacenamiento. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc., deberán estar provistos de dispositivos calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del cemento asfáltico a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros en lugares convenientes, para asegurar el control de la temperatura del cemento asfáltico, especialmente en la boca de salida de éste al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de una toma para el muestreo y comprobación de la calibración del dispositivo de dosificación.

En caso de que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de los mismos. La instalación estará dotada de sistemas independientes de almacenamiento y alimentación de aditivos, los cuales deberán estar protegidos contra la humedad.

Las instalaciones de tipo discontinuo deberán estar provistas de dispositivos de dosificación por peso cuya exactitud sea superior al 0,5%. Los dispositivos de dosificación del filler y cemento asfáltico tendrán, como mínimo, una sensibilidad de 0,5 kg. El cemento asfáltico deberá ser distribuido uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deberán permitir fugas ni goteos.

En las instalaciones de tipo continuo, las tolvas de agregados clasificados calientes deberán estar provistas de dispositivos de salida, que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. Estos dispositivos deberán ser calibrados antes de iniciar la fabricación de cualquier tipo de mezcla, en condiciones reales de funcionamiento.

El sistema dosificador del cemento asfáltico deberá disponer de instrumentos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo. En las plantas de mezcla continua, deberá estar sincronizado con la alimentación de los agregados pétreos y el filler mineral.

En las plantas continuas con tambor secador-mezclador se deberá garantizar la distribución homogénea del asfalto y que ésta se efectué de manera que no exista ningún riesgo de contacto con el fuego, ni de someter al cemento asfáltico a temperaturas inadecuadas.

En las instalaciones de tipo continuo, el mezclador será de ejes gemelos.

Si la planta posee tolva de almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad deberá garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte.

En la planta mezcladora y en los lugares de posibles incendios, es necesario que se cuente con un extintor de fácil acceso y uso del personal debidamente entrenado en la obra.

Antes de la instalación de la planta mezcladora, el Contratista deberá solicitar a las autoridades correspondientes, los permisos de localización, concesión de aguas, disposición de sólidos, funcionamiento para emisiones atmosféricas, vertimiento de aguas y permiso por escrito al dueño o representante legal del terreno. Para la ubicación se debe considerar dirección de los vientos, proximidad a las fuentes de materiales, fácil acceso y cumplir lo especificado en las **Subsecciones 05.06**, **05.11**, **400.03** y **400.04**.

Los trabajadores y operarios más expuestos al ruido, gases tóxicos y partículas deberán estar dotados con elementos de seguridad industrial y adaptados a las condiciones climáticas tales como: gafas, protectores de oído, protectores de gas y polvo, casco, guantes, botas y otros que se considere necesarios.

c. Equipo para el transporte

Tanto los agregados como las mezclas se transportarán en volquetes debidamente acondicionadas para tal fin. La forma y altura de la tolva será tal, que durante el vertido en la terminadora, el volquete sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos para ello. Para carreteras con volúmenes de tráfico superiores a 4.000 vehículos/día o que se ubiquen en zonas climáticas desfavorables (bajas temperaturas), se verterá la mezcla desde la tolva del volquete a un vehículo de transferencia de material y desde allí a la pavimentadora.

Los volquetes deberán estar siempre provistos de dispositivos que mantengan la temperatura, los cuales deben estar debidamente asegurados, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir emisiones contaminantes.

d. Equipo para el esparcido de la mezcla

La extensión y terminación de las mezclas densas en caliente, se hará con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de precompactación de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La pavimentadora poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar.

Estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. El mecanismo de accionamiento de los transportadores de cadena no deberá producir segregación física central.

La pavimentadora tendrá dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formas. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño, que deberá ser verificada por el Supervisor. Tanto la plancha como las extensiones deberán contar con sistema de calentamiento uniforme.

Deberá poseer sensores electrónicos para garantizar la homogeneidad de los espesores.

Se evitará todo tipo de derrames durante la descarga de la mezcla a la tolva, a la vez de procurar una pavimentación continua y manteniendo una velocidad constante de la pavimentadora.

Si se determina que el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables durante la construcción, el Supervisor exigirá su cambio.

Cuando la mezcla se prepare en planta portátil, la misma planta realizará su extensión sobre la superficie.

e. Equipo de compactación

Se deberán utilizar rodillos autopropulsados de cilindros metálicos, estáticos o vibratorios tándem y de neumáticos. El equipo de compactación será aprobado por el Supervisor, a la vista de los resultados obtenidos en el tramo de prueba. Para Vías de Primer orden los rodillos lisos se restringen a los denominados tipos tándem, no permitiéndose el uso de los que poseen dos llantas traseras neumáticas. Para otros tipos de vías se aconseja el uso de equipos tándem.

En el caso de compactación de mezclas porosas, se empleará compactadores de rodillos metálicos, estáticos o vibratorios, aprobados por el Supervisor, a la vista de los resultados obtenidos en el tramo de prueba.

Los compactadores de rodillos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Además, deberán poseer controladores de vibración y de frecuencia independientes. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras y, en caso necesario, faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la compactación adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor,

pero sin producir roturas del agregado ni desplazamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación.

f. Equipo accesorio

Estará constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la extensión de la mezcla.

Al término de obra se desmontarán las plantas de asfalto, dejando el área limpia y sin que signifique cambio alguno al paisaje o comprometa el medio ambiente.

Requerimientos de construcción

423.04 Mezcla de agregados

Las características de calidad de la mezcla asfáltica, deberán estar de acuerdo con las exigencias para mezclas de concreto bituminoso que se indican en la **Tablas 423-06** y **423-08**, según corresponda al tipo de mezcla que se produzca, de acuerdo al diseño del proyecto.

Tabla 423-06

Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver Tabla 423-10		
Inmersión – Compresión (MTC E 518) 1. Resistencia a la compresión Mpa mín. 2. Resistencia retenida % (mín.)	 2,1 75	 2,1 75	 1,4 75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

(1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3.000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.
(2) Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0,075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.
(3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est. /flujo sea de la menor magnitud posible.
(4) El Índice de Compactibilidad mínimo será 5.
El Índice de Compactabilidad se define como: $\frac{1}{GEB\ 50 - GEB\ 5}$.
Siendo GEB50 y GEB5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

Tabla 423-07

Requisitos de adherencia

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		< 3.000	> 3.000*
Adherencia (Agregado grueso)	MTC E 517	+95	-
Adherencia (Agregado fino)	MTC E 220	4 mín.**	-
Adherencia (mezcla)	MTC E 521	-	+95
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AASHTO T 283	-	80 Mín.

* mayor a 3000 msnm y zonas húmedas ó lluviosas
** grado inicial de desprendimiento

Para zonas de alturas mayores a 3000 msnm. ó zonas húmedas y lluviosas; la efectividad, compatibilidad y alto rendimiento del aditivo entre el par asfalto – agregado en cada uno de los diseños de mezcla, será evaluado según **Subsección 430.02** ó en el caso de evaluarse con la norma ASTM D-1075 y/o ASTM D-4867 (Lottman Modificado), debe obtener valores mínimos de ochenta por ciento (80%).

Tabla 423-08

Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	Marshall	Superpave
2,36 mm (N.° 8)	21	-
4,75 mm (N.° 4)	18	-
9,50 mm (3/8")	16	15
12,5 mm (½")	15	14
19,0 mm (3/4")	14	13
25,0 mm (1")	13	12
37,5 mm (1 ½")	12	11
50,0 mm (2")	11,5	10,5

Nota: Los valores de esta tabla serán seleccionados de acuerdo al tamaño máximo de las mezclas que se dan en la Subsección 423.02(c). Las tolerancias serán definidas puntualmente en función de las propiedades de los agregados.

Para el caso de mezclas tipo superpave nivel 1, deberán tenerse en cuenta los requerimientos de la **Tabla 423-08**, así como los solicitados en las **Tablas 423-9** a **423-10.**

Tabla 423-09

Mezcla asfáltica tipo superpave
Requerimientos generales

Parámetros de Diseño	Requerimientos
Porcentaje de vacíos con aire a los giros de diseño, N_{dis}	4,0
Porcentaje de la densidad máxima a los giros iniciales, N_{ini}	89% máx.
Porcentaje de la densidad máxima a los giros máximos, $N_{máx}$	98% máx.
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta (AASHTO T 283)	80% mín.

Tabla 423-10

Mezcla asfáltica tipo superpave
Vacíos llenos con asfalto (VFA)

Tráfico (millones de ejes equivalentes)	VFA
≤0,3	70-80
>0,3-3	65-78
>3	65-75

Tabla 423-11

Mezcla asfáltica superpave
Giros de compactación

Tráfico (millones de ejes equivalentes)	Temperatura promedio alta del aire											
	<39°C			39-40°C			41-42°C			43-44°C		
	N_{ini}	N_{dis}	$N_{máx.}$	N_{ini}	N_{dis}	$N_{máx.}$	N_{ini}	N_{dis}	$N_{máx.}$	N_{ini}	N_{dis}	$N_{máx.}$
≤0,3	7	68	104	7	74	114	7	78	121	7	82	127
>0,3-1	7	76	117	7	83	129	7	88	138	8	93	146
>1-3	7	86	134	8	95	150	8	100	158	8	105	167
>3-10	8	96	152	8	106	169	8	113	181	9	119	192
>10-30	8	109	174	9	121	195	9	128	208	9	135	220
>30-100	9	126	204	9	139	228	9	146	240	10	153	253
>100	9	142	233	10	158	262	10	165	275	10	172	288

423.05 Fórmula de trabajo

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.05** y adicionalmente:

a. Gradación

La Gradación de la mezcla será la que se indica en el Proyecto, de acuerdo a lo que se especifica en la **Subsección 423.02(c) (1)** o **423.02(c) (2)** para mezcla asfáltica en caliente (MAC) o superpave del nivel 1, respectivamente.

b. Aplicación de la fórmula de trabajo en obra y tolerancias

Todas las mezclas provistas, deberán concordar con la fórmula de trabajo en obra, fijada por el Supervisor, dentro de las tolerancias establecidas en la **Subsección 423.05(e).**

El Supervisor extraerá diariamente como mínimo una muestra de los agregados pétreos y dos de la mezcla, para verificar la uniformidad requerida del producto. El Supervisor podrá aprobar una nueva fórmula de trabajo, cuando los resultados fueran desfavorables o la variación de las condiciones de los materiales lo haga necesario. De todas maneras, la fórmula de trabajo será revisada cada vez que se cumpla una tercera parte de la meta física del Proyecto.

c. Métodos de comprobación

Cuando se compruebe la existencia de un cambio en el material o se deba cambiar el lugar de su procedencia, El Contratista deberá elaborar una nueva fórmula de trabajo, que deberá ser aprobada por el Supervisor. Los agregados serán rechazados cuando no cumplan con las especificaciones técnicas pertinentes, para obtener una mezcla equilibrada.

d. Composición de la mezcla de agregados

La mezcla se compondrá básicamente de agregados pétreos gruesos, finos y relleno mineral (separados por tamaños), en proporciones tales que se produzca una curva continua, aproximadamente paralela y centrada al huso granulométrico especificado. La fórmula de trabajo será determinada para las condiciones de operación regular de la planta asfáltica.

La fórmula de trabajo con las tolerancias admisibles, producirá el huso granulométrico de control de obra, debiéndose elaborar una mezcla de agregados que no escape de dicho huso.

Las mezclas con valores de estabilidad muy altos y valores de flujos muy bajos, no son adecuadas cuando las temperaturas de servicio fluctúan sobre valores bajos.

e. Tolerancias

Las tolerancias recomendadas en las mezclas, son aplicables =para la formula de trabajo, estarán dentro del huso de especificación y son las indicadas en la **Tabla 423-12.**

Tabla 423-12

Parámetros de Control	Variación permisible en % en peso total de áridos
N.º 4 o mayor	±5%
N.° 8	±4%
N.° 30	±3%
N.° 200	±2%
Asfalto	±0,2%

f. Modulo resiliente

La mezcla definida como óptima, deberá ser verificada con la medida de su módulo resiliente. El valor del módulo, determinado según la norma de ensayo ASTM D4123-82 (1995) a la temperatura y frecuencia de aplicación de carga que define la norma, se obtendrá compactando las probetas con 75 golpes por cara. Las probetas que se sometan a este ensayo deberán ser elaboradas con una mezcla sometida a envejecimiento previo, según la norma de ensayo AASHTO R-30. Si este valor de módulo no se cumple, será necesario rediseñar la mezcla hasta lograr su cumplimiento.

g. Leyes de fatiga

Las mezclas óptimas diseñadas con el método Marshall, deberán ser verificadas con la medida de sus leyes de fatiga, tensión y deformación, aplicado al procedimiento de ensayo definido en las normas AASHTO T

321, NLT 350 u otros de reconocida aceptación, como los descritos en la norma europea EN-12697–24. Los ensayos se realizarán bajo condiciones de densidad, temperatura y frecuencia, representativas de las condiciones reales de operación del pavimento. Las probetas que se sometan a este ensayo deberán ser elaboradas con una mezcla sometida a envejecimiento previo según la norma de ensayo AASHTO R-30.

Aunque los resultados de los ensayos de fatiga no tengan por finalidad la aceptación o el rechazo de la mezcla por parte del Supervisor, el Contratista deberá asegurarse de que las leyes de fatiga de las mezclas que elabore sean adecuadas para las necesidades de tránsito del proyecto donde se utilizará, por cuanto será de su entera y única responsabilidad cualquier deterioro prematuro atribuible exclusivamente a la fatiga de las capas asfálticas, durante el período de garantía de estabilidad de la obra.

h. Medidas de prevención contra la fisuración descendente de las capas asfálticas (top-down cracking)

Adicionalmente a todos los requerimientos para el diseño de la mezcla, señalados en las secciones precedentes, el Contratista deberá adoptar todas las previsiones técnicas y operativas necesarias que permitan la prevención del desarrollo de fisuras y grietas descendentes *(top-down cracking)* en las capas asfálticas. Todo deterioro por este concepto que se produzca durante el período de garantía de la obra se considerará de responsabilidad del Contratista, debiendo proceder a su corrección, con la aprobación de la entidad contratante.

423.06 Recomendaciones para mezclas asfálticas en climas fríos con altitud mayor de 3.000 msnm y cambios muy marcados entre las máximas y mínimas temperaturas

Para casos de pavimentos bituminosos ubicados en zonas con altitud mayor de 3.000 m.s.n.m. en que generalmente existen climas severos con alta pluviosidad y gradientes térmicas diarias altas, situación climática muy frecuente en el país, es preciso tener en cuenta entre otras las siguientes recomendaciones:

- Se deberá proporcionar una mezcla rica en cemento asfáltico, que debe ser superior a 6%, sin embargo, ello dependerá de las condiciones propias de obra y la calidad de los agregados.
- El diseño de la mezcla deberá ser indicado en el Proyecto.

- Se recomienda el uso de cal hidratada, como material aglomerante, espesante de mezcla y de adhesividad y estabilidad.
- En caso de requerirse aditivos mejoradores de adhesividad del par agregado-bitumen, será indicado en el Proyecto y este deberá cumplir la especificación correspondiente.
- Se usaran camiones térmicos.
- Se usará un equipo de transferencia de material para verter la mezcla asfáltica a la pavimentadora, evitando que el volquete vacíe directamente a ella, con la finalidad de evitar la segregación y uniformizar la temperatura.

423.07 Limitaciones climáticas

Las mezclas asfálticas calientes se colocarán cuando la base a tratar se encuentre seca, la temperatura ambiental sea superior a 6ºC, y no haya precipitaciones pluviales; además la base preparada debe estar en condiciones satisfactorias previstas en la **Sección 403.**

423.08 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en el Proyecto o aprobadas por el Supervisor. Las secciones que excedan de las tolerancias establecidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos fluidificados ni de agua en la superficie.

423.09 Tramo de prueba

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.06.**

423.10 Elaboración de la mezcla

Los agregados se suministrarán fraccionados. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y deberá poderse acumular y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Cada fracción del agregado se acumulará separadamente de las demás, para evitar contaminaciones al entremezclarse. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los 15 cm inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superior a 1,5 m, y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

La carga de las tolvas en frío se realizará de forma que éstas contengan entre el 50% y el 100% de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones.

Las aberturas de salida de las tolvas en frío, se regularán en forma tal, que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la fórmula de trabajo de la alimentación en frío. El caudal total de esta mezcla en frío se regulará de acuerdo con la producción prevista, no debiendo ser ni superior ni inferior, lo que permitirá mantener el nivel de llenado de las tolvas en caliente a la altura de calibración.

Los agregados preferentemente secos se calentarán antes de su mezcla con el asfalto. El secador se regulará de forma que la combustión sea completa, indicada por la ausencia de humo negro en el escape de la chimenea. Si el polvo recogido en los colectores cumple las condiciones exigidas al filler y su utilización está prevista, se podrá introducir en la mezcla; en caso contrario, deberá eliminarse. El tiro de aire en el secador se deberá regular de forma adecuada, para que la cantidad y la granulometría del filler recuperado sean uniformes. La dosificación del filler de recuperación y/o el de aporte, se hará de manera independiente de los agregados y entre sí.

En las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, deberá comprobarse que la unidad clasificadora en caliente proporcione a las tolvas en caliente agregados homogéneos; en caso contrario, se tomarán las medidas necesarias para corregir la heterogeneidad. Las tolvas en caliente de las plantas continuas deberán mantenerse por encima de su nivel mínimo de calibración, sin rebosar.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, y eventualmente el filler mineral seco, se pesarán o medirán exactamente y se transportarán al mezclador en las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo.

Si la instalación de fabricación de la mezcla es de tipo continuo, se introducirá en el mezclador al mismo tiempo, la cantidad de asfalto requerida, a la temperatura apropiada, manteniendo la compuerta de salida a la altura que proporcione el tiempo teórico de mezcla especificado. La tolva de descarga se abrirá intermitentemente para evitar segregaciones en la caída de la mezcla al volquete.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido en el mezclador los agregados y el filler, se agregará automáticamente el material bituminoso calculado para cada amasada, el cual deberá encontrarse a la temperatura adecuada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En ningún caso se introducirá en el mezclador el agregado caliente, a una temperatura superior en más de 5°C a la temperatura del asfalto.

El cemento asfáltico será calentado a una temperatura tal, que se obtenga una viscosidad comprendida entre 170 ± 20 cSt (según Carta Temperatura-Viscosidad proporcionado por el fabricante) y verificada en laboratorio por la Supervisión.

En mezcladores de ejes gemelos, el volumen de materiales no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando éstas se encuentren en posición vertical, siendo recomendable que no superen los dos tercios de su altura.

A la descarga del mezclador, todos los tamaños del agregado deberán estar uniformemente distribuidos en la mezcla y sus partículas total y homogéneamente cubiertas. La temperatura de la mezcla al salir del mezclador no excederá de la fijada durante la definición de la fórmula de trabajo.

Se rechazarán todas las mezclas heterogéneas, carbonizadas o sobrecalentadas, las mezclas con espuma, o las que presenten indicios de humedad. En este último caso, se retirarán los agregados de las correspondientes tolvas en caliente. También se rechazarán aquellas mezclas en las que la envuelta no sea perfecta.

423.11 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportará a la obra en volquetes hasta una hora del día en que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con luz natural. Sólo se permitirá el trabajo en horas de la noche, cuando exista una iluminación artificial que permita la extensión y compactación de manera adecuada, lo cual deberá ser aprobado por el Supervisor.

Durante el transporte de la mezcla deberán tomarse las precauciones necesarias para que al descargarla desde la máquina de transferencia del material a la pavimentadora, su temperatura no sea inferior a la mínima que se determine como aceptable durante la fase del tramo de prueba.

Al realizar estas labores, se debe tener mucho cuidado que no se manche la superficie por ningún tipo de material, si esto ocurriese se deberá de realizar las acciones correspondientes para la limpieza del mismo por parte y responsabilidad del Contratista.

423.12 Esparcido de la mezcla

La mezcla se extenderá con la máquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en el Proyecto y aprobados por el Supervisor.

El esparcido se hará en forma continua, utilizando un procedimiento que minimice las paradas y arranques de la pavimentadora. Durante el extendido de la mezcla, la tolva de descarga de la pavimentadora permanecerá llena para evitar la segregación. Se utilizará un equipo especial de transferencia de material para verter la mezcla asfáltica a la pavimentadora, evitando que el camión vacíe directamente a las tolvas de la misma, mejorando así la uniformidad superficial de la carpeta.

A menos que se ordene otra cosa, la extensión comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior en las secciones peraltadas. La mezcla se colocará en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales, y para conseguir la mayor continuidad de las operaciones de extendido, teniendo en cuenta el ancho de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

Como se ha indicado, la colocación de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas, no siendo permitido el uso de herramientas manuales en los acabados de la capa extendida. En caso de trabajo intermitente, se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin extender en la tolva o bajo la pavimentadora no baje de la especificada; de lo contrario, deberá ejecutarse una junta transversal.

En los sitios en los que a juicio del Supervisor no resulte posible el empleo de máquinas pavimentadoras, la mezcla podrá extenderse con otros medios aprobados por el Supervisor. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos calientes, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste al Proyecto o instrucciones del Supervisor, con las tolerancias establecidas en la presente especificación.

Al realizar estas labores, se debe tener mucho cuidado que no se manche la superficie por ningún tipo de material, si esto ocurriese se deberá de realizar las acciones correspondientes para la limpieza del mismo por parte y responsabilidad del Contratista.

No se permitirá la extensión y compactación de la mezcla en presencia de precipitaciones pluviales, o cuando la temperatura ambiental sea inferior a 6°C.

423.13 Compactación de la mezcla

La compactación deberá comenzar, una vez esparcida la mezcla, a la temperatura más alta posible con que ella pueda soportar la carga a que se somete, sin que se produzcan agrietamientos o desplazamientos indebidos, según haya sido dispuesto durante la ejecución del tramo de prueba y dentro del rango establecido en la carta temperatura-viscosidad.

La compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el compactado avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aprobada por el Supervisor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que apruebe el Supervisor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

Se tendrá cuidado para no desplazar los bordes de la mezcla extendida; Los bordes exteriores del pavimento terminado serán chaflanados ligeramente.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual necesario. Se cuidará que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si es preciso, húmedos. No se permitirán, sin embargo, excesos de agua.

La compactación se continuará mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada hasta alcanzar la densidad especificada y se concluirá con un apisonado final que borre las huellas dejadas por los compactadores precedentes.

Si se diseña una mezcla tipo superpave, los procesos de compactación deberán ser diferentes, en especial, en la temperatura, amplitud y frecuencia de la compactación inicial, el tiempo de espera, el tipo de equipos y temperatura en la compactación intermedia y final.

En la etapa de tramo de prueba se podrá probar, para mezclas tipo superpave, con la siguiente rutina inicial, la cual deberá ajustarse de acuerdo con los resultados obtenidos:

- **Compactación inicial**

  Rodillo tándem vibratorio, entrando a una temperatura entre 145ºC y 150ºC. Inicialmente se dan dos pasadas con amplitud alta a 50-53,33 Hz (3000 – 3200 VPM) y luego dos pasadas con amplitud baja a 50-56,67 Hz o (3000 – 3400 VPM).

- **Zona Tierna**

  En esta etapa se deberá esperar que la temperatura baje hasta 115ºC sin operar ningún equipo sobre la mezcla.

- **Compactación intermedia**

  Rodillo neumático de 20.000 a 22.000 kg de peso, ejerciendo una presión de contacto por llanta entre 520 kPa y 550 kPa, en 2 a 4 pasadas, en un rango de temperatura entre 95ºC y 115ºC.

- **Compactación final**

  Rodillo tándem vibratorio usado en modo estático, haciendo 3 pasadas en un rango de temperatura entre 85ºC y 95ºC.

423.14 Juntas de trabajo

Las juntas presentarán la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, deberán cuidarse con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les aplicará una capa uniforme y ligera de asfalto antes de colocar la mezcla nueva, dejándola curar suficientemente.

El borde de la capa extendida con anterioridad se cortará verticalmente con el objeto de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor.

La nueva mezcla se extenderá contra la junta y se compactará y alisará con elementos adecuados, antes de permitir el paso sobre ella del equipo de compactación.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se compactarán transversalmente. Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, deberán cortarse para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Supervisor lo considere necesario, se añadirá mezcla que, después de colocada y se compactará mecánicamente.

En casos de carreteras ubicadas por encima de 3.000 m.s.n.m. las juntas longitudinales deben ser efectuadas con el uso de 2 distribuidores de asfalto trabajando simultáneamente en cada carril pavimentado. Esto permitirá obtener una junta monolítica y cerrada.

Para el caso en que el pavimento este constituido por 2 capas superpuestas, las juntas transversales de una y otra capa guardarán una separación mínima de 5 m; y para el caso de las juntas longitudinales la separación mínima será de 15 cm.

423.15 Pavimento sobre puentes y viaductos

Las losas de los puentes si así están dispuestas en el proyecto o aprobado por el Supervisor, se pavimentarán con una mezcla densa en caliente de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa aplicación del riego de liga de esta especificación.

Durante la ejecución del riego de liga y de la pavimentación, el Contratista deberá proteger con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de los puentes que puedan ser afectadas por el material bituminoso. El Contratista será responsable por todo daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, los trabajos de reparación y limpieza correrán por su cuenta.

423.16 Apertura al tránsito

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado podrá abrirse al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente.

423.17 Reparaciones

Se aplica lo establecido en la **Subsección 418.14.**

Aceptación de los trabajos

423.18 Criterios

a. Controles

Se aplicará lo indicado en la **Subsección 415.07(a).**

b. Calidad del cemento asfáltico

El Supervisor efectuará las siguientes actividades de control:

Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega y por cada carro termotanque, la curva viscosidad - temperatura y el grado de penetración del asfalto.

Efectuar los ensayos y frecuencias que se indica en la **Tabla 423-16** y los controles de las demás características descritas en la **Tabla 415-03**.

Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico incorporado en las mezclas que haya aceptado a satisfacción.

c. Calidad de los agregados pétreos y del filler o polvo mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán 6 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- El desgaste en la máquina de Los Ángeles, según la norma MTC E 207.

- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o de magnesio, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 209.
- El equivalente de arena, de acuerdo con la norma MTC E 114.
- La plasticidad, aplicando las normas MTC E 111.
- Sales solubles totales de acuerdo a la norma MTC E 219.
- Adherencia entre el agregado y el bitumen según la norma MTC E 220 / MTC E 517.
- Azul de Metileno, según norma AASHTO TP 57.

Así mismo, para cada procedencia del polvo mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y sobre ellas se determinarán:

- La densidad aparente.
- El coeficiente de emulsibilidad.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en la **Subsección 415.02(a).**

Los materiales producidos deben ser acopiados y manipulados con los cuidados correspondientes a fin de evitar su contaminación con tierra vegetal, materia orgánica u otros, de ocurrir tal hecho, serán rechazados por el Supervisor.

Además, efectuará las verificaciones de calidad y frecuencias que se indican en la **Tabla 423-16** para el agregado de cada tolva en frío.

Si existe incorporación independiente de filler mineral, sobre él, se efectuarán las siguientes determinaciones:

- Densidad aparente y coeficiente de emulsibilidad, al menos una vez a la semana y siempre que se cambie de procedencia del filler.
- Granulometría y peso específico, una prueba por suministro.

Los resultados de estas pruebas deben satisfacer los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 423.02.**

d. Composición de la mezcla

1. Contenido de asfalto

Por cada jornada de trabajo se tomará un mínimo de 2 muestras y se considerará como lote, el tramo constituido por un total de cuando

menos seis muestras, las cuales corresponderán a un número entero de jornadas.

En la **Tabla 423-16** se establecen los controles de calidad y frecuencias de los ensayos.

El porcentaje de asfalto residual promedio del tramo (ART %) tendrá una tolerancia de 0,2%, respecto a lo establecido en la fórmula de trabajo (ARF %).

$$ARF\ \%-0{,}2\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}2\ \%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor medio del tramo (ART %) en más del 0,3%, admitiéndose un solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\ \%-0{,}3\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 0{,}3\ \%$$

Un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del tramo.

2. Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la **Subsección 423.05(e).**

e. Calidad de la mezcla

1. Resistencia

Con un mínimo de 2 muestras se moldearán probetas (2 por muestra), para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo Marshall (MTC E 504); paralelamente se determina la densidad media de las 4 probetas moldeadas (D_e).

La estabilidad media de las 4 probetas (E_m) deberá ser como mínimo, igual al 95% de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo (E_t).

$$E_m \geq 0{,}95\ E_t.$$

Además, la estabilidad de cada probeta (E_i) deberá ser igual o superior al 90% del valor medio de estabilidad, admitiéndose solo un valor individual por debajo de ese límite.

$$E_i \geq 0{,}9\ E_m$$

El incumplimiento de alguna de estas exigencias determina el rechazo del tramo representado por las muestras.

3. Flujo

El flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (F_m) deberá encontrarse entre el 90% y el 110% del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo (F_t), pero no se permitirá que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos en **Tabla 423-10.**

$$0{,}90\ F_t \leq Fm \leq 1{,}10\ F_t$$

Si el flujo medio se encuentra dentro del rango establecido, pero no satisface la exigencia recién indicada en relación con el valor obtenido al determinar la fórmula de trabajo, el Supervisor decidirá, al compararlo con las estabilidades, si el tramo debe ser rechazado o aceptado.

f. Calidad del trabajo terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en el proyecto o aprobada por el Supervisor. La cota de cualquier punto de la mezcla densa compactada en capas de base o rodadura, no deberá variar en más de 5 mm de la proyectada.

g. El Supervisor deberá efectuar las siguientes verificaciones:

1. Compactación

Las determinaciones de densidad de la capa compactada se realizarán en una proporción de cuando menos una por cada 250 m^2 y los tramos por aprobar se definirá sobre la base de un mínimo de 6 determinaciones de densidad. Los sitios para las mediciones se

elegirán de acuerdo al anexo N.° 1 "Proceso Aleatorio para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo azar".

La densidad media del tramo (D_m) deberá ser, cuando menos, el 98% de la media obtenida al compactar en el laboratorio con la técnica Marshall, las 4 probetas por jornada de trabajo (D_e), que se indicaron en la **Subsección 423.18(e) (1).**

$$D_m \geq 0{,}98\ D_e$$

Además, la densidad de cada testigo individual (D_i) deberá ser mayor o igual al 97% de la densidad media de los testigos del tramo (D_m).

$$D_i \geq 0{,}97\ D_m$$

El incumplimiento de alguno de estos 2 requisitos implica el rechazo del tramo por parte del Supervisor.

La toma de muestras testigo se hará de acuerdo con norma MTC E 509 y las densidades se determinarán por alguno de los métodos indicados en las normas MTC E 506, MTC E 508 y MTC E 510.

2. Espesor

Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, el Supervisor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser, cuando menos, igual al 95% del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0{,}95\ e_d$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del tramo.

3. Uniformidad de la Superficie

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores de 5 mm en capas de rodadura o 10 mm en capas de base y bacheos. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como

cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

4. Textura

En el caso de mezclas compactadas como capa de rodadura, el coeficiente de resistencia al deslizamiento (MTC E 1004) luego del curado de la mezcla deberá ser, como mínimo, de 0,45 en cada ensayo individual, debiendo efectuarse un mínimo de 2 pruebas por jornada de trabajo.

5. Regularidad de la superficie de rodadura o rugosidad

La regularidad superficial de la superficie de rodadura será medida y aprobada por el Supervisor, para lo cual, por cuenta y cargo del Contratista, deberá determinarse la rugosidad en unidades IRI.

Para la determinación de la rugosidad podrán utilizarse métodos topográficos, rugosímetros, perfilómetros tipo de alto rendimiento u otro método debidamente aprobado por el Supervisor.

La medición de la rugosidad sobre la superficie de rodadura terminada, deberá efectuarse en toda su longitud y debe involucrar ambas huellas por tramos preestablecidos o aprobados por el Supervisor, en los cuales las obras estén concluidas, registrando mediciones en secciones cada 100 m. La rugosidad, en términos IRI, tendrá un valor máximo de 2,0 m/km.

6. Medición de deflexiones sobre la carpeta asfáltica terminada

Se efectuarán mediciones de deflexión en los dos carriles, en ambos sentidos cada 50 m y en forma alternada. Se analizará la deformada o la curvatura de la deflexión obtenida de por lo menos 3 valores por punto y se obtendrán indirectamente los módulos de elasticidad de la capa asfáltica. Además, la deflexión característica obtenida por sectores homogéneos se comparará con la deflexión admisible para el número de repeticiones de ejes equivalentes de diseño.

Para efecto de la medición de deflexiones podrá emplearse la viga Benkelman, el FWD, o cualquier otro método debidamente aprobado por el Supervisor; los puntos de medición estarán referenciados con el estacado del proyecto, de tal manera que exista una coincidencia con

relación a las mediciones que se hayan efectuado a nivel de subrasante según se indican en las **Subsecciones 202.20** y **205.12 (d).**

Se requiere un estricto control de calidad tanto de los materiales como de la fabricación de la mezcla asfáltica, de los equipos para su esparcido y compactación, y en general de todos los elementos involucrados en la puesta en obra de la mezcla asfáltica. De dicho control forma parte la medición de las deflexiones y el subsecuente cálculo de los módulos elásticos de las capas que se mencionan en el primer párrafo. La medición de deflexiones sobre la carpeta asfáltica terminada tiene como finalidad la evaluación, diagnóstico y complementación de los diferentes controles que deben realizarse a la carpeta asfáltica, asimismo, determinar las deflexiones características por sectores homogéneos, cuyos resultados, según lo previsto en el diseño, deberán teóricamente ser menores a la deflexión admisible.

La medición de deflexiones sobre la carpeta asfáltica terminada, se efectuará al finalizar la obra como control final de calidad del pavimento terminado y para efectos de recepción de la obra. Es de cumplimiento obligatorio por parte del Contratista.

En cuanto a la responsabilidad de estos trabajos y la provisión de personal, equipos e insumos, se cumplirá lo establecido en la **Subsección 205.12(d).**

Tabla 423-13

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por PG según Tabla 1 de AASHTO M320

	PG 46			PG 52							PG 58					PG 64					
	34	40	46	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
Temperatura de diseño máxima del pavimento promedio de 7 días, °C[a]	<46			<52							<58					<64					
Temperatura de diseño mínima del pavimento. °C[a]	>-34	>-40	>-46	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-46	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40
Asfalto original																					
Punto de inflamación, T 48, °C, mínimo	230																				
Viscosidad, T 316:[b] máximo 3 Pa·s, temp de prueba, °C	135																				
Esfuerzo Cortante Dinámico, T 315:[c] G*/senS,[d] mínimo 1.00 kPa temp de prueba @ 10 rad/s, °C	46			52							58					64					
Película delgada en horno rotativo (T 240)																					
Cambio de masa,[e] máximo, %	1.00																				
Esfuerzo cortante dinámico, T 315: G*/senS,[d] mínimo 2.20 kPa temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	46			52							58					64					
Residuo en cámara de presión (R 28)																					
Temperatura de curado PAV, °C[f]	90			90							100					100					
Esfuerzo cortante dinámico G* senS,[d] máximo 5000 kPa temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
Resistencia al deslizamiento, T 313 :[g] S, máximo 300 MPa valor-m, mínimo 0,300 temp de prueba @ 60 s, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30
Tensión Directa, T 314:[g] Def unitaria de la falla, mínimo 1,0% temp de prueba @ 1.0 mm/min, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30

[a] La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire, usando un algoritmo contenido en el programa de cálculo de superpave, la dependencia especifica puede ser suministrada o ser obtenida siguiendo los procesos indicados en M 323 and R 35.

[b] Este requerimiento puede omitirse a discreción de la agencia específica, si el proveedor garantiza que el cemento asfáltico puede bombearse y mezclarse convenientemente a una temperatura que satisfaga todos los estándares aplicables de seguridad

[c] Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico no modificado, la medición de viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituirse por las mediciones del esfuerzo cortante dinámico de G*/senS, para una temperatura de prueba para la cual el asfalto sea un fluido newtoniano.

[d] G*/senS = Resistencia a alta temperatura y G* senS = Resistencia a temperatura intermedia.

[e] El cambio de masa debe ser menor que 1,00 % tanto para la variación positiva (aumento de masa) como la negativa (pérdida de masa)

[f] La temperatura de curado PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90°C, 100°C ó 110°C. Normalmente la temperatura de curado PAV es de 100 °C para el PG 58-xx y superiores. Sin embargo, en climas desérticos la temperatura de curado PAV para PG 70-xx y superiores deben ser fijada como 110°C

[g] Si la Resistencia al deslizamiento es inferior a 300 MPa, la prueba de tensión directa no es necesaria. Si la resistencia al deslizamiento se encuentra entre 300 y 600 MPa puede usarse el requerimiento de la deformación unitaria a la falla por tensión directa, en lugar del requerimiento de la resistencia al deslizamiento. En ambos casos debe satisfacerse el requerimiento del valor-m.

Tabla 423-13 (continuación)
Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por PG Tabla 1 de AASHTO M320

	PG 70						PG 76					PG 82				
	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	10	16	22	28	34
Temperatura de diseño máxima del pavimento promedio de 7 días, °C[a]	<70						<76					<82				
Temperatura de diseño mínima del pavimento. °C[a]	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34
Asfalto original																
Punto de inflamación, T 48, ºC, mínimo	230															
Viscosidad, T 316:[b] máximo 3 Pa·s, temp de prueba, °C	135															
Esfuerzo Cortante Dinámico, T 315:[c] G*/senS,[d] mínimo 1.00 kPa temp de prueba @ 10 rad/s, °C	70						76					82				
Película delgada en horno rotativo (T 240)																
Cambio de masa,[e] máximo, %	1.00															
Esfuerzo cortante dinámico, T 315: G*/senS,[d] mínimo 2.20 kPa temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	70						76					82				
Residuo en cámara de presión (R 28)																
Temperatura de curado PAV, °C[f]	100 (110)						100(110)					100 (110)				
Esfuerzo cortante dinámico G* senS,[d] máximo 5000 kPa temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28
Resistencia al deslizamiento, T 313 :[g] S, máximo 300 MPa valor-m, mínimo 0,300 temp de prueba @ 60 s, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24
Tensión Directa, T 314:[g] Def unitaria de la falla, mínimo 1,0% temp de prueba @ 1.0 mm/min, °C	0		-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24

[a] La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire, usando un algoritmo contenido en el programa de cálculo de superpave, la dependencia especifica puede ser suministrada o ser obtenida siguiendo los procesos indicados en M 323 and R 35.

[b] Este requerimiento puede omitirse a discreción de la agencia específica, si el proveedor garantiza que el cemento asfáltico puede bombearse y mezclarse convenientemente a una temperatura que satisfaga todos los estándares aplicables de seguridad

[c] Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico no modificado, la medición de viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituirse por las mediciones del esfuerzo cortante dinámico de G*/senS, para una temperatura de prueba para la cual el asfalto sea un fluido newtoniano.

[d] G*/senS = Resistencia a alta temperatura y G* senS = Resistencia a temperatura intermedia.

[e] El cambio de masa debe ser menor que 1,00 % tanto para la variación positiva (aumento de masa) como la negativa (pérdida de masa)

[f] La temperatura de curado PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90°C, 100°C ó 110°C. Normalmente la temperatura de curado PAV es de 100 ºC para el PG 58-xx y superiores. Sin embargo, en climas desérticos la temperatura de curado PAV para PG 70-xx y superiores deben ser fijada como 110ºC

[g] Si la Resistencia al deslizamiento es inferior a 300 MPa, la prueba de tensión directa no es necesaria. Si la resistencia al deslizamiento se encuentra entre 300 y 600 MPa puede usarse el requerimiento de la deformación unitaria a la falla por tensión directa, en lugar del requerimiento de la resistencia al deslizamiento. En ambos casos debe satisfacerse el requerimiento del valor-m.

Tabla 423-14
Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por PG Tabla 2 de AASHTO M320

	PG 46			PG 52							PG 58					PG 64					
	34	40	46	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
Temperatura de diseño máxima del pavimento promedio de 7 días, °C[a]	<46			<52							<58					<64					
Temperatura de diseño mínima del pavimento. °C[a]	>-34	>-40	>-46	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-46	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40
Asfalto original																					
Punto de inflamación, T 48, °C, mínimo	230																				
Viscosidad, T 316:[b] máximo 3 Pa˙s, temp de prueba, °C	135																				
Esfuerzo Cortante Dinámico, T 315:[c] G*/senS,[d] mínimo 1.00 kPa temp de prueba @ 10 rad/s, °C	46			52							58					64					
Película delgada en horno rotativo (T 240)																					
Cambio de masa,[e] máximo, %	1.00																				
Esfuerzo cortante dinámico, T 315: G*/senS,[d] mínimo 2.20 kPa temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	46			52							58					64					
Residuo en cámara de presión (R 28)																					
Temperatura de curado PAV, °C[f]	90			90							100					100					
Esfuerzo cortante dinámico G* senS,[d] máximo 5000 kPa temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
Temperatura baja crítica de falla, R 49: Temperatura crítica de falla determinada mediante R 49, temperatura de prueba, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30

[a] La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire, usando un algoritmo contenido en el programa de cálculo de superpave, la dependencia especifica puede ser suministrada o ser obtenida siguiendo los procesos indicados en M 323 and R 35.

[b] Este requerimiento puede omitirse a discreción de la agencia específica, si el proveedor garantiza que el cemento asfáltico puede bombearse y mezclarse convenientemente a una temperatura que satisfaga todos los estándares aplicables de seguridad

[c] Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico no modificado, la medición de viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituirse por las mediciones del esfuerzo cortante dinámico de G*/senS, para una temperatura de prueba para la cual el asfalto sea un fluido newtoniano.

[d] G*/senS = Resistencia a alta temperatura y G* senS = Resistencia a temperatura intermedia.

[e] El cambio de masa debe ser menor que 1,00 % tanto para la variación positiva (aumento de masa) como la negativa (pérdida de masa)

[f] La temperatura de curado PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90°C, 100°C ó 110°C. Normalmente la temperatura de curado PAV es de 100 °C para el PG 58-xx y superiores. Sin embargo, en climas desérticos la temperatura de curado PAV para PG 70-xx y superiores deben ser fijada como 110°C

Tabla 423-14 (continuación)
Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por PG Tabla 2 de AASHTO M320

	PG 70						PG 76					PG 82				
	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	10	16	22	28	34
Temperatura de diseño máxima del pavimento promedio de 7 días, °C[a]	<70						<76					<82				
Temperatura de diseño mínima del pavimento. °C[a]	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34
Asfalto original																
Punto de inflamación, T 48, °C, mínimo	230															
Viscosidad, T 316:[b] máximo 3 Pa·s, temp de prueba, °C	135															
Esfuerzo Cortante Dinámico, T 315:[c] G*/senS,[d] mínimo 1.00 kPa temp de prueba @ 10 rad/s, °C	70						76					82				
Película delgada en horno rotativo (T 240)																
Cambio de masa,[e] máximo, %	1.00															
Esfuerzo cortante dinámico, T 315: G*/senS,[d] mínimo 2.20 kPa temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	70						76					82				
Residuo en cámara de presión (R 28)																
Temperatura de curado PAV, °C[f]	100(110)						100(110)					100(110)				
Esfuerzo cortante dinámico G* senS,[d] máximo 5000 kPa temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28
Temperatura baja crítica de falla, R 49: Temperatura crítica de falla determinada mediante R 49, temperatura de prueba, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24

[a] La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire, usando un algoritmo contenido en el programa de cálculo de superpave, la dependencia especifica puede ser suministrada o ser obtenida siguiendo los procesos indicados en M 323 and R 35.

[b] Este requerimiento puede omitirse a discreción de la agencia específica, si el proveedor garantiza que el cemento asfáltico puede bombearse y mezclarse convenientemente a una temperatura que satisfaga todos los estándares aplicables de seguridad

[c] Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico no modificado, la medición de viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituirse por las mediciones del esfuerzo cortante dinámico de G*/senS, para una temperatura de prueba para la cual el asfalto sea un fluido newtoniano.

[d] G*/senS = Resistencia a alta temperatura y G* senS = Resistencia a temperatura intermedia.

[e] El cambio de masa debe ser menor que 1,00 % tanto para la variación positiva (aumento de masa) como la negativa (pérdida de masa)

[f] La temperatura de curado PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90°C, 100°C ó 110°C. Normalmente la temperatura de curado PAV es de 100 °C para el PG 58-xx y superiores. Sin embargo, en climas desérticos la temperatura de curado PAV para PG 70-xx y superiores deben ser fijada como 110°C

Tabla 423-15
Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por PG Tabla 3 de AASHTO M320

	PG 46			PG 52							PG 58					PG 64					
	34	40	46	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
Temperatura de diseño máxima del pavimento promedio de 7 días, °C[a]	<46			<52							<58					<64					
Temperatura de diseño mínima del pavimento. °C[a]	>-34	>-40	>-46	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-46	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40
Asfalto original																					
Punto de inflamación, T 48, °C, mínimo	230																				
Viscosidad, T 316:[b] máximo 3 Pa˙s, temp de prueba, °C	135																				
Esfuerzo Cortante Dinámico, T 315:[c] G*/senS,[d] mínimo 1.00 kPa temp de prueba @ 10 rad/s, °C	46			52							58					64					
Película delgada en horno rotativo (T 240)																					
Cambio de masa,[e] máximo, %	1.00																				
MSCR, TP 70[k]: Tráfico standard "S"[h] $J_{nr3.2}$, maximum 4.0 J_{nrdiff}, maximum 75% Temp de prueba @ 10 rad/sec, °C	46			52							58					64					
MSCR, TP 70 [k]: Tráfico pesado "H"[i] $J_{nr3.2}$, maximum 2.0 J_{nrdiff}, maximum 75% Temp de prueba @ 10 rad/sec, °C	46			52							58					64					
MSCR, TP 70 [k]: Tráfico muy pesado "V" Grade [J] $J_{nr3.2}$, maximum 1.0 J_{nrdiff}, maximum 75% Temp de prueba @ 10 rad/sec, °C	46			52							58					64					

[a] La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire, usando un algoritmo contenido en el programa de cálculo de superpave, la dependencia especifica puede ser suministrada o ser obtenida siguiendo los procesos indicados en M 323 and R 35.

[B] Este requerimiento puede omitirse a discreción de la agencia específica, si proveedor garantiza que cemento asfáltico puede bombearse y mezclarse convenientemente a una temperatura que satisfaga todos los estándares aplicables de seguridad

[c] Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico no modificado, la medición de viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituirse por las mediciones del esfuerzo cortante dinámico de G*/senS, para una temperatura de prueba para la cual el asfalto sea un fluido newtoniano.

[d] G*/senS = Resistencia a alta temperatura y G* senS = Resistencia a temperatura intermedia.

[e] El cambio de masa debe ser menor que 1,00 % tanto para la variación positiva (aumento de masa) como la negativa (pérdida de masa)

[f] La temperatura de curado PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90°C, 100°C ó 110°C. Normalmente la temperatura de curado PAV es de 100 °C para el PG 58-xx y superiores. Sin embargo, en climas desérticos la temperatura de curado PAV para PG 70-xx y superiores deben ser fijada como 110ºC

[g] Si la Resistencia al deslizamiento es inferior a 300 MPa, la prueba de tensión directa no es necesaria. Si la resistencia al deslizamiento se encuentra entre 300 y 600 MPa puede usarse el requerimiento de la deformación unitaria a la falla por tensión directa, en lugar del requerimiento de la resistencia al deslizamiento. En ambos casos debe satisfacerse el requerimiento del valor-m.

[h] Tráfico estándar "S" en las situaciones más típicas será para niveles de tráfico de menos de 10 millones de EALs.

[i] Tráfico pesado "H" en las situaciones más comunes será para niveles de tráfico comprendidos entre 10 y 30 millones de EALs

[k] Prueba MSCR en residuo RTFO debe realizarse en graduación PG basada en alta temperatura ambiental pavimento. Clasificación por golpeo realiza necesitando un valor <Jnr mientras realiza prueba a T.A.

Tabla 423-15 (continuación)
Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por PG Tabla 3 de AASHTO M320

	PG 46			PG 52							PG 58					PG 64					
	34	40	46	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
Residuo en cámara de presión (R 28)																					
PAV temperature envegecimiento, °C[f]	90			90							100					100					
Esfuerzo Cortante Dinámico, T 315: Grado "S" G* senS,d máximo 5000 kPa Temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
Esfuerzo Cortante Dinámico, T 315: Grados "H & V" G* senS,[d] maximum 6000 kPa Temperatura de prueba @ 10 rad/s, °C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
Resistencia al deslizamiento, T 313:[g] S, maximo 300 MPa m-value, mínimo 0,300 temperatura de prueba @ 60 s, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30
Tensión directa, T 314:[g] Rotura de falla, minimum 1.0% Temp de prueba @ 1.0 mm/min, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30

[a] La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire, usando un algoritmo contenido en el programa de cálculo de superpave, la dependencia especifica puede ser suministrada o ser obtenida siguiendo los procesos indicados en M 323 and R 35.

[b] Este requerimiento puede omitirse a discreción de la agencia específica, si el proveedor garantiza que el cemento asfáltico puede bombearse y mezclarse convenientemente a una temperatura que satisfaga todos los estándares aplicables de seguridad

[c] Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico no modificado, la medición de viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituirse por las mediciones del esfuerzo cortante dinámico de G*/senS, para una temperatura de prueba para la cual el asfalto sea un fluido newtoniano.

[d] G*/senS = Resistencia a alta temperatura y G* senS = Resistencia a temperatura intermedia.

[e] El cambio de masa debe ser menor que 1,00 % tanto para la variación positiva (aumento de masa) como la negativa (pérdida de masa)

[f] La temperatura de curado PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90°C, 100°C ó 110°C. Normalmente la temperatura de curado PAV es de 100 ºC para el PG 58-xx y superiores. Sin embargo, en climas desérticos la temperatura de curado PAV para PG 70-xx y superiores deben ser fijada como 110ºC

[g] Si la Resistencia al deslizamiento es inferior a 300 MPa, la prueba de tensión directa no es necesaria. Si la resistencia al deslizamiento se encuentra entre 300 y 600 MPa puede usarse el requerimiento de la deformación unitaria a la falla por tensión directa, en lugar del requerimiento de la resistencia al deslizamiento. En ambos casos debe satisfacerse el requerimiento del valor-m.

[h] Tráfico estándar "S" en las situaciones más típicas será para niveles de tráfico de menos de 10 millones de EALs.

[i] Tráfico pesado "H" en las situaciones más comunes será para niveles de tráfico comprendidos entre 10 y 30 millones de EALs

[J] Tráfico muy pesado "V" en las situaciones más comunes será para niveles de tráfico de más de 30 millones de EALs.

[k] La prueba MSCR en el residuo RTFO residuo debe ser realizada en la graduación PG basada en alta temperatura ambiental del pavimento. La clasificación por golpeo se realiza necesitando un valor menor de Jnr mientras se realiza la prueba a temperatura ambiental.

Tabla 423-15 (continuación)
Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por PG Tabla 3 de AASHTO M320

	PG 70						PG 76					PG 82				
	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	10	16	22	28	34
Temperatura de diseño máxima del pavimento promedio de 7 días, °C[a]	<70						<76					<82				
Temperatura de diseño mínima del pavimento. °C[a]	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34
Asfalto original																
Punto de inflamación, T 48, ºC, mínimo	230															
Viscosidad, T 316:[b] máximo 3 Pa·s, temp de prueba, °C	135															
Esfuerzo Cortante Dinámico, T 315:[c] G*/senS,[d] mínimo 1.00 kPa temp de prueba @ 10 rad/s, °C	70						76					82				
Película delgada en horno rotativo (T 240)																
Cambio de masa,[e] máximo, %	1.00															
MSCR, TP 70[k]: Tráfico standard "S"[h] $J_{nr3.2}$, maximum 4.0 J_{nrdiff}, maximum 75% Temp de prueba @ 10 rad/sec, °C	70						76					82				
MSCR, TP 70 [k]: Tráfico pesado "H"[i] $J_{nr3.2}$, maximum 2.0 J_{nrdiff}, maximum 75% Temp de prueba @ 10 rad/sec, °C	70						76					82				
MSCR, TP 70 [k]: Tráfico muy pesado "V" Grade[j] $J_{nr3.2}$, maximum 1.0 J_{nrdiff}, maximum 75% Temp de prueba @ 10 rad/sec, °C	70						76					82				

[a] La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire, usando un algoritmo contenido en el programa de cálculo de superpave, la dependencia especifica puede ser suministrada o ser obtenida siguiendo los procesos indicados en M 323 and R 35.

[b] Este requerimiento puede omitirse a discreción de la agencia específica, si el proveedor garantiza que el cemento asfáltico puede bombearse y mezclarse convenientemente a una temperatura que satisfaga todos los estándares aplicables de seguridad

[c] Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico no modificado, la medición de viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituirse por las mediciones del esfuerzo cortante dinámico de G*/senS, para una temperatura de prueba para la cual el asfalto sea un fluido newtoniano.

[d] G*/senS = Resistencia a alta temperatura y G* senS = Resistencia a temperatura intermedia.

[e] El cambio de masa debe ser menor que 1,00 % tanto para la variación positiva (aumento de masa) como la negativa (pérdida de masa)

[f] La temperatura de curado PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90°C, 100ºC ó 110°C. Normalmente la temperatura de curado PAV es de 100 ºC para el PG 58-xx y superiores. Sin embargo, en climas desérticos la temperatura de curado PAV para PG 70-xx y superiores deben ser fijada como 110ºC

[g] Si la Resistencia al deslizamiento es inferior a 300 MPa, la prueba de tensión directa no es necesaria. Si la resistencia al deslizamiento se encuentra entre 300 y 600 MPa puede usarse el requerimiento de la deformación unitaria a la falla por tensión directa, en lugar del requerimiento de la resistencia al deslizamiento. En ambos casos debe satisfacerse el requerimiento del valor-m.

[h] Tráfico estándar "S" en las situaciones más típicas será para niveles de tráfico de menos de 10 millones de EALs.

[i] Tráfico pesado "H" en las situaciones más comunes será para niveles de tráfico comprendidos entre 10 y 30 millones de EALs

[j] Tráfico muy pesado "V" en las situaciones más comunes será para niveles de tráfico de más de 30 millones de EALs.

[k] Prueba MSCR en residuo RTFO debe realizarse en graduación PG basada en alta temperatura ambiental pavimento. Clasificación por golpeo realiza necesitando un valor <Jnr mientras realiza prueba a T.A.

Tabla 423-15 (continuación)
Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por PG Tabla 3 de AASHTO M320

	PG 70						PG 76					PG 82				
	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	10	16	22	28	34
Residuo en cámara de presión (R 28)																
PAV temperature envegecimiento, °C[f]	100 (110)						100 (110)					100(110)				
Esfuerzo Cortante Dinámico, T 315: Grado "S" G* senS,d máximo 5000 kPa Temp de prueba @ 10 rad/s, °C	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28
Esfuerzo Cortante Dinámico, T 315: Grados "H & V" G* senS,[d] maximum 6000 kPa Temp de prueba @ 10 rad/s, °C	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28
Resistencia al deslizamiento, T 313:[g] S, maximo 300 MPa m-value, mínimo 0,300 temperatura de prueba @ 60 s, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24
Tensión directa, T 314:[g] Rotura de falla, minimum 1.0% Temp de prueba @ 1.0 mm/min, °C	0		-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24

[a] La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire, usando un algoritmo contenido en el programa de cálculo de superpave, la dependencia especifica puede ser suministrada o ser obtenida siguiendo los procesos indicados en M 323 and R 35.

[b] Este requerimiento puede omitirse a discreción de la agencia específica, si el proveedor garantiza que el cemento asfáltico puede bombearse y mezclarse convenientemente a una temperatura que satisfaga todos los estándares aplicables de seguridad

[c] Para el control de calidad de la producción de cemento asfáltico no modificado, la medición de viscosidad del cemento asfáltico original puede sustituirse por las mediciones del esfuerzo cortante dinámico de G*/senS, para una temperatura de prueba para la cual el asfalto sea un fluido newtoniano.

[d] G*/senS = Resistencia a alta temperatura y G* senS = Resistencia a temperatura intermedia.

[e] El cambio de masa debe ser menor que 1,00 % tanto para la variación positiva (aumento de masa) como la negativa (pérdida de masa)

[f] La temperatura de curado PAV se basa en condiciones climáticas simuladas y es una de tres temperaturas, 90°C, 100°C ó 110°C. Normalmente la temperatura de curado PAV es de 100 ºC para el PG 58-xx y superiores. Sin embargo, en climas desérticos la temperatura de curado PAV para PG 70-xx y superiores deben ser fijada como 110ºC

[g] Si la Resistencia al deslizamiento es inferior a 300 MPa, la prueba de tensión directa no es necesaria. Si la resistencia al deslizamiento se encuentra entre 300 y 600 MPa puede usarse el requerimiento de la deformación unitaria a la falla por tensión directa, en lugar del requerimiento de la resistencia al deslizamiento. En ambos casos debe satisfacerse el requerimiento del valor-m.

[h] Tráfico estándar "S" en las situaciones más típicas será para niveles de tráfico de menos de 10 millones de EALs.

[i] Tráfico pesado "H" en las situaciones más comunes será para niveles de tráfico comprendidos entre 10 y 30 millones de EALs

[J] Tráfico muy pesado "V" en las situaciones más comunes será para niveles de tráfico de más de 30 millones de EALs.

[k] La prueba MSCR en el residuo RTFO residuo debe ser realizada en la graduación PG basada en alta temperatura ambiental del pavimento. La clasificación por golpeo se realiza necesitando un valor menor de Jnr mientras se realiza la prueba a temperatura ambiental.

Tabla 423-16

Ensayos y frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	200 m^3	Tolva en frío
	Plasticidad	MTC E 110	200 m^3	Tolva en frío
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	500 m^3	Tolva en frío
	Equivalente arena	MTC E 114	1.000 m^3	Tolva en frío
	Partículas planas y alargadas	MTC E 221	500 m^3	Tolva en frío
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	1.000 m^3	Tolva en frío
	Angularidad del agregado fino	MTC E 222	1.000 m^3	Tolva en frío
	Perdida en sulfato de magnesio	MTC E 209	1.000 m^3	Tolva en frío
	Azul de metileno	AASHTO TP 57	1.000 m^3	Tolva en frío
Mezcla Asfáltica	Contenido de Asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista/planta
	Granulometría			
	Ensayo Marshall	MTC E 504	2 por día	Pista/planta
	Temperatura	-	Cada volquete	Pista/planta
	Densidad	MTC E 506, MTC E 508 y MTC E 510	1 cada 250 m^2	Pista compactada
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m^2	Pista compactada
	Resistencia al deslizamiento	MTC E 1004	1 por día	Pista compactada
	Adherencia	MTC E 519	1.000 m^3	Pista/planta
Cemento Asfáltico	Según 423.02.2(e)		$\sqrt{n}$ (*)	Tanques Térmicos al llegar a obra

(*) n representa el número de tancadas de 30.000 l de cemento asfáltico requeridos en la obra.

Tabla 423-16 (Continuación)

Ensayos y frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	200 m^3	Tolva en frío
	Plasticidad	MTC E 110	200 m^3	Tolva en frío
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	500 m^3	Tolva en frío
	Equivalente arena	MTC E 114	1.000 m^3	Tolva en frío
	Partículas planas y alargadas	MTC E 221	500 m^3	Tolva en frío
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	1.000 m^3	Tolva en frío
	Angularidad del agregado fino	MTC E 222	1.000 m^3	Tolva en frío
	Perdida en sulfato de magnesio	MTC E 209	1.000 m^3	Tolva en frío
	Azul de metileno	AASHTO TP 57	1.000 m^3	Tolva en frío
Mezcla Asfáltica	Contenido de Asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista/planta
	Granulometría			
	Ensayo Marshall	MTC E 504	2 por día	Pista/planta
	Temperatura	-	Cada volquete	Pista/planta
	Densidad	MTC E 506, 508 y 510	1 cada 250 m^2	Pista compactada
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m^2	Pista compactada
	Resistencia al deslizamiento	MTC E 1004	1 por día	Pista compactada
	Adherencia	MTC E 519	1.000 m^3	Pista/planta
	Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AASHTO T283	1.000 m^3	Pista/planta
	Prueba de Hamburgo Wheel Track	AASHTO T324	1.000 m^3	Pista/planta
Cemento Asfáltico	Según 436.05		$\sqrt{n}$ (*)	Tanques Térmicos al llegar a obra

(*) n representa el número de tancadas de 30.000 l de cemento asfáltico requeridos en la obra.

Medición

423.19

Se aplica lo descrito en la **Subsección 415.08.**

Pago

423.20

Se aplica lo descrito en la **Subsección 415.10.**

Partida de pago	Unidad de pago
423.A Pavimento de Concreto Asfáltico en Caliente (MAC)	Metro cúbico (m^3)
423.B Pavimento superpave (nivel 1)	Metro cúbico (m^3)

SECCION 424

PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN FRIO

SECCIÓN 424

Pavimento de concreto asfáltico en frío

Descripción

424.01

Este trabajo consiste en la fabricación de mezclas asfálticas en frió y su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Teniendo en consideración que esta tecnología es cada vez menos utilizada por razones técnicas y ambientales, se recomienda que su aplicación se limite solo a aquellos casos estrictamente indispensables, por razones de ubicación de las obra u otros factores como bajo volumen de tránsito.

424.02 Mezcla densa en frío

Para los efectos del presente Sección, las capas de mezcla densa en frio se denominaran rodadura, intermedia y base, según la posición descendente que ocupen dentro de la estructura del pavimento.

Los documentos del proyecto establecerán los tipos y calidades de las capas asfálticas que componen la estructura. Si esta tiene solamente una capa asfáltica, ella será de rodadura; si tiene 2 capas asfálticas, serán rodadura e intermedia; y si tiene 3 o más capas asfálticas, la o las subyacentes a la intermedia recibirán el nombre de base.

Materiales

424.03 Agregados pétreos y polvo mineral

Los agregados pétreos y el filler mineral para la elaboración de la mezcla densa en frio, deberán cumplir los requisitos establecidos para ellos en la **Subsección 415.02(a)**.

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica apreciable bajo las condiciones más desfavorables que se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Contratista, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente los que se exigen en estas especificaciones.

El equivalente de arena que se exige en la **Tabla 424-01** será el del agregado finalmente obtenido, mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo. En caso que no se cumpla el valor mínimo señalado en la **Tabla 424-01**, el agregado se aceptará si su equivalente de arena es superior a 40% y, simultáneamente, el índice de azul de metileno, es inferior a 10.

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción en masa de arena natural no podrá exceder del 15% de la masa total del agregado combinado, cuando sean vías de alto tránsito, ni exceder del 25% para tránsitos de menor intensidad. En todo caso, la proporción en masa de agregado fino no triturado no podrá exceder la del agregado fino triturado.

El filler mineral podrá proceder de la trituración de los agregados o aportarse como producto comercial o especialmente preparado para este fin. La proporción de filler mineral de aporte se fijará en las especificaciones del Proyecto.

La mezcla de agregados grueso y fino y filler mineral, se deberá ajustar a alguna de las gradaciones indicadas en la **Tabla 424-02**. Las determinaciones se efectuaran de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 204.

Tabla 424-01

Requisitos de los agregados pétreos para pavimento asfáltico en frío

		Ensayo	Requerimiento								
			Bajo tránsito			Tránsito medio			Alto tránsito		
			Agregado grueso	Agregado fino	Gradación combinada	Agregado grueso	Agregado fino	Gradación combinada	Agregado grueso	Agregado fino	Gradación combinada
Desgaste de Los Ángeles		MTC E 207	25% máx. (rodadura) 35% máx.. (intermedia)			25% máx. (rodadura) 35% máx.. (intermedio y base)			25% máx.(rodadura) 35% máx. (intermedio y base)		
Desgaste Micro-Deval		ASTM D 7428				25% máx. (rodadura) 35% máx.. (intermedia y base)			25% máx. (rodadura) 35% máx.. (intermedia y base)		
10% de finos (KN)	Seco								110 min (rodadura) 90 min (intermedia) 75 min (base)		
	Relación Húmedo/seco								75% min		
Pérdidas en ensayos de solidez	Sulfato de sodio	MTC E 209	12% máx.	12% máx.		12% máx.	12% máx.		12% máx.	12% máx.	
	Sulfato de magnesio		18% máx.	18% máx.		18% máx.	18% máx.		18% máx.	18% máx.	
Partículas fracturadas mecánicamente (agregado grueso) % mínimo 1 cara/2 caras		MTC E 210	75/- (rodadura) 60/- (intermedia)			75/60 (rodadura) 75/- (intermedia) 60/- (base)			85/70 (rodadura) 75/- (intermedia) 60/- (base)		

Tabla 424-01 (Continuación)

Requisitos de los agregados pétreos para pavimento asfáltico en frío

	Ensayo	Requerimiento								
		Bajo tránsito			Tránsito medio			Alto tránsito		
		Agregado grueso	Agregado fino	Gradación combinada	Agregado grueso	Agregado fino	Gradación combinada	Agregado grueso	Agregado fino	Gradación combinada
Angularidad (Agregado fino)	ASTM D 1252		40% min (rodadura) 35% min (intermedia)			45% min (rodadura) 40% min (intermedia) 35% min (base)			45% min (rodadura) 40% min (intermedia) 35% (base)	
Coeficiente de pulimento acelerado	UNE 146130	0,45 min (rodadura)			0,45 min (rodadura)			0,45 min. (rodadura)		
Partículas planas y alargadas	MTC E 221	10% máx.			10% máx.			10% máx.		
I.P.	MTC E 111			N.P.			N.P.			N.P.
Equivalente de arena	MTC E 114			50% mín.			50% mín.			50% mín.
Contenido de impurezas (Agregado grueso)	UNE 14613	0,5% máx.			0,5% máx.			0,5% máx.		
Adhesividad Resistencia conservada inm-comp				75 % mín.						75% mín.

Tabla 424-02

Gradaciones para mezclas densas en frío

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
Normal	Alterno	MDF-1	MDF-2	MDF-3
7,5mm	1 1/2"	100	-	-
25,0 mm	1"	80-95	100	-
19,0 mm	3/4"	-	80-95	100
12,5 mm	1/2"	62-77	-	-
9,5 mm	3/8"	-	60-75	-
4,75 mm	N.º 4	45-60	47-62	50-65
2,36 mm	N.º 8	35-50	35-50	35-50
300 µm	N.º 50	13-23	13-23	13-23
75 µm	N.º 200	3-8	3-8	3-8

La franja por utilizar dependerá del tipo y del espesor que vaya a tener la capa compactada y se definirá en los documentos del Proyecto, siguiendo los criterios de la **Tabla 424-03**.

Tabla 424-03

Tipos de mezcla en función del tipo y espesor compacto de la capa

Tipo de capa	Espesor compacto (mm)	Tipo de Mezcla
Rodadura	50-75 40-50	MDF-2 MDF-3
Intermedia	≥50	MDF-2
Base	≥75	MDF-1
Bacheo	50-75 ≥75	MDF-2 MDF-1

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Contratista deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

424.04 Material bituminoso

Será una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta, de los tipos CSS-1 o CSS-1h, que cumpla los requisitos de calidad establecidos en la **Tabla 415-04** y que sea compatible con los agregados pétreos a emplear.

424.05 Agua

Se aplica lo indicado en la **Subsección 420.02(c).**

424.06 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

En caso que los requisitos de adhesividad no sean satisfechos, no se permitirá el empleo del agregado pétreo, salvo que se incorpore un producto mejorador de adherencia, de calidad reconocida, en la proporción necesaria para satisfacerlos, el cual deberá ser aprobado por el Supervisor. Los aditivos por emplear deberán ser recomendados y suministrados por el Contratista.

Equipo

424.07

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en la **Subsección 415.03**

a. Equipo para la elaboración de los agregados triturados

La planta de trituración constará de una trituradora primaria y una secundaria obligatoriamente. Una terciaria siempre y cuando se requiera. Se deberá incluir también una clasificadora y un equipo de lavado. Además deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental de acuerdo a lo indicado en las **Subsecciones 05.06**, **05.11**, **400.03** y **400.04**

b. Planta de asfalto

La mezcla asfáltica en frio se deberá fabricar en plantas apropiadas, capaces de manejar simultáneamente el numero de fracciones de agregados que exija la formula de trabajo aprobada. Dichas plantas deberán cumplir las reglamentaciones vigentes sobre control de polución y para su funcionamiento en la obra.

Si se utiliza una planta fija para la fabricación de una mezcla densa en frio, esta podrá ser de tipo continuo o discontinuo y dispondrá del número necesario de tolvas, con sus dosificadores, que le permita manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados disponibles para obtener la granulometría seleccionada para la elaboración de la mezcla.

Las tolvas para agregados deberán tener paredes resistentes, con bocas de anchura suficiente para que la alimentación se pueda realizar correctamente. La separación entre ellas debe garantizar que no se produzcan intercontaminaciones. Además, sus dispositivos de salida deben permitir ajustes exactos para mantenerlos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear.

Las instalaciones de tipo discontinuo deberán estar provistas de dispositivos de dosificación por peso cuya exactitud sea superior al 0,5%. Los dispositivos de dosificación de agua y ligante tendrán una exactitud, como mínimo, de 0,3%. El ligante, que deberá tener un sistema idóneo de almacenamiento y alimentación, deberá ser distribuido uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deberán permitir fugas ni goteos.

Si se emplea una instalación de tipo continuo, un sistema de bandas transportará los agregados desde las tolvas hasta el mezclador, que será del tipo de ejes gemelos, donde se incorporarán el agua y el ligante bituminoso. Los dosificadores de agua y ligante deberán estar sincronizados con los dosificadores de los agregados, de manera que se pueda reproducir la formula de trabajo. La planta deberá disponer, además, de dispositivos para su calibración a la presión de trabajo, así como para la toma de muestras. En caso que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de ellos.

Las mezclas densas en frío podrán ser elaboradas también en plantas ambulantes montadas sobre bastidores autopropulsados, las cuales actuarán al mismo tiempo como extendedoras. Constarán de tolva de recepción de agregados ya mezclados y con la gradación adecuada, depósitos de agua y emulsión y eventuales aditivos, y dispositivos de alimentación de todos los materiales a la mezcladora. Dispondrán,

además, de una extendedora que regule el espesor y proporcione el perfil transversal y un buen acabado superficial.

Se permite el empleo de instalaciones de diferente concepción a las descritas en el presente Sección, siempre que cuenten con la aprobación del Supervisor y previos los ensayos que demuestren la calidad de la mezcla fabricada con ellas.

No se permitirá el uso de mezcladoras tipo tambor para estos trabajos.

c. Equipo para el transporte de agregados y mezclas

Tanto los agregados como las mezclas elaboradas en plantas fijas, se transportarán en volquetes debidamente acondicionadas para tal fin. Cuando se transporte la mezcla, la superficie interna del volquete deberá ser tratada con un producto cuya composición y cantidad deberán ser aprobadas por el Supervisor, con el fin de evitar la adherencia de la mezcla a ella. La forma y la altura del volquete serán tales, que durante el vertido en la pavimentadora, el volquete solo toque a ésta, a través de los rodillos previstos para ello.

Durante el transporte, tanto los agregados como las mezclas se deberán cubrir con lonas u otros cobertores adecuados, asegurados a la carrocería, tanto para protegerlos como para prevenir emisiones contaminantes.

En relación con los volquetes, el Contratista deberá tener en cuenta y cumplir todas las disposiciones sobre tránsito automotor y medio ambiente.

d. Equipo de transferencia

Se usará un equipo de transferencia de material para verter la mezcla asfáltica a la pavimentadora, evitando que el volquete vacíe directamente a las tolvas de la misma, con la finalidad de evitar la segregación y mejorar la uniformidad superficial de la carpeta.

e. Equipo para el esparcido de la mezcla

El esparcido de las mezclas densas en frio se hará con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de compactación de acuerdo con los anchos y espesores especificados. La capacidad de la tolva, así como la potencia de la maquina, deberán ser adecuadas para el tipo de trabajo que deba desarrollar. La pavimentadora estará equipada con un vibrador y un

distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. Poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar. La pavimentadora tendrá dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formaletas. Sera ajustable para lograr la sección transversal especificada en el diseño u ordenada por el Supervisor.

Si se determina que el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables durante la construcción, el Supervisor exigirá su remplazó. Cuando la mezcla se prepare en planta portátil, la misma planta realizará el esparcido y acabado correspondiente.

f. Equipo de compactación

Se deberán utilizar compactadores autopropulsados de rodillos metálicos estáticos o vibratorio tándem y de neumáticos. El equipo de compactación será aprobado por el Supervisor.

Todos los compactadores estarán dotados de dispositivos para la limpieza de los rodillos o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario, así como inversores de marcha suaves.

Los compactadores de rodillos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios tendrán dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y posteriores.

Las presiones lineales, estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos tipos de compactadores, serán las necesarias para conseguir la compactación adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor.

g. Equipo accesorio

En caso que la mezcla se elabore en plantas ambulantes, se deberá disponer de vehículos adecuados para el suministro permanente de agregados, agua y emulsión a las plantas.

Al término de obra se desmontarán las plantas de asfalto, dejando el área limpia y sin que signifique cambio alguno al paisaje o comprometa el medio ambiente.

Requerimientos de construcción

424.08 Explotación de los materiales y elaboración de los agregados

Rige lo indicado en la **Subsección 415.04.**

424.09 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.

Se aplica al respecto, todo lo que resulte pertinente de la **Subsección 415.05.**

Los contenidos de los agregados y del material bituminoso se deberán determinar teniendo en consideración las características de los mismos y el porcentaje de humedad de los agregados a utilizar. Se hará, ante todo, una determinación de la humedad de compactación y del contenido optimo teórico del material bituminoso, utilizando métodos basados en la superficie especifica de los agregados; y luego, con proporciones variables del material bituminoso por encima y por debajo de este optimo teórico, se elaboraran mezclas para someterlas al ensayo de inmersión-compresión (MTC E 518), aplicando el siguiente criterio para la determinación del contenido óptimo del material bituminoso:

- Resistencia seca (Rs) ≥ 25 kg/cm^2
- Resistencia húmeda (Rh) ≥ 20 kg/cm^2
- Resistencia conservada Rc = (Rh/Rs)*100 ≥ 75%

El diseño de la mezcla también puede efectuarse por el método de Illinois establecido en el Manual MS-14 del Instituto del Asfalto, cuyo procedimiento permitirá determinar el contenido óptimo de asfalto residual en función a los criterios establecidos en la **Tabla F-3:**

Tabla F-3

Criterios para el diseño de mezcla de agregados - Emulsión Asfáltica.

Propiedades de los Ensayos	Mínimo	Máximo
Estabilidad, N (lb) a 22.2° C (72°F) Mezclas para pavimentos	2224 (500)	-
Porcentaje de Perdida de estabilidad Después de saturación de vacios e inmersión	-	50
Agregado para recubrimiento	50	-

La mezcla cuyo contenido de asfalto residual que se considere óptimo, debe poseer un valor de vacios totales en el rango de 2% a 8%, en la absorción de humedad no debe ser mayor de 4%.

Para capas de rodadura en vías de alto tránsito, la mezcla definida como optima al efectuar el diseño por el método de inmersión–compresión, deberá ser verificada con la medida de su resistencia a la deformación plástica, mediante la pista de ensayo de laboratorio, modificada de manera que se permita el curado de la mezcla compactada antes de proceder al ensayo.

La velocidad de deformación en el intervalo comprendido entre 105 y 120 minutos, no podrá ser mayor de 15 µm/minuto para mezclas que se vayan a emplear en pavimentos sometidos a temperaturas medias anuales superiores a 24°C, ni mayor de 20 µm/minuto para pavimentos en régimen con temperaturas medias hasta de 24°C. Si este requisito no se cumple, se deberán efectuar los ajustes necesarios en el diseño de la mezcla.

Los requerimientos para mezclas densas en frío se indican en la **Tabla 424-04.**

Tabla 424-04

Requerimientos para mezclas densas en frío

Parámetros de diseño (A)	Ensayo	Especificación
Recubrimiento (%) Capa rodadura	Visual (B)	75 min.
Resistencia Ri a 22,8 ± 3ºC Cura temprana(*) Cura total y condicionamiento con humedad(**)	(C)	 70 min. 78 min.
Estabilidad Marshall (kN) Mínimo a 22,2 ± 1ºC Estabilidad retenida (%) (***)	AASHTO T 245	 2,22 50 min.

(A) De acuerdo con el Instituto del Asfalto; Manual Series No. 19 (MS-19)
(B) Se debe evaluar la mezcla posterior al secado se superficie, cuantificando en % de partículas recubiertas.
(C) Ri = R+0,05C ; donde: R=valor de resistencia (AASHTO T 190) ; C=valor cohesiómetro (AASTO T246)
(*) Curado en molde durante 24 h a la temperatura especificada.
(**) Curado en molde durante 72 h a la temperatura especificaca y con desecación en vacío
(***) Despueés de saturación de vacíos e inmersión.

La mezcla densa en frío no se podrá fabricar a escala industrial, mientras el Supervisor no haya aprobado la formula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en la ejecución del tramo de prueba. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varia la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de forma frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en esta Sección, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

424.10 Preparación de la superficie existente

La mezcla densa en frio no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en el Proyecto las que deberán ser aprobadas por el Supervisor. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva, deberán ser corregidas de acuerdo con lo establecido en ella.

Si la extensión de la mezcla requiere riegos previos de imprimación o de liga, se realizarán conforme lo establecen las Secciones correspondientes de estas especificaciones.

Antes de aplicar la mezcla, se verificara que se haya producido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante en la superficie. Si

hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobara que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Contratista deberá efectuar un riego adicional de liga, en la cuantía que fije el Supervisor. Si la pérdida de efectividad del riego anterior es imputable al Contratista, el nuevo riego deberá realizarlo a su costo.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfaltico antiguo que, requiere un fresado previo, este se realizara conforme se establece en la **Sección 435.**

424.11 Tramo de pruebas

Rige lo que sea aplicable de la **Subsección 415.06.**

424.12 Suministro de los agregados

Cuando la mezcla se elabore en instalaciones fijas, los agregados se suministrarán fraccionados. El número de fracciones deberá ser tal que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias aceptadas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y se podrá acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás para evitar contaminaciones. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizaran los 15 cm inferiores de ellos. Los acopios se colocarán por capas de espesor no superior a 1,5 m, y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptación. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

La carga de las tolvas se realizara de forma que estas contengan entre 50% y 100% de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones. La alimentación del agregado fino se realizara en 2 tolvas, aunque este sea de un tipo único.

424.13 Fabricación de la mezcla asfáltica

Las aberturas de salida de las tolvas se regularán de forma que la mezcla de todos los agregados se ajuste a la formula de obra de alimentación en frío.

Los agregados preparados como se ha indicado anteriormente, se pesarán o medirán exactamente; y se transportaran al mezclador en las proporciones determinadas en la formula de trabajo.

Si la instalación de fabricación de la mezcla es de tipo continuo, una vez que los agregados se encuentren en el mezclador, se introducirá el agua de preenvuelta necesaria de acuerdo con la humedad de aquellos y, más adelante, la cantidad de emulsión requerida, a la temperatura apropiada, manteniendo la compuerta de salida a la altura que proporcione el tiempo teórico de mezcla especificado.

La tolva de descarga se abrirá intermitentemente para evitar segregaciones en la caída de la mezcla al camión.

Si la instalación es de tipo discontinuo, después de haber introducido los agregados en el mezclador, se añadirá el agua necesaria de preenvuelta de acuerdo con la humedad de aquellos y, tras un lapso que permita el humedecimiento homogéneo de los agregados, se añadirá automáticamente el material bituminoso calculado para cada bachada, el cual se deberá encontrar a la temperatura adecuada y se continuará la operación de mezcla durante el tiempo especificado.

En los mezcladores de ejes gemelos, el volumen total de los agregados, agua y asfalto no será tan grande que sobrepase los extremos de las paletas, cuando estas se encuentren en posición vertical.

Según el tipo de instalación, la mezcla puede caer directamente al volquete, a una banda transportadora, a un silo desde donde se vierte al volquete o directamente a una pila de almacenamiento. En el caso que se emplee una banda, se deberá regular su velocidad, verificar el buen funcionamiento del raspador y lubricarla con una pequeña cantidad de agua, con el fin de evitar segregaciones de la mezcla.

Cuando la mezcla se elabore en plantas ambulantes, la dosificación de los agregados se deberá efectuar en una instalación ubicada fuera de la obra, donde los volquetes serán cargados y transportarán la mezcla de agregados a la tolva receptora de la planta ambulante, la cual estará provista de

dispositivos dosificadores similares a los de las plantas continuas, los cuales deberán ser sincronizados para obtener las proporciones deseadas de agregados, agua y emulsión. Los ingredientes serán conducidos a una mezcladora continua que verterá la mezcla en la carretera. La distribución de la mezcla se hará por medio de dos tornillos sinfín delante de una viga maestra niveladora, que extiende y perfila la capa.

En todos los casos en que se empleen aditivos, estos se unirán a los agregados antes de su mezcla con la emulsión asfáltica.

En caso que se utilicen métodos de fabricación especiales, el Supervisor deberá aprobar previamente los procedimientos de elaboración.

424.14 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportara a la obra en volquetes, hasta que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con la luz natural. El trabajo en horas de la noche solo se permitirá bajo las condiciones mencionadas en el **Subsección 424.21.**

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo las pérdidas de humedad, así como para prevenir la segregación de la mezcla.

Antes de abordar cualquier vía pavimentada, se deberán limpiar perfectamente las llantas de los vehículos destinados al transporte de la mezcla. Los vehículos de transporte de mezcla deberán mantener al día los permisos de tránsito y ambientales requeridos y sus cargas por eje y totales deberán encontrarse dentro de los límites fijados.

424.15 Esparcido de la mezcla

La mezcla densa en frío se esparcirá con la maquina pavimentadora, de modo que se cumpla con los alineamientos, anchos y espesores señalados en el Proyecto.

La extensión comenzará a partir del borde de la calzada en las zonas por pavimentar con sección bombeada, o en el lado inferior de las secciones peraltadas. La mezcla se colocará en franjas del ancho apropiado para realizar el menor número de juntas longitudinales y para conseguir la mayor continuidad en la operación de extendido, teniendo en cuenta el ancho y las pendientes de la sección, las necesidades del tránsito, las características de la pavimentadora y la producción de la planta.

La colocación de la mezcla se realizará con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas, con el objeto de no tener que corregir la capa extendida. Por ningún motivo se permitirá el empleo de maquinas pavimentadoras que dejen marcas o depresiones en la superficie u otros defectos permanentes en ella.

Tampoco se permitirá la segregación de materiales, si ocurre, el esparcido de la mezcla deberá ser suspendida inmediatamente hasta que su causa sea determinada y corregida. Toda área segregada que no sea corregida antes de la compactación, deberá ser removida y reemplazada con material apropiado, a costo del Contratista, no siendo permitido el uso de herramientas manuales en los acabados de la capa extendida.

En el caso que la mezcla se elabore y extienda con la planta móvil, serán igualmente aplicables todas estas instrucciones.

En los sitios que a juicio del Supervisor no resulte posible el empleo de maquinas pavimentadoras o plantas móviles, en especial en trabajos de bacheo, la mezcla se podrá esparcir a mano. La mezcla se descargará fuera de la zona que se vaya a pavimentar, y se distribuirá en los lugares correspondientes por medio de palas y rastrillos, en una capa uniforme y de espesor tal que, una vez compactada, se ajuste al Proyecto dentro de las tolerancias establecidas en la presente especificación.

424.16 Compactación de la mezcla

La compactación de la mezcla se realizará de acuerdo con el plan propuesto por el Contratista y aprobado por el Supervisor durante la ejecución del tramo de prueba.

La compactación deberá empezar por los bordes y avanzar gradualmente hacia el centro, excepto en las curvas peraltadas en donde el cilindro avanzará del borde inferior al superior, paralelamente al eje de la vía y traslapando a cada paso en la forma aceptada por el Supervisor, hasta que la superficie total haya sido compactada. Los rodillos deberán llevar su llanta motriz del lado cercano a la pavimentadora, excepto en los casos que apruebe el Supervisor, y sus cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada.

La compactación se deberá realizar de manera continua durante la jornada de trabajo y se complementará con el trabajo manual necesario. Se cuidará que

los elementos de compactación estén siempre limpios y, si es preciso, húmedos.

En los lugares inaccesibles a los equipos normales de compactación, el proceso se efectuará mediante maquinas de tamaño y diseño adecuado para la labor por realizar, aprobados por el Supervisor.

Cuando la mezcla tenga por objeto servir como capa de rodadura, la textura del pavimento terminado deberá ser uniforme y permitir una adecuada adherencia con las llantas de los vehículos en condición de superficie húmeda.

424.17 Juntas de trabajo

Las juntas presentarán la misma textura, densidad y acabado que el resto de la capa compactada.

Las juntas entre pavimentos nuevos y viejos, o entre trabajos realizados en días sucesivos, se deberán cuidar, con el fin de asegurar su perfecta adherencia. A todas las superficies de contacto de franjas construidas con anterioridad, se les aplicará una capa uniforme y ligera de riego de liga, antes de colocar la mezcla nueva, dejándola curar suficientemente.

El borde de la capa extendida con anterioridad se cortará verticalmente con el objeto de dejar al descubierto una superficie plana y vertical en todo su espesor, que se tratará como se ha indicado en el párrafo anterior. La nueva mezcla se extenderá contra la junta y se compactará y alisará con elementos adecuados, antes de permitir el paso sobre ella del equipo de compactación.

Las juntas transversales en la capa de rodadura se compactarán transversalmente.

Cuando los bordes de las juntas longitudinales sean irregulares, presenten huecos o estén deficientemente compactados, se deberán cortar para dejar al descubierto una superficie lisa vertical en todo el espesor de la capa. Donde el Supervisor lo considere necesario, se añadirá mezcla que, después de colocada y compactada con pisones, se compactará mecánicamente.

Para el caso en que el pavimento este constituido por 2 capas superpuestas, las juntas transversales de una y otra capa guardarán una separación mínima de 5 m; y para el caso de las juntas longitudinales la separación mínima será de 15 cm.

424.18 Pavimento sobre puentes y viaductos

Las losas de los puentes y viaductos se pavimentaran con mezcla densa en frío de la calidad exigida para la capa de rodadura, previa la aplicación del riego de liga mencionado en la **Subsección 424.10**, "Preparación de la superficie existente".

Durante la ejecución del riego y de la pavimentación, el Contratista deberá proteger con lonas, papel o similares, todas aquellas partes de los puentes y viaductos que puedan ser afectadas por el material bituminoso. El Contratista será responsable por todo daño que causen las operaciones de sus equipos y, en consecuencia, todos los trabajos de reparación y limpieza correrán de su cuenta.

424.19 Bacheos

Cuando la excavación sea de profundidad menor o igual a 15 cm, se rellenará en su totalidad con mezcla asfáltica en capas de espesor compactado comprendido entre 5 y 7.5 cm, hasta alcanzar la rasante existente.

Si la excavación es de profundidad mayor a 15 cm, tendrá que rellenarse con una primera capa de agregado, eligiendo alguno de los que se presentan en la **Sección 403**, siendo ésta compactada, y posteriormente, proceder al relleno final con mezcla asfáltica según se describe en el párrafo anterior.

Estos espesores podrán variar si así lo establece el Proyecto o lo apruebe el Supervisor, en particular cuando se trate de labores de conservación y rehabilitación de pavimentos asfálticos antiguos con estructuras complejas.

Tanto la superficie que recibirá las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, deberán ser tratadas con un riego de liga, conforme a las instrucciones del Supervisor.

424.20 Apertura al tránsito

No se permitirá el tránsito publico hasta que la mezcla compactada pueda soportar el paso de los vehículos sin que se produzcan desplazamientos. Durante las primeras 48 horas a partir de la apertura, se deberá limitar la velocidad a 20 km/h para impedir que sobre la capa se produzcan aceleraciones, frenadas o giros bruscos.

424.21 Limitaciones a la ejecución

No se permitirán la extensión y la compactación de mezclas densas en frío cuando la temperatura ambiental sea inferior a 6ºC o haya precipitaciones pluviales. En caso que la mezcla sin compactar o compactada sea afectada por el agua de la lluvia y como resultado de ello se lave la emulsión, el Contratista deberá, a su costo, retirar la mezcla afectada y reconstruir el sector afectado, el mismo que deberá contar con aprobación del Supervisor.

Los trabajos de construcción de la mezcla asfáltica en frío se deberán realizar en condiciones de luz natural. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado o se deban evitar horas de alto tránsito público, el Supervisor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Contratista garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio.

424.22 Reparaciones

Se aplica lo establecido en la **Subsección 418.14.**

Aceptación de los trabajos

424.23 Criterios

a. Controles

Se aplica todo lo que sea pertinente de la **Subsección 415.07(a).**

b. Calidad de la emulsión

A la llegada de cada carrotanque con emulsión para mezcla densa en frío al sitio de los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor una certificación expedido por el fabricante, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en la **Tabla 432-01.**

El Supervisor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, efectuara las verificaciones exigidas en las **Subsecciones 432.05** y **432.06**. En todos los casos, guardará una

muestra para ensayos posteriores de contraste, cuando el Contratista o el fabricante manifiesten inconformidad con los resultados iniciales.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos.

c. Calidad del agua

Se aplicará lo establecido en la **Subsección 420.02(c).**

d. Calidad de los agregados pétreos y del filler mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que sean pertinentes de aquellos que se encuentran indicados en la **Tabla 424-01.**

Así mismo, para cada procedencia del filler mineral y para cualquier volumen previsto, se tomaran dos muestras y sobre ellas se determinará la densidad aparente.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en la **Subsección 415.02(a),** o se efectuará el rechazo de los materiales defectuosos.

Los materiales producidos deben ser acopiados y manipulados con los cuidados correspondientes a fin de evitar su contaminación con tierra vegetal, materia orgánica u otros, de ocurrir tal hecho, serán rechazados por el Supervisor.

Además, efectuará las verificaciones de calidad indicadas en las **Tablas 423-01** y **423-02** para los agregados grueso y fino.

Si existe incorporación independiente del filler mineral, sobre él se efectuaran las siguientes determinaciones:

- Densidad aparente (Norma de ensayo NLT 176/92), al menos 1 vez a la semana y siempre que cambie la procedencia del filler.
- Granulometría (Norma de ensayo MTC E 207), 1 prueba por suministro.

En ningún caso se permitirá el empleo de agregados o polvo mineral que no satisfagan los requisitos pertinentes de la **Subsección 424.03.** En la eventualidad que alguna prueba dé lugar a un resultado insatisfactorio, se tomarán dos muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos de comprobación deberán ser

satisfactorios, en caso contrario el Supervisor rechazará la utilización del material.

e. Composición de la mezcla

1. Contenido de asfalto

Sobre 3 muestras de la mezcla elaborada, se determinará el contenido de asfalto residual.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) tendrá una tolerancia del 0,3%, respecto del optimo definido en la formula de trabajo (ARF %).

$$ARF\ \% - 0{,}3\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}3\ \%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%), no podrá diferir del valor promedio (ART%) en más de medio por ciento (0,5%), admitiéndose un solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\ \% - 0{,}5\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 0{,}5\ \%$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los limites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del filler, el Contratista demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla.

2. Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo MTC E 503. Para cada ensayo individual, la curva granulométrica deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la Formula de Trabajo con las tolerancias que se indican en la **Tabla 424-05**, pero sin permitir que la curva se salga de los límites de la franja.

Tabla 424-05

Tolerancias granulométricas de los agregados

para mezclas densas en frío

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
4,75 mm (N.º 4) y mayores	± 4%
2,36 mm (N.º 8) 300 µm (N.º 50)	± 3%
75 µm (N.º 200)	± 1%

En caso de que los valores obtenidos incumplan estos requisitos, pero no salgan de la franja, el Contratista deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con este agregado. Ella se someterá a todas las pruebas de valoración descritas en la **Subsección 424.09.** Si los requisitos allí indicados no se cumplen en su totalidad, se rechazará el tramo.

f. Calidad de la mezcla

1. Resistencia

Con un mínimo de 2 muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (3 por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión (norma de ensayo MTC E 518). 3 de las probetas se curarán en seco y 3 bajo condición húmeda.

Tanto la resistencia media tras curado seco como tras curado húmedo de las probetas elaboradas, (R_m), deberá superar o al menos igualar al 90% de la respectiva resistencia de la mezcla definitiva de trabajo (R_t):

$$R_m \geq 0{,}9\ R_t$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o superior al 80% del valor medio de su respectivo grupo, admitiéndose solo un valor por debajo de ese límite:

$$R_i \geq 0{,}8\ R_m$$

A su vez, la resistencia conservada promedio (R_{cm}) deberá ser, como mínimo, el 75 %, sin que al respecto se acepte ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazara el lote representado por estas muestras.

El incumplimiento de este requisito en 2 lotes consecutivos, implicará la suspensión de los trabajos hasta que se estudie y apruebe una nueva Fórmula de Trabajo, que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en la **Subsección 424.09.**

g. Calidad del trabajo terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del Proyecto y el borde de la capa construida, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en el proyecto o aprobada por el Supervisor. La cota de cualquier punto de la mezcla densa compactada en capas de base, intermedia o rodadura, no deberá variar en más de 10 mm de la proyectada.

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la obra ejecutada por jornada de trabajo.

h. El Supervisor deberá efectuar las siguientes verificaciones:

1. Compactación

Se aplica lo indicado en la **Subsección 423.18(g)(1)**

2. Espesor

Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, El Supervisor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d):

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada muestra individual (e_i) deberá ser, cuando menos, igual al 90% del espesor de diseño (e_d).

$$e_i \geq 0{,}9\ e_d$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del tramo.

3. Uniformidad de la Superficie

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores de 5 mm en capas de rodadura o 10 mm en capas de base o intermedias y bacheos. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

4. Resistencia al deslizamiento

Se aplica lo indicado en la **Subsección 423.18(g)(4)**

5. Regularidad superficial

Se aplica lo indicado en la **Subsección 423.18(g)(5)**

6. Medidas de deflexión

El Supervisor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla densa en frío, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, el FWD, o cualquier otro método debidamente aprobado por el Supervisor; de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 1002. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Supervisor para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas de mezcla densa en frío colocadas y compactadas, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua en la superficie, deberán ser reconstruidas por el Contratista, a su costo, con la aprobación del Supervisor.

i. Construcción de capas de nivelación

Cuando la mezcla densa en frío se emplee en la construcción de capas de nivelación de un pavimento existente, deberá cumplir los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa de base, si su

espesor compacto es mayor o igual a 7.5 cm. En caso contrario, deberá cumplir los requisitos exigidos a la capa intermedia.

j. Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Contratista

Estos casos se ejecutarán de acuerdo a lo establecido en el Contrato y las presentes especificaciones técnicas o especificaciones especiales del Proyecto.

k. Manejo ambiental

El empleo de un pavimento asfáltico en la construcción de carreteras requiere un adecuado manejo ambiental, para ello se deberá tener en cuenta todo lo indicado en las **Subsecciones 05.06**, **05.11** y **06.01**

Se debe disponer, si las condiciones así lo requieren, de un personal exclusivo para vigilar y evitar que personas ajenas a las obras ingresen a las zonas de obra.

Se debe dar la protección adecuada para evitar que se manche y dañe la infraestructura adyacente a la vía. Se debe proteger veredas, cursos de agua, jardines, áreas verdes naturales, zonas arqueológicas, etc.

Los controles de calidad de los materiales se efectuarán teniendo en cuenta la **Tabla 424-06** Ensayos y frecuencias.

Tabla 424-06

Ensayos y frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia (*)	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	250 m^3	Pista Dist. Agregado
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	250m^3	Cantera
	Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 221	250m^3	Cantera
	Abrasión	MTC E 207	1.000m^3	Cantera
	Pérdida en Sulfato de Sodio	MTC E 209	1.000m^3	Cantera
	Adhesividad		1.000m^3	Cantera
Mezcla densa en frio	Contenido de asfalto	AASHTO T 164	1.000m^3	Pista previo a compactacion
	Granulometría	AASHTO T 30	1.000m^3	Pista previo a compactacion
	Densidad	AASHTO T 166 AASHTO T 209	1.000m^3	Pista compactada
Material Bituminoso	Según tipo de material. Ver 424.04		$\sqrt{N}$ (1)	Tanque al llegar a obra

(*) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico – mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada Propiedad y/o Característica.

(1) N representa el número de tancadas de 30.000 l de material bituminoso requerido en la obra.

Medición

424.24

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla suministrada, colocada y compactada en obra, aprobada por Supervisor, de acuerdo con las especificaciones técnicas del Proyecto.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje de trabajo, por el ancho y espesor especificados en el Proyecto y aprobados por el Supervisor.

Pago

424.25

Se aplica lo descrito en la **Subsección 415.10.**

Partida de pago	Unidad de pago
424.A Pavimento de concreto asfáltico en frío (mezcla densa)	Metro cúbico (m^3)

424.26 Mezcla abierta en frío

Para los efectos de la presente Sección, las capas de mezcla abierta en frio se denominaran rodadura, intermedia y base, según la posición descendente que ocupen dentro de la estructura del pavimento.

Los documentos del proyecto establecerán los tipos y calidades de las capas asfálticas que componen la estructura. Si esta tiene solamente una capa asfáltica, ella será de rodadura; si tiene 2 capas asfálticas, serán rodadura e intermedia; y si tiene 3 o más capas asfálticas, la o las subyacentes a la intermedia recibirán el nombre de base.

Materiales

424.27 Agregados pétreos

Los agregados pétreos para la elaboración de una mezcla abierta en frío, deberán cumplir los requisitos de calidad establecidos para ellos en la **Subsección 415.2(a).**

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica apreciable bajo las condiciones más desfavorables que presumiblemente se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Contratista, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para

establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que taxativamente se exigen en estas especificaciones.

Los agregados deberán cumplir los requisitos de la **Tabla 424-08** y ajustarse a alguna de las gradaciones indicadas en la **Tabla 424-07**.

Tabla 424-07

Gradaciones para mezclas abiertas en frío

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA			
NORMAL	ALTERNO	MAF-1	MAF-2	MAF-3	MAF-4
37,5 mm	1 1/2"	100			
25,0 mm	1"	95-100	100		
19,0 mm	3/4"	-	95-100	100	
12,5 mm	1/2"	25-65	-	95-100	
9,5 mm	3/8"	-	20-55	35-40	85-100
4,75 mm	N.º 4	0-10	0-10	-	-
2,36 mm	N.º 8	0-5	0-5	3-7	-
1,18 mm		-	-	-	0-5
75 µm	N.º 200	0-2	0-2	0-1	0-2

La gradación MAF-1 se empleará en la construcción de bacheos y de capas de espesor compacto superior a 7.5 cm, la MAF-2 para capas de espesor entre 4 cm y 7.5 cm y la MAF-3 se usará cuando el espesor de la capa compacta sea inferior a 4 cm.

Durante el proceso de compactación de la mezcla se deberá aplicar un sello de arena para evitar la adhesión de las llantas de los vehículos, debido a la presencia de fluidificantes en la emulsión asfáltica. La arena será natural, proveniente de trituración o una mezcla de ambas; estará exenta de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras materias objetables.

Tabla 424-08

Requisitos de los agregados pétreos para mezclas abiertas en frío

		Ensayo	Requerimiento		
			Bajo tránsito	Tránsito medio	Alto tránsito
Desgaste de los Ángeles		MTC E 207	25% máx. (rodadura) 25% máx. (intermedia)	25% máx. (rodadura) 35% máx. (intermedia)	25% máx. (rodadura) 35% máx. (intermedia)
Desgaste Micro-Deval		ASTM D 7428		25% máx. (rodadura) 30% máx. (intermedia)	20% máx. (rodadura) 25% máx. (intermedia)
10% de fino (KN)	Seco				110 min. (rodadura) 90 min. (intermedia)
	Relación Húmedo/seco				75 % máx. (rodadura e intermedia)
Pérdidas en ensayos de solidez	Sulfato de sodio	MTC E 209	12% máx.	12% máx.	12% máx.
	Sulfato de magnesio		18% máx.	18% máx.	18% máx.
Partículas fracturadas mecánicamente (agregado grueso) % mínimo 1cara/2caras		MTC E 210	75/- (rodadura) 60/- (intermedia)	75/60 (rodadura) 75/- (intermedia)	85/70 (rodadura) 75/- (intermedia)
Angularidad (Agregado fino)		ASTM D 1252			
Coeficiente de pulimento acelerado		UNE 146130	0,45 min. (rodadura)	0,45 min. (rodadura)	0,45 mín. (rodadura)
Partículas planas y alargadas		MTC E 221	10% máx.	10% máx.	10% máx.
Equivalente de arena		MTC E 114			
Contenido de impurezas (Agregado grueso)		UNE 14613	0,5 % máx.	0,5 % máx.	0,5 % máx.
Adhesividad Stripping		MTC E 517	95% min.	95% min.	95% min.

424.28 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla abierta en frío será una emulsión asfáltica catiónica de rotura media, de las indicadas en la **Tabla 415-04** y que sea compatible con los agregados pétreos por emplear.

424.29 Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran, deberán ajustarse a lo descrito en la **Sección 430.**

Equipo

424.30

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en el **Subsección 415.03,** así como lo descrito en la **Subsección 424.07**, con la salvedad que las mezclas abiertas en frío normalmente no requieren la adición de agua y, en consecuencia, los depósitos y dispositivos para la aplicación de agua en la planta pueden no ser necesarios.

Como equipo accesorio se requiere, además, un esparcidor mecánico o volquete desde el cual se pueda repartir arena manualmente sobre la superficie con ayuda de palas.

Requerimientos de construcción

424.31 Explotación de los materiales y elaboración de los agregados

Rige lo indicado en la **Subsección 415.04.**

424.32 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo.

Se aplica al respecto, todo lo que resulte pertinente de la **Subsección 415.05**

Los contenidos de los agregados y del material bituminoso, se deberán determinar teniendo en consideración las características de los mismos. Se hará, ante todo, una determinación del contenido óptimo teórico del material bituminoso, utilizando métodos basados en la superficie específica de los agregados; y luego, con proporciones variables del material bituminoso por encima y por debajo de este óptimo teórico, se elaborarán mezclas para someterlas al ensayo de cubrimiento y desplazamiento, según la norma MTC E 517, cuyos resultados permitirán definir la proporción de emulsión en relación con el peso de los agregados secos.

La mezcla abierta en frío no se podrá fabricar a escala industrial, mientras el Supervisor no haya aprobado la fórmula de trabajo y realizado las verificaciones correspondientes en la ejecución del Tramo de Prueba. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de manera frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en esta Sección, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

424.33 Preparación de la superficie existente

Al respecto, resulta aplicable lo descrito para las mezclas densas en frío en la **Subsección 424.10**

424.34 Tramo de pruebas

Rige lo que sea aplicable de la **Subsección 415.06.**

424.35 Suministro de los agregados y elaboración de la mezcla

Se aplica el procedimiento descrito para las mezclas densas en frío en las **Subsecciones 424.12** y **424.01**, modificado este último en el hecho de que la incorporación de agua de preenvuelta en el mezclador no suele ser necesaria.

424.36 Transporte de la mezcla

La mezcla se transportara a la obra en volquetes, hasta que las operaciones de extensión y compactación se puedan realizar correctamente con la luz natural. El trabajo en horas de la noche solo se permitirá bajo las condiciones mencionadas en el **Subsección 424.21.**

Durante el transporte de la mezcla se deberán tomar las precauciones necesarias para reducir al mínimo las pérdidas de los solventes volátiles de la emulsión.

424.37 Reparaciones

Rige lo que resulte aplicable de la **Subsección 424.22.**

Aceptación de los trabajos

424.38 Criterios

a. Controles

Se aplica todo lo que sea pertinente de la **Subsección 415.07(a).**

b. Calidad de la emulsión

Al respecto, son aplicables las exigencias incluidas en la **Subsección 424.23(b)** de las presentes especificaciones, con la salvedad de la diferencia en el tipo de emulsión, por cuanto la mezcla abierta en frío se elabora con una emulsión de rotura media.

c. Calidad de los agregados pétreos

En relación con los agregados pétreos, resultan aplicables las exigencias de la **Subsección 424.23(d),** con las siguientes modificaciones:

- No es necesario determinar la plasticidad, el equivalente de arena de los agregados, el valor de azul de metileno, ni la angularidad del agregado fino.
- Durante la etapa de tramo de pruebas y al menos una vez a la semana durante la etapa de producción, se deberá efectuar la prueba de adhesividad, según la norma de ensayo MTC E 517.

d. Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, el Supervisor controlará la homogeneidad de la mezcla. Rechazará las mezclas segregadas, así como aquella cuya envuelta no sea homogénea.

Cuantitativamente, realizará los siguientes controles:

1. Contenido de asfalto

Sobre 5 muestras de la mezcla elaborada, se determinará el contenido de asfalto residual.

El porcentaje de asfalto residual promedio (ART%) tendrá una tolerancia de 0,3%, respecto del establecido en la fórmula de trabajo (ARF%).

$$ARF\ \% - 0{,}3\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}3\ \%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de una muestra individual (ARI%), no podrá diferir del valor promedio (ART%) en más de 0,5%, admitiéndose un solo valor por fuera de este intervalo.

$$ART\ \% - 0{,}5\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 0{,}5\ \%$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART%) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote, salvo que, en el caso de exceso del material bituminoso, el Contratista demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla.

2. Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la **Tabla 424-09.**

Tabla 424-09

Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas abiertas en frío

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
4,75 mm (N.º 4) y mayores	± 4%
Menores que 4,75 mm (N.º 4)	± 3%

e. Calidad del trabajo terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluidos sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en el Proyecto y aprobada

por el Supervisor. La cota de cualquier punto de la mezcla abierta en frío compactada en capas de rodadura o intermedia no deberá variar en más de 10 mm de la proyectada.

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la obra ejecutada por jornada de trabajo.

f. El Supervisor deberá efectuar las siguientes verificaciones:

1. Espesor

Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, El supervisor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d):

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada muestra individual (e_i) deberá ser, cuando menos, igual al 80% del espesor de diseño (e_d).

$$e_i \geq 0{,}8\ e_d$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del tramo.

2. Uniformidad de la Superficie

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores de 5 mm en capas de rodadura o 10 mm en capas de base o intermedias y bacheos. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

3. Textura

Las medidas de textura se realizarán antes de la puesta en servicio de la capa y se harán únicamente sobre mezclas compactadas como capa de rodadura, empleando el método descrito en la norma de ensayo MTC E 1005.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de 3, que se ampliarán a 5 si la textura obtenida en uno de los 3 primeros es inferior a la especificada.

La ubicación de los puntos de medida se realizará de acuerdo al Anexo N.º 1 "Proceso aleatorio para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo al azar".

La profundidad media de textura deberá ser, cuando menos, igual a 1,0 mm, sin que ningún valor individual sea inferior a 0,8 mm y sin que existan áreas con evidencias de segregación.

Si este requisito no se cumple, la capa de mezcla abierta en frío correspondiente al tramo controlado, deberá ser levantada mediante fresado y reconstruida a costo del Contratista, con la aprobación del Supervisor.

4. Resistencia al deslizamiento

En relación con este parámetro, son aplicables los criterios en la **Subsección 424.23(h)(4).**

5. Regularidad superficial o rugosidad

Para mezclas abiertas en frío que hagan las veces de capa de rodadura, se aplicarán las exigencias de la **Subsección 424.23(h)(5).**

6. Medidas de deflexión

El Supervisor verificara la solidez de la estructura construida al nivel de la capa de mezcla densa en frío, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman, el FWD, o cualquier otro método debidamente aprobado por el Supervisor; de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 1002. Los resultados de las medidas, que se realizarán en tresbolillo cada 20 metros, no constituirán base para aceptación o rechazo de la capa construida, sino que servirán al Supervisor para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas de mezcla densa en frío colocada y compactada, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquellas en que se presente retención de agua

en la superficie, deberán ser reconstruidas a su costo por el Contratista, con la aprobación del Supervisor.

g. Construcción de capas de nivelación

Cuando una mezcla abierta en frío se emplee como capa de nivelación de un pavimento existente, deberá cumplir con los mismos requisitos que se exigen cuando se coloca como capa intermedia.

h. Correcciones por variaciones en el diseño o por causas no imputables al Contratista

Estos casos se ejecutarán de acuerdo a lo establecido en el Contrato y las presentes especificaciones técnicas o especificaciones especiales del Proyecto.

Los controles de calidad de los materiales se efectuarán teniendo en cuenta la Tabla 424-10 Ensayos y frecuencias.

Tabla 424-10

Ensayos y frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia (*)	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	250 m^3	Pista Dist. Agregado
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	250m^3	Cantera
	Partículas Chatas y Alargadas	MTC E 221	250m^3	Cantera
	Abrasión	MTC E 207	1.000m^3	Cantera
	Pérdida en Sulfato de Sodio	MTC E 209	1.000m^3	Cantera
	Adhesividad		1.000m^3	Cantera
Mezcla abierta en frio	Contenido de asfalto residual	AASHTO T 164	1.000m^3	Pista previo a compactacion
Material Bituminoso	Según tipo de material. Ver 424.28		$\sqrt{N}$ (1)	Tanque al llegar a obra

(*) O antes, si por su génesis, existe variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico – mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada Propiedad y/o Característica.

(1) N representa el número de tancadas de 30.000 l de material bituminoso requerido en la obra.

Medición

424.39

Según lo indicado en la **Subsección 424.24.**

Pago

424.40

Según lo indicado en la **Subsección 424.25.**

Partida de pago	Unidad de pago
424.B Pavimento de concreto asfáltico en frío (mezcla abierta)	Metro cúbico (m^3)

SECCION 425

MICROPAVIMENTO

SECCIÓN 425

Micropavimento

Descripción

425.01

Este trabajo consiste en la colocación de una mezcla de emulsión asfáltica modificado con polímeros y agregados pétreos, sobre la superficie de una vía, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

425.02

Los materiales a usar para la ejecución de este trabajo será:

a. Agregados pétreos y polvo mineral

Los agregados pétreos deberán ser limpios, angulares, durables y bien gradados. Deberán gradarse en zonas habilitadas especialmente para este efecto, y de manera que no se produzca contaminación ni segregación de los agregados pétreos. Los acopios se ubicarán en superficies limpias, planas y niveladas. Se debe retirar cualquier fuente de materia extraña que pueda contaminar el material como vegetación, rocas, etc. Además, el área debe tener un drenaje adecuado para evitar acumulación de agua en el acopio.

Los agregados para los micropavimentos en frío, deberán provenir de la trituración de roca y deberán cumplir con los requisitos de la **Tabla 425-01**. El tipo de granulometría y número de capas a utilizar será el establecido en el Proyecto.

Se entenderá por agregados pétreos limpios, aquellos agregados pétreos libres de materia orgánica, arcilla o materias extrañas. En caso necesario el Supervisor podrá exigir su limpieza por lavado, aspiración u otro método aprobado por éste.

Los agregados pétreos y el polvo mineral para la construcción de micropavimentos en frío deberán cumplir los requisitos de calidad exigidos en la Tabla 425-02.

Tabla 425-01

Granulometría de los agregados pétreos para micropavimentos en frío

Tamices		Bandas granulométricas Porcentaje en peso que pasa, %			
(mm)	(ASTM)	Tipo M-I	Tipo M-II	Tipo M-III	Tipo M-IV
12,5	(1/2")				100
10,0	(3/8")		100	100	85-98
5,0	(N.º 4)	100	85-95	70-90	62-80
2,5	(N.º 8)	85-95	62-80	45-70	41-61
1,25	(N.º 16)	60-80	45-65	28-50	28-46
0,63	(N.º 30)	40-60	30-50	18-34	18-34
0,315	(N.º 50)	25-42	18-35	12-25	11-23
0,16	(N.º 100)	15-30	10-24	7-17	6-15
0,08	(N.º 200)	10-20	5-15	5-11	4-9

Tabla 425-02

Requerimientos de los agregados pétreos para micropavimentos en frío

Ensayo	Norma	Exigencia
Partículas fracturadas	MTC E 210	100%
Durabilidad al Sulfato de sodio	MTC E 209	Máx. 12%
Desgaste de Los Ángeles	MTC E 207	Máx. 25%
Equivalente de Arena	MTC E 114	Mín. 60%
Azul de metileno	AASHTO TP 57	Máx. 8
Adherencia Riedel-Weber	MTC E 220	Mín 4*
Adherencia Método Estático	ASTM D 1664	Mín. 95%

*Grado inicial de desprendimiento

Las tolerancias para conformar la banda de trabajo se indican en Tabla 425-03.

Tabla 425-03

Agregados pétreos para micropavimentos en frío - Tolerancias para banda de trabajo

Tamices		Tolerancia (%)
(mm)	(ASTM)	
5,0	(N.º 4)	± 5
2,5	(N.º 8)	± 5
1,25	(N.º 16)	± 5
0,63	(N.º 30)	± 5
0,315	(N.º 50)	± 4
0,16	(N.º 100)	± 3
0,08	(N.º 200)	± 2

Si se quiere adicionar filler de aportación, éste deberá estar constituido por polvo mineral fino, tal como cemento hidráulico, cal u otro material inerte de origen calizo, libre de materia orgánica y partículas de arcilla, que cumpla con la banda granulométrica establecida en la **Tabla 425-04**.

Tabla 425-04

Granulometría de filler

Tamices		% Que pasa en peso
(mm)	(ASTM)	
0,630	(N.º 30)	100
0,315	(N.º 50)	95-100
0,080	(N.º 200)	70-100

b. Material bituminoso

El material bituminoso a emplear será emulsión asfáltica modificada con polímeros que cumplan lo establecido en la **Tabla 425-05**. El tipo de asfalto a emplear será el indicado en el Proyecto, basándose principalmente en el tipo de agregado pétreo, trazo del camino, características del tránsito y condiciones climatológicas locales.

Tabla 425-05

Requerimientos para las emulsiones modificadas con polímeros

Ensayo	Norma	Exigencia
Viscosidad Saybolt Furol (25ºC) (sSf)	MTC E 403	20-100
Sedimentación (7 días)	MTC E 404	5% máx.
Prueba de Tamiz	MTC E 405	0,1% máx.
Carga de partícula	MTE C 407	Positiva/Negativa
Determinación del residuo asfáltico	MTC E 411	62% min.
Prueba sobre el Residuo de Evaporación		
Penetración, 25ºC. 100 g. 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	50*-90* 100-150
Ductilidad 5ºC	MTC E 306	≥ 10 cm
Índice de Fraass	MTC E 311	-17ºC máx.
Recuperación elástica, 25ºC, 20 cm, 1h	ASTM D6084	30% mín.

* En función a las condiciones climáticas del proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-90 ó 100-150)

c. Agua

Se aplica lo indicado en la **Subsección 420.02(c)**.

Equipo

425.03

La mezcla deberá prepararse en un equipo mezclador móvil de tipo continuo con sistema central computarizado, que deberá disponer de tanques separados para el agua y la emulsión, provistos de bombas de alimentación. Deberá ser capaz de suministrar las proporciones adecuadas de los diversos materiales a la unidad mezcladora y de descargar en flujo igualmente continuo.

El equipo debe disponer de instalaciones adecuadas para incorporar aditivos.

No se deberá colocar ninguna mezcla cuya emulsión hubiese "roto" antes de las operaciones de extendido, ni cuando hubiese demoras de más de 30 minutos entre la preparación de la mezcla y su colocación. Las mezclas deberán ser homogéneas y uniformes, para lo cual, el Contratista deberá

disponer del número de unidades mezcladoras suficientes para asegurar una operación continua e ininterrumpida.

Los micropavimentos deberán colocarse mediante un vehículo con una caja esparcidora incorporada capaz de cubrir el ancho de una pista. La caja esparcidora deberá estar equipada con deflectores y enrasadores ajustables, que permitan ser adaptados a las secciones con peraltes o bombeo, asegurando una aplicación uniforme.

En la caja esparcidora se exigirá un repartidor con elemento helicoidal. El mezclador dispondrá de un sistema de revoltura adecuado para lograr una mezcla homogénea. El mezclador será del tipo paleta para realizar una revoltura adecuada y lograr una mezcla homogénea.

La goma trasera flexible estará destinada a enrasar, para lo cual deberá ser ajustable y quedar en contacto preciso con el pavimento, de modo que resulte una capa selladora del espesor especificado.

Requerimientos de construcción

425.04 Explotación de los materiales y elaboración de los agregados

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Supervisor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el Contratista no cumple con estos requerimientos, el Supervisor exigirá los cambios que considere necesarios.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán ejecutar en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá efectuarlos en la vía.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al concluirse los

trabajos en las canteras temporales, el Contratista remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas, así como de la recuperación ambiental de las áreas afectadas de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental y debiendo cumplir en lo que corresponda lo indicado en la **Subsección 05.06**.

425.05 Diseño del micropavimento y obtención de la fórmula de trabajo

El micropavimento deberá dosificarse por el método de abrasión en pista húmeda que describe las normas de ensayo MTC E 417 e ISSA TB 100, con el que se determinará el contenido mínimo de asfalto de la mezcla. Habrá que considerar una pérdida máxima de 538 g/m^2.

Mediante el ensayo del cohesiómetro desarrollado en las normas de ensayo MTC E 419 e ISSA TB 139 se determinarán las características de rompimiento y curado de las mezclas para micropavimentos.

La compatibilidad de los finos como elemento cohesivo en mezclas asfálticas de alto rendimiento, como son los micropavimentos, se determinará mediante los ensayos de Schulze Breuer Ruck para clasificación de agregados y compatibilidad de finos-bitumen, según desarrollan las normas de ensayo ASTM D 6372 e ISSA TB 144.

La tolerancia en el diseño del micropavimento será de:

± 2,0 puntos porcentuales para el agua

± 0,5 puntos porcentuales para la emulsión

Para condiciones extremas de carga, tales como tránsito pesado, cargas lentas, curvas cerradas (radios de curvatura inferiores a 100 m) o en pendientes superiores a 10%, se deberá verificar el diseño según la norma de ensayo de la rueda cargada (MTC E 418, ISSA TB 109), en el cual el máximo de la arena adherida según lo establecido por la International Slurry Surfacing Association (ISSA) será 538 gr/m2, según lo indicado en la **Tabla 425-06**.

La dosificación del micropavimento en frío deberá cumplir con los requisitos establecidos en la **Tabla 425-07**.

Tabla 425-06

Cantidad máxima de arena adherida para verificar el diseño de micropavimentos según la rueda cargada.

Vehículos /día	Máxima adhesión de arena (g/m^2)
0 a 500	750
500 a 1.500	650
1.500 a más de 3.000	538

Tabla 425-07

Requerimientos para el diseño de micropavimentos en frio.

Ensayo	Norma	Exigencia
Consistencia	ASTM D 3910 ISSA TB-106	2-3 cm
Cohesión húmeda (30 minutos)	ISSA TB-139	12 kg-cm mín.
Cohesión húmeda (60 minutos)	ISSA TB-139	20 kg-cm mín.
Desprendimiento	ISSA TB-114	10% max.
Abrasión húmeda (1 hora)	ISSA TB 109 MTC E 417	538 g/m^2 máx.
Abrasión húmeda (6 días)	ISSA TB 109 MTC E 417	807 g/m^2 máx.
Rueda Cargada	ISSA TB-109 MTC E418	538 g/m^2 máx.
Desplazamiento Lateral	ISSA TB-147	5% máx.
Tiempo de Mezclado (25 ºC)	ISSA TB-113	120 s mín. controlable

La dosificación deberá comprobarse mediante la construcción de un tramo de prueba, en un lugar autorizado por el Supervisor

425.06 Preparación de la superficie existente

Antes de proceder a la aplicación de los micropavimentos, la superficie se limpiará de polvo, barro seco o cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando barredoras mecánicas o máquinas sopladoras.

Solo se permitirá el uso de escobas manuales en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos, los que deberán ser aprobados por el Supervisor.

Si la superficie sobre la cual se va a aplicar el micropavimento corresponde a un pavimento asfáltico, se deberá eliminar mediante fresado todos los excesos de material bituminoso que puedan existir y se repararán todos los desperfectos que puedan impedir una correcta adherencia.

425.07 Tramo de prueba

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.06**.

425.08 Esparcido de la mezcla

Cuando se deba mantener el tránsito, los micropavimentos en frío se esparcirán por media calzada, no pudiéndose iniciar los trabajos en la otra mitad, hasta que no haya sido entregada al tránsito la primera. El Contratista deberá proveer los medios necesarios para controlar el tránsito de la vía.

Los micropavimentos en frío deberán colocarse por capas según lo establecido en el Proyecto. Cuando se coloque más de una capa, se deberá esperar a la rotura de la emulsión de la capa precedente.

425.09 Compactación

Cuando se especifique compactación, esta deberá efectuarse con rodillo neumático autopropulsado. La compactación deberá comenzar solo cuando la rotura de la emulsión del micropavimento permita el paso de los rodillos sin que se adhiera a las ruedas.

425.10 Limitaciones climatológicas

No deberá colocarse micropavimento cuando la temperatura ambiental o de la superficie a tratar sean inferiores a 6ºC, o en presencia de precipitaciones pluviales.

425.11 Apertura al tránsito

La superficie tratada podrá ser entregada al tránsito una vez que la mezcla haya ""roto" " y no se deforme con el paso de los vehículos.

425.12 Reparaciones

Se aplica lo establecido en la **Subsección 418.14**.

Aceptación de los trabajos

425.13 Criterios

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

a. Controles

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.07(a)** además de cumplir con todos los requisitos de calidad exigidos para los materiales en la **Subsección 425.01**.

b. Calidad de la emulsión

La calidad de emulsión deberá ser sustentada para cada tanque de transporte, por un certificado de calidad del fabricante según lo especificado en la **Tabla 425-05**. Además dicha emulsión deberá cumplir con todos los requisitos de calidad y criterios de control que se indican en la **Subsección 416.09(b).**

c. Calidad del agua

Se aplica lo indicado en la **Subsección 420.02(c).**

d. Calidad de los agregados pétreos y el polvo mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- El desgaste en la máquina de Los Ángeles, según norma MTC E 207.
- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 209.
- El equivalente de arena, según norma de ensayo MTC E 114.
- La plasticidad, en acuerdo a las normas MTC E 111.
- Sales Solubles Totales MTC E 219.

Así mismo, para cada procedencia del polvo mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y sobre ellas se determinarán:

- La densidad aparente (ASTM C 110).
- El coeficiente de emulsibilidad (NLT 180).
- Azul de metileno (AASHTO TP 57).

Los resultados de todas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en las presentes especificaciones, bajo sanción del rechazo de los materiales defectuosos.

Durante la etapa de producción, el Contratista está obligado a que los materiales pétreos utilizados cumplan con las especificaciones del Proyecto, debiendo el Supervisor efectuar las verificaciones correspondientes disponiendo el retiro de los agregados que presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al especificado.

Además, efectuará las siguientes verificaciones:

- Granulometría de los agregados (MTC E 204), una vez por jornada de trabajo.
- Plasticidad de la fracción fina (MTC E 110), una vez cada 150 m^3.
- Equivalente de arena (MTC E 114), una vez cada 150 m^3.
- Adhesividad, una vez cada 1.000 m^3.
- Desgaste Los Ángeles (MTC E 207) y la solidez (MTC E 209), al menos una vez cada 1.000 m^3.

Tabla 425-08

Ensayos y Frecuencia

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de Muestreo
Agregados	Granulometría	MTC E 204	150 m^3	Pista
	Pérdida en Sulfato de Na o Mg	MTC E 209	1.000 m^3	Cantera
	Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	1.000 m^3	Cantera
	Azul de metileno	AASHTO TP 57	1.000 m^3	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	150 m^3	Cantera
Material Bituminoso	Según tipo de material (Ver Subsección 425.01(b))		$\sqrt{N}$ (1)	Tanques al llegar a obra

(1) N representa el número de tancadas de 30,000 L de material bituminoso requerido en la obra.

Sobre el polvo mineral se efectuarán pruebas de densidad aparente y coeficiente de emulsibilidad a razón de una vez por semana, como mínimo.

e. Composición y resistencia del mortero

1. Contenido de asfalto

Para efectos del control se considerará como lote el mortero extendido en cada jornada de trabajo, de la cual el Supervisor extraerá un mínimo de cinco muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, de un peso aproximado de 2 kg. cada una, las cuales empleará en la determinación del contenido de asfalto (MTC E 502) y la granulometría de los agregados (MTC E 503).

El contenido medio de asfalto residual del tramo construido en la jornada de trabajo (ART%) no deberá diferir del contenido de asfalto establecido en la fórmula de trabajo (ARF%) en más del 0,5%.

$$ARF\ \%-0{,}5\% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}5\%$$

A su vez, sólo se admitirá un valor de contenido de asfalto residual de muestra individual (ARI%) que supere en 1,0% el valor medio del tramo.

$$ART\ \% -1{,}0\% \leq ARI\ \% \leq ART\% + 1{,}0\%$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, El Supervisor rechazará el tramo construido durante la jornada de trabajo.

2. Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados. Para cada ensayo individual, la curva granulométrica deberá encajar dentro de la franja adoptada.

3. Resistencia

Por cada jornada de trabajo se extraerán 3 muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, con las cuales se elaborarán especímenes para los ensayos de abrasión en pista húmeda (MTC E 417) y absorción de arena en la máquina de rueda cargada.

Si el desgaste medio (dm) o la absorción media de arena (Am), superan los valores definidos en la fórmula de trabajo (dt) y (At) en más del 10%, el Supervisor rechazará el tramo construido durante la jornada de trabajo.

$$d_m \leq 1{,}1\ d_t$$

$$A_m \leq 1{,}1\ A_t$$

f. Calidad del trabajo terminado

El pavimento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto. La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pavimento tratado con mortero asfáltico no deberá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en el Proyecto.

g. Durante cada jornada de trabajo, además el Supervisor efectuará los siguientes controles:

1. Tasa de aplicación

En sitios ubicados al azar, se efectuarán como mínimo 3 determinaciones diarias de la tasa de aplicación del mortero sobre la superficie. La tasa media de aplicación (TMA), en kg/m^2, no podrá variar en más del 10% de la autorizada como resultado del tramo de prueba (Tasa Media Especificada-TME), en caso contrario será rechazado por el Supervisor el tramo construido durante la jornada de trabajo.

$$0{,}90\ TME \leq\ TMA \leq 1{,}10\ TME$$

2. Textura

Por jornada de trabajo deberán efectuarse, como mínimo 2 pruebas de resistencia al deslizamiento (MTC E 1004) y 2 de profundidad de textura con el Método del Círculo de Arena (MTC E 1005). En relación con la primera, ningún valor individual podrá presentar un valor inferior a 0,45, y respecto de la segunda, el promedio de las 2 lecturas deberá ser cuando menos igual a 0,6 mm, sin que ninguno de los 2 valores (PTI) sea inferior en más del 10% al promedio mínimo exigido.

$$PTI \geq 0{,}54\ mm$$

3. Rugosidad

La rugosidad, medida en unidades IRI, no podrá ser superior a 2,5 m/km, salvo que las especificaciones particulares establezcan un límite diferente.

Esta exigencia no se aplicará cuando el micropavimento se construya sobre un pavimento existente. En este caso el Proyecto deberá indicar el nivel de rugosidad aceptable.

Todas las áreas donde no se cumplan lo especificado, deberán ser reconstruidos por el Contratista, a su costo y riesgo, y aprobado por el Supervisor

Para la medición de rugosidad se seguirá lo especificado en la **Subsección 423.18(f) (5).**

Medición

425.14

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.08.**

Pago

425.15

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.09.**

Partida de pago	Unidad de pago
425.A Micropavimentos	Metro cuadrado (m^2)

SECCION 426

CEMENTO ASFÁLTICO

SECCIÓN 426

Cemento asfáltico

Descripción

426.01

El cemento asfáltico es un material bituminoso aglomerante, de consistencia sólida, utilizado para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente.

Materiales

426.02 Material bituminoso

El material por suministrar será cemento asfáltico clasificado por viscosidad o por grado de penetración de acuerdo con las características del proyecto y que cumpla los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 415.02(b).**

Los materiales por suministrar generan emisiones debido al proceso de calentamiento, por lo que se recomienda ubicar los tanques que contienen dichos elementos en zonas alejadas de centros urbanos o asentamientos humanos. En caso de que los materiales sean vertidos accidentalmente, deberán recogerse incluyendo el suelo contaminado y colocarlos en las áreas de disposición de desechos que hayan sido aprobados por el Supervisor.

Equipo

426.03

En adición a las consideraciones generales de la **Sección** que resulten aplicables, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

a. Vehículos de transporte

El transporte del cemento asfáltico desde la planta de producción a la planta mezcladora, deberá efectuarse en caliente y a granel, en carros termotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles.

Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

Antes de cargar los termotanques se debe examinar el contenido y remover todo el remanente de transportes anteriores que puedan contaminar el material. Las válvulas de abastecimiento deben llevar un precinto de seguridad del proveedor.

b. Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico, antes de su uso, se realizará en tanques con dispositivos de calentamiento que permitan mantener la temperatura necesaria del asfalto para su mezcla con los agregados. Los tanques de almacenamiento deben ser destinados para un determinado tipo de producto asfáltico, que debe estar identificado con una inscripción en el tanque que así lo indique.

c. Protección al personal

Es necesario dotar con elementos de seguridad al personal de obra tales como máscaras de protección de gases, cascos, guantes, y otros que se crean pertinentes, a fin de evitar sean afectados por la emisión de gases tóxicos así como por las probables quemaduras que pueda ocurrir al realizar estas actividades.

d. Elementos de seguridad

Se debe disponer para el personal de obra un botiquín, y un extintor de manera tal que pueda ser accesible y utilizado de manera fácil. Por otro lado, el Contratista debe proteger los cruces de los tanques con los cuerpos de agua y colocar barreras que impidan la contaminación del drenaje natural.

Incorporación del producto

426.04

El Contratista suministrará el cemento asfáltico cumpliendo las disposiciones legales al respecto, en especial las referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental.

El empleo del cemento asfáltico en la elaboración de mezclas asfálticas se hará conforme lo establece la Sección correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

Aceptación del producto

426.05 Criterios

a. Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Exigir un certificado de calidad del producto, así como la garantía del fabricante de que el producto cumple las condiciones especificadas en la **Subsección 415.02(b).**
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- Verificar que durante el vaciado de los termotanques no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto y la seguridad de las personas.
- Tomar muestras para los ensayos que exige la **Subsección 423.18 (b)** y efectuar las respectivas pruebas.
- Verificar que el calentamiento del asfalto, antes de su mezcla con los agregados pétreos, impida la oxidación prematura del producto y se ajuste a las exigencias de la partida en ejecución.
- No permitir que el nivel de asfalto descienda por debajo de la superficie calentadora de los serpentines o elementos térmicos para evitar su oxidación.

Medición

426.06

La unidad de medida del cemento asfáltico será el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo completo, incorporado en la mezcla en caliente, aprobada por el Supervisor.

Pago

426.07

El pago del cemento asfáltico no se pagará en forma independiente, será incluido en el precio unitario de la partida correspondiente.

SECCION 427
EMULSIÓN ASFÁLTICA

SECCIÓN 427

Emulsión asfáltica

Descripción

427.01

Es un producto bituminoso compuesto por cemento asfáltico, emulsificante y agua, que al ponerse en contacto con el material pétreo produce un desequilibrio que ocasiona su rotura, llevando las partículas del asfalto a adherirse a la superficie del material pétreo, que pueden ser utilizados en riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto, tratamientos superficiales y morteros asfálticos.

Materiales

427.02 Material bituminoso

El material bituminoso por suministrar será una emulsión asfáltica catiónica, cuyo tipo y características de rotura dependerán de la partida de la que vaya a formar parte.

Deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 415.02(c).**

En el caso de requerirse una emulsión asfáltica de diferentes características (modificadas con polímeros), deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 415.02**.

427.03 Almacenamiento y transporte

En adición a las consideraciones generales que resulten aplicables de la **Sección 415**, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

a. Vehículos de transporte

El transporte de la emulsión asfáltica desde la planta de fabricación hasta el sitio de mezcla o de colocación se realizará a granel, en camión

cisterna que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción. Estarán dotados de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

Antes de cargar los vehículos se debe examinar su contenido y remover todo el remanente de transportes anteriores que puedan contaminar el material. Las válvulas de abastecimiento deben llevar un precinto de seguridad del proveedor.

b. Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica, antes de su uso, se realizará en tanques cilíndricos verticales, con tuberías de fondo para carga y descarga, las cuales deberán encontrarse en posiciones diametralmente opuestas.

Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento.

Deberán, además, estar provistos de elementos que permitan la recirculación de la emulsión, cuando ésta deba almacenarse por tiempo prolongado, En la **Tabla 427-01** se indican las temperaturas de almacenamiento de las emulsiones.

Tabla 427-01

Temperaturas de almacenamiento para emulsiones asfálticas

Grado	Temperatura (°C)	
	Mínimo	Máximo
CRS-1, CRS-2, HFRS-2	50	85
CSS-1, CSS-1h	10	60
CMS-2, CMS-2h	50	85

Nota: RS, rotura rápida; CRS, catiónica de rotura rápida; SS, rotura lenta; CSS, catiónica de rotura lenta; CMS, catiónica de rotura media.

Incorporación del producto

427.04

El Contratista suministrará la emulsión asfáltica cumpliendo las disposiciones legales al respecto, en especial las referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental.

A la llegada de cada camión cisterna al sitio de los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura, efectuados sobre muestras representativas de la entrega. Dicha constancia no evitará, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Supervisor.

El Supervisor se abstendrá de recibir y aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

El empleo de la emulsión asfáltica en la elaboración de riegos, tratamientos superficiales, sellos de arena-asfalto y morteros asfálticos, se hará conforme se establece en la especificación correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

Aceptación del producto

427.05 Criterios

a. Controles

En relación con esta especificación, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Exigir para cada envío de emulsión asfáltica un Certificado de Calidad del Producto, así como la garantía del fabricante de que dicho producto cumple las condiciones especificadas en la **Subsección 415.02(c).**
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- Verificar que durante el vaciado de los camiones cisternas no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto.

- Tomar muestras para los ensayos que se indican en la **Subsección 416.09(b),** según corresponda y efectuar las pruebas respectivas.

Medición

427.06

La unidad de medida de la emulsión asfáltica será el litro (l), aproximado al decímetro cúbico completo, de emulsión incorporada en los riegos de imprimaciones, liga, tratamientos superficiales y sello arena-asfalto ejecutadas y aprobadas por el Supervisor.

Pago

427.07

El pago de la emulsión asfáltica no se pagará en forma independiente, será incluido en el precio unitario de la partida correspondiente.

SECCION 428
ASFALTOS LÍQUIDOS

SECCIÓN 428

Asfaltos líquidos

Descripción

428.01

Son materiales asfálticos de consistencia blanda o fluida, que pueden ser utilizados en riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto y tratamientos superficiales.

Materiales

428.02 Material bituminoso

El material por suministrar será un asfalto líquido de curado medio o rápido, cuyo tipo y característica dependerán del trabajo en el cual vaya a ser aplicado.

Deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 415.02 (d).**

Equipo

428.03

Debe considerarse los requerimientos indicados en la **Subsección 426.03.**

Incorporación del producto

428.04

El Contratista suministrará el asfalto líquido cumpliendo las disposiciones legales al respecto, en especial las referentes a dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental.

El empleo de asfalto líquido se hará de acuerdo a lo establecido en el Proyecto y conforme lo establece la sección correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

El asfalto líquido deberá ser aplicado tal como salió de la planta del proveedor, sin efectuar ninguna adición de solvente o material que altere sus características de calidad.

Aceptación del producto

428.05 Criterios

a. Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Exigir un certificado de calidad del producto, así como la garantía del fabricante de que el producto cumple las condiciones de calidad especificadas en la **Subsección 415.02 (d).**
- Verificar el estado de funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- Verificar que durante el vaciado de los camiones cisternas no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto y la seguridad de las personas.
- Tomar cada vez que lo estime conveniente, muestras para los ensayos que exige la **Subsección 416.09 (b)** según corresponda y efectuar las pruebas respectivas.

Medición

428.06

La unidad de medición del asfalto líquido, según el tipo utilizado, será el litro (l), aproximado al litro completo de asfalto líquido incorporado en los riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto y tratamientos superficiales ejecutados y aprobadas por el Supervisor.

Pago

428.07

El pago del asfalto líquido no se pagará en forma independiente, será incluido en el precio unitario de la partida correspondiente.

SECCION 429

FILLER

SECCIÓN 429

Filler

Descripción

429.01

El filler es un material que se utiliza en las mezclas asfálticas, con la finalidad de complementar la granulometría de los agregados finos cuyas características no cumplen las especificaciones técnicas correspondientes.

Materiales

429.02

Los materiales que pueden utilizarse como filler puede ser cal hidratada, cemento Portland, polvo de roca, polvo de escoria, ceniza fina o loes.

La cal hidratada deberá cumplir los requisitos que se especifican en la norma AASHTO-M303 y los restantes materiales antes descritos, deben cumplir la norma ASTM D-242.

El Contratista presentará al Supervisor para cada lote del producto a utilizar, los certificados de calidad del fabricante o los resultados de las pruebas que certifiquen los requisitos especificados.

429.03 Almacenamiento y transporte

Se deberá cumplir:

a. Empaque

Para su traslado al sitio de las obras, el filler podrá empacarse en bolsas o a granel.

b. Vehículos de transporte

Si el suministro se hace en bolsas, el transporte podrá efectuarse en cualquier camión convencional. El vehículo deberá disponer de lonas o

cobertores adecuados, debidamente asegurados a su carrocería, que protejan al aditivo durante su transporte.

Si el suministro se realiza a granel, deberán emplearse camiones adecuados para tal fin, dotados de dispositivos mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento.

En todos los casos, los vehículos deberán cumplir las disposiciones legales vigentes en relación con pesos, dimensiones y control de contaminación ambiental.

c. Depósitos de almacenamiento

El depósito para el filler suministrado en bolsas deberá ser ventilado y cubierto y disponer de los elementos que aseguren la protección del producto contra los agentes atmosféricos, particularmente la humedad proveniente tanto del suelo como de las paredes del almacén.

Los silos de almacenamiento del filler suministrados a granel deberán estar completamente aislados contra la humedad y dispondrán de sistemas apropiados para su rápido llenado y vaciado.

Incorporación del material

429.04

La incorporación del filler a las mezclas asfálticas, se hará en la proporción definida en el diseño aprobado y en la fórmula de trabajo establecida según la **Subsección 415.05**.

El abastecimiento se hará en la misma planta de asfalto utilizando tolvas especiales para el material y sistemas que impidan la pérdida. La dosificación debe ser uniforme y constante durante todo el proceso de elaboración de la mezcla.

Aceptación del material

429.05 Criterios

a. Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Llevar un registro detallado del período de almacenamiento de cada lote, debiendo rechazar cualquier material con posterioridad a su fecha de vencimiento.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte, almacenamiento y abastecimiento a la planta.
- Verificar que durante el manejo del filler no se efectúen manipulaciones y traslados que puedan afectar su calidad.
- Comprobar la correcta incorporación del filler en la mezcla.

Medición

429.06

La unidad de medición será el kilogramo. La determinación del metrado en Obra será mediante la siguiente fórmula:

$$F_{rm} = \frac{W_{asf} * V_{asf} * P_{rm}}{100} (\%)$$

Donde:

F_{rm} Peso del Relleno Mineral a pagar (kg).

W_{asf} Peso Unitario de la Mezcla Asfáltica (MPa) en plataforma.

V_{asf} Volumen (m^3 a valorizar en el mes) de Carpeta Asfáltica y/o Base Asfáltica en su posición final de colocación.

P_{rm} Porcentaje en peso del relleno mineral por m^3 de Mezcla Asfáltica, establecido en la fórmula de trabajo.

Los valores W_{asf}, V_{asf} y P_{rm} se determinan por el promedio del mes en concordancia con los ensayos diarios de laboratorio, los cuales no excederán por ningún concepto lo estipulado en las fórmulas de diseño aprobadas por la Supervisión.

Pago

429.07

El filler no se pagará en forma independiente, será incluido en el precio unitario de la partida correspondiente.

SECCION 430

MEJORADORES DE ADHERENCIA

SECCIÓN 430

Mejoradores de adherencia

Descripción

430.01

Son productos utilizados en las mezclas asfálticas, que tienen por finalidad mejorar la adherencia entre el asfalto y los agregados pétreos.

Materiales

430.02

Para el mejoramiento de la adherencia entre los productos bituminosos y los agregados pétreos se podrán emplear:

- Cal tipo I y II (AASHTO M303).
- Base tipo amina.
- Cenizas (AASHTO M295).
- Otros productos de calidad certificada.

El mejorador de adherencia seleccionado, previamente en el Proyecto o aprobado por el Supervisor, deberá garantizar el grado de afinidad requerido entre el par asfalto-agregado, según el tipo de pavimento bituminoso a utilizar. En el caso de mejoradores de adherencia líquidos, deben ser homogéneos y no presentar separación de fases.

La efectividad, compatibilidad y alto rendimiento del aditivo entre el par asfalto – agregado en cada uno de los diseños de mezcla, será evaluada según AASHTO T283 señalado en la **Tabla 430-01**.

Tabla 430-01

Efectividad de los aditivos

Ensayos	Norma	Requerimiento
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta (**)	AASHTO T 283*	80 mín.

* El Ensayo AASHTO T-283 deberá se efectuado teniendo en cuenta la aplicación de los ciclos completos de congelamiento y calentamiento

** Opcionalmente se puede efectuar el método ASTM D 4867 (Lootman Modificado) y deberá ser efectuada teniendo en cuenta la aplicación de los ciclos completos de congelamiento y calentamiento

En caso de que el producto utilizado sea cal, deberá cumplir los requerimientos indicados en las Tablas 430-02 y 430-03.

Tabla 430-02

Requerimientos para Cal Tipo I y Cal Tipo II

Requerimiento	% en masa
Contenido mínimo de Cal Activa (% en masa) ($\%\ Ca(OH)_2 + \%\ Ca(O)^{\alpha}$)	90
Contenido máximo de Cal Deshidratada (% en masa de CaO)	7
Contenido máximo de Agua (% en masa de H_2O)	3

α No se permite más del 7% en masa de óxido de calcio (cal deshidratada) en la determinación del contenido total de cal activa. Fuente: AASHTO M303

Tabla 430-03

Requerimientos para Cal Tipo II

Requerimiento	%
Contenido mínimo de residió de ignición de Óxido de Calcio y Magnesio ($\%^{\alpha}$)	96
Contenido máximo de Dióxido de Carbono (de base recibida)	7
Contenido máximo de oxido de calcio deshidratado (de base recibida)	3

α La ignición a masa constante será realizada en horno eléctrico a temperaturas de 1000-1100 °C (1800-2000.°F) Fuente: AASHTO M303

El producto a utilizarse como mejorador de adherencia estará respaldado por los certificados de calidad y ficha técnica del fabricante sobre su eficiencia, dosificación, forma de uso, almacenaje y fechas de elaboración y vencimiento.

430.03 Almacenamiento y transporte

Se deberá cumplir:

a. Empaque

Para su traslado al sitio de las obras, el producto podrá empacarse en cilindros y/o en bolsas. Las bolsas sólo podrán emplearse cuando el aditivo sea sólido.

b. Vehículos de transporte

Si el suministro se hace en cilindros o bolsas, el transporte podrá efectuarse en cualquier camión convencional. El vehículo deberá disponer de lonas o cobertores adecuados, debidamente asegurados a su carrocería, que protejan al producto durante su transporte.

En todos los casos, los vehículos deberán cumplir las disposiciones legales vigentes en relación con pesos, dimensiones y control de contaminación ambiental.

c. Depósitos de almacenamiento

El depósito de los productos suministrados en cilindros o bolsas deberá ser ventilado y cubierto y disponer de los elementos que aseguren la protección del producto contra los agentes atmosféricos, particularmente la humedad proveniente tanto del suelo como de las paredes del almacén.

El almacenamiento de los productos mejoradores de adherencia, deberán cumplir con las especificaciones del fabricante (temperatura de aire, tiempo de almacenaje y otros).

Incorporación del producto

430.04

La incorporación de los mejoradores de adherencia en los pavimentos bituminosos correspondientes se hará de acuerdo al diseño y fórmula de trabajo aprobados.

430.05

La adición del producto a emplearse se efectuará mediante el procedimiento establecido en el Proyecto o aprobado por el Supervisor, debiendo garantizarse la distribución homogénea en la mezcla.

Aceptación del producto

430.06 Criterios

a. Controles

El Contratista cumplirá lo siguiente:

- Es responsable de la calidad y utilización de los productos. Para la comprobación de la eficiencia de los mismos, efectuará una mezcla normal sin aditivo y otra con el producto mejorador de adherencia, para evaluar la efectividad del producto
- Se encargará de la provisión, transporte, almacenamiento y manejo de los productos a ser usados.

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Llevar un registro detallado del período de almacenamiento de cada lote, debiendo rechazar cualquier producto con fecha de caducidad vencida.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- Verificar que durante el manejo del producto no se efectúen operaciones que puedan afectar su calidad.
- Comprobar la correcta incorporación del producto en el pavimento bituminoso a emplearse.

Medición

430.07

La unidad de medida será en litros (l) o kilogramos (kg) según corresponda, calculado en porcentaje del peso del material bituminoso de la mezcla.

Pago

430.08

El mejorador de adherencia no se pagará en forma independiente, será incluido en el precio unitario de la partida correspondiente.

SECCION 431

CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMEROS

SECCIÓN 431

Cemento asfáltico modificado con polímeros

Descripción

431.01

Es un material bituminoso aglomerante, de consistencia sólida, al que se le agrega un polímero para mejorar sus propiedades visco-elásticas, utilizados para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente.

Materiales

431.02 Material bituminoso

El material bituminoso será el cemento asfáltico modificado con polímero de acuerdo con las características del proyecto y que cumplen los requisitos de calidad establecidos en las **Tablas 431-01**, **431-02**, **431-03** y **431-04.**

Tabla 431-01

Especificaciones del cemento asfáltico modificado con polímeros

Características		TIPO I (*)							
		I - A		I - B		I - C		I - D	
		min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el producto original									
Penetración, 25°C. 100g. 5s, dmm	MTC E-304	100	150	75	100	50	75	40	75
Viscosidad absoluta 60°C, poise	MTC E-308	1.250		2.500		5.000		5.000	
Viscosidad. 135°C, cSt	MTCE-310		3.000		3.000		3.000		3.000
Punto de inflamación. COC. ºC	MTC E 303	232		232		232		232	
Solubilidad en tricloroetileno; % (**)	MTC E 302	99		99		99		99	
Separación, diferencia entre punto de ablandamiento (anillo y bola) de porción superior e inferior; °C	MTC E 307 MTC E 319		2,2		2,2		2,2		2,2
Recuperación elástica, 25ºC; %	ASTM D 6084	60		60		60		60	
Recuperación elástica. 5°C; %	ASTM D 6084	50				-.-		-.-	
Punto de Ablandamiento (anillo y bola). %	MTC E 307	45		50		60		60	
Pruebas en el residuo de película fina y rotatoria (1)									
Recuperación elástica 25°C, 10 cm do elongación; %	ASTM D 6084	60		60		60		60	
Penetración. 4°C. 200g. 60s; dmm	MTC E-304	20		15		13		10	
Separación, diferencia entre punto de ablandamiento (anillo y bola) de porción superior e inferior; °C	MTC E 307	≤10		≤10		≤10		≤10	

(*) Asfalto modificado con polímero tipo Elastómero

(1) Puede utilizarse el horno de película fina (no rotatoria), pero la película fina rotatoria será el método que defina en caso de discrepancia

Fuente: NTP 321.146 (2003)

(**) Opcionalmente se puede utilizar el método ASTM D 5546, para el caso de polímeros que no sean solubles con tricloroetileno

Tabla 431-02

Especificaciones del cemento asfáltico modificado con polímeros

Características		TIPO II (*)							
		II-A		II-B		II-C		II-D	
		min	max	min	máx	min	máx	min	max
Pruebas sobre el producto original									
Penetración, 25°C. 100g. 5s;dmm	MTC E-304	100		70		85		80	
Viscosidad, 60°C. 1 s-\ poise	MTC E-308	800		1.600		800		1.600	
Viscosidad. 135ºC, C; cSt	MTCE-310	300		300		300		300	
Ductilidad. 4°C. 5crn/min; cm	MTCE-306	50		50		25		25	
Punto de inflamación. COC, ºC	MTC E 303	232		232		232		232	
Recuperación elástica, 25ºC; %	ASTM D 6084	50		50		50		50	
Separación, diferencia entre punto de ablandamiento (anillo y bola) de porción superior e inferior; ºC	MTC E. 307 MTC E 319		3		3		3		3
Punto de Ablandamiento (anillo y bola):%	MTC E307	45		50		50		50	
Pruebas en el residuo de película fina y rotatoria (1)									
Ductilidad. 4°C. 5cm/min; cm	MTC E 306	25		25		10		10	
Viscosidad, 60°C. 1 s-\ poise	MTC E-308		4.000		8.000		4.000		8.000

(*) Asfalto modificado con polímero tipo Elastómero.

(1) Puede utilizarse indistintamente el horno de película fina (no rotatoria) u Horno de película fina rotatoria.

Fuente NTP 321.147 (2003)

Tabla 431-03

Especificaciones del cemento asfáltico modificado con polímeros

Características		TIPO IV (4)							
		IV-A		IV-B		IV-C		IV- D	
		min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el producto original									
Penetración, 25°C. 100g. 5s. dmm	MTC E-304	90		75		65		50	
Viscosidad absoluta 60ºC, poise	MTC E-308	1.250		4.000		2.500		6.000	
Viscosidad. 135°C. cSt	MTCE-310		3.000		3.000		3.000		3.000
Punto de inflamación. COC. °C	MTC E 303	232		232		232		232	
Solubilidad en tricloroetileno; % (**)	MTC E 302	99		99		99		99	
Separación, diferencia entre punto de ablandamiento (anillo y hola) de porción superior e inferior; °C	MTC E 307 MTC E 319		2,2		2,2		2,2		2,2
Recuperación elástica, 25ºC; %	ASTM D 6084	60		60		60		60	
Recuperación elástica. 5°C; %	ASTM D 6084	50		-.-		-.-		-.-	
Punto de Ablandamiento (anillo y bola), %	MTC E 307	50		50		50		50	
Pruebas en el residuo de película fina y rotatoria (1)									
Recuperación elástica 25°C, 10 cm de elongación; %	ASTM D 6084	60		70		60		70	
Penetración. 4°C. 200g. 60s; dmm	MTC E-304	20		20		15		15	
Separación, diferencia entre punto de ablandamiento (anillo y bola) de porción superior e inferior; ºC	MTC E 307	≤10		≤10		≤10		≤10	

(*) Asfalto modificado con polímero tipo Elastómero. Fuente NTP 321.149 (2003)

(1) Puede utilizarse indistintamente el horno de película fina (no rotatoria), pero la película fina rotatoria será el método que defina en discrepancias

(**) Opcionalmente se puede utilizar el método ASTM D 5546, para el caso de polímeros que no sean solubles con tricloroetileno

Tabla 431-04

Especificaciones del cemento asfáltico modificado con caucho

Características	Normas	TIPO 1		TIPO 2		TIPO 3	
		min	máx.	min	máx	min	máx.
Pruebas sobre el producto original							
Penetración, 25°C. 100g. 5s, dmm	MTC E-304	25	-	25		25	-
Penetración, 4°C. 200g. 60s, dmm	MTC E-304	10	-	15	-	25	-
Viscosidad Rotacional Brookfield a 175 °C , Cp (*)	ASTM D 2196	1500	-	1500	-	1500	-
Punto de inflamación. COC. ºC	MTC E 303	232	-	232	-	232	-
Punto de ablandamiento (anillo y bola) ; °C	MTC E 307	47	-	47	-	55	-
Recuperación elástica, 25ºC; %	ASTM D 6084	40	-	60	-	60	-
Resilencia , 25°C %	ASTM D 5329	25	-	**20**	-	**10**	-
Pruebas en el residuo de película fina y rotatoria (**)							
Penetración retenida, % de original. 4°C. 200g. 60s; dmm	MTC E-304	75	-	75	-	75	-

(*) Para modelos de LV, usar velocidad de 3 at 12 rpm.

(*) Para modelos y series de RV y HA, usar velocidad de 3 at 20 rpm.

(**) Para casos de controversial usar el residuo de película fina rotativa RTFOT (método ASTM D 2872).

Fuente: ASTM D 6114

El cemento asfáltico modificado con polímero deberá homogenizarse solamente mediante agitación manual al momento de preparar las muestras para ejecutar los diferentes ensayos.

El cemento asfáltico modificado no deberá calentarse a una temperatura superior a lo indicado por el proveedor, a fin de evitar posible daño al elastómero ó plastómero adicionado.

Todo cargamento de material bituminoso que llega a obra debe tener un certificado de control de calidad, con los resultados de ensayos especificados, además de traer la indicación clara del origen, tipo y cantidad del contenido.

El muestreo deberá realizarse según lo establecido en la norma MTC E-301.

Los rangos de temperatura de calentamiento del material bituminoso modificado, en obra, serán establecidos según recomendación del proveedor y especificaciones técnicas de cada proyecto.

Equipo

431.03

En adición a las consideraciones generales de la **Sección 415** que resulten aplicables, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

a. Vehículos de transporte

El transporte del cemento asfáltico modificado con polímeros desde la planta de producción a la planta mezcladora, deberá efectuarse en caliente y a granel, en carros termotanques con adecuados sistemas de calefacción y termómetros ubicados en sitios visibles.

Deberán estar dotados, además, de los medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Antes de cargar los termotanques, se debe examinar el contenido y remover todo el remanente de transportes anteriores, que puedan contaminar el material. Las válvulas de abastecimiento deben llevar un precinto de seguridad del proveedor.

b. Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento asfáltico modificado con polímeros, antes de su uso, se realizará en tanques con dispositivos de

calentamiento que permitan mantener la temperatura necesaria del asfalto para su mezcla con los agregados. Los tanques de almacenamiento deben ser destinados para un determinado tipo de producto asfáltico, que debe estar identificado con una inscripción en el tanque que así lo indique.

c. Protección al personal

Es necesario dotar con elementos de seguridad al personal de obra tales como mascarillas, cascos, guantes, y otros que sean necesarios y aprobados por el Supervisor, a fin de evitar sean afectados por la emisión de gases tóxicos así como por las probables quemaduras que pueda ocurrir al realizar estas actividades.

d. Elementos de seguridad

Se debe disponer para el personal de obra un botiquín, y un extintor de manera tal que pueda ser accesible y utilizado de manera fácil.

En cuanto a acciones ambientales para el manejo del material bituminoso modificado, la hoja de seguridad deberá ser suministrada por los proveedores y/o fabricantes así como aspectos de control en resguardo del medio ambiente (manejo de residuo).

Incorporación del producto

431.04

La incorporación del cemento asfáltico modificado con polímeros, en los pavimentos bituminosos correspondientes se hará de acuerdo al diseño y fórmula de trabajo aprobados.

La adición del producto a emplearse se efectuará mediante el procedimiento establecido en el Proyecto o aprobado por el Supervisor, debiendo garantizarse la distribución homogénea en la mezcla.

Aceptación del producto

431.05

a. Controles

El Contratista cumplirá lo siguiente:

- Será responsable por la calidad de los asfaltos modificados suministrados.
- Se encargará de la provisión, transporte, almacenamiento y manejo de los productos a ser usados.

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Tomará muestras para los ensayos y pruebas indicadas en las **Tablas 431-01**, **431-02**, **431-03** y **431-04.**
- Exigirá un certificado de calidad del producto, así como la garantía del fabricante de que el producto cumple las especificaciones establecidos en el Proyecto.
- Verificará el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento.
- Verificará que durante el vaciado de los termotanques no se lleven a cabo manipulaciones que puedan afectar la calidad del producto.
- Verificará que el calentamiento del asfalto modificado con polímeros, antes de su mezcla con los agregados pétreos, impida la oxidación prematura del producto y se ajuste a las exigencias del Proyecto.

Medición

431.06

La unidad de medida del cemento asfáltico modificado con polímeros, será el kilogramo (kg), incorporado en la mezcla en caliente, aprobada por el Supervisor.

Pago

431.07

El cemento asfáltico modificado con polímeros no se pagará en forma independiente, será incluido en el precio unitario de la partida correspondiente.

SECCION 432

EMULSIÓN ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMEROS

SECCIÓN 432

Emulsión asfáltica modificada con polímeros

Descripción

432.01

Es un producto bituminoso compuesto por material cemento asfáltico, agente emulsivo y agua, con adición de polímeros, que al ponerse en contacto con el material pétreo produce un desequilibrio que ocasiona su rotura, llevando las partículas del asfalto a adherirse a la superficie del material pétreo, que pueden ser utilizados en riegos de imprimación y liga, sellos de arena-asfalto, tratamientos superficiales, micropavimentos, morteros asfálticos y mezclas abiertas en frio.

Materiales

432.02 Material bituminoso

Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros se definen como dispersiones de pequeñas partículas de un ligante hidrocarbonado y de un polímero en una solución de agua y un agente emulsificante de carácter catiónico, lo que determina la denominación de la emulsión. Las emulsiones asfálticas se fabrican a base de cemento asfáltico modificado con polímeros de los definidos en la **Sección 431** o a base de un cemento asfáltico de los definidos en la **Sección 415.02(b)** más un polímero, agua, emulsificantes y, en su caso, fluidificantes.

Las emulsiones asfálticas modificadas con polímeros deberán presentar un aspecto homogéneo y una adecuada dispersión del cemento asfáltico en la fase acuosa.

De acuerdo con su denominación, las características de las emulsiones bituminosas modificadas con polímeros deberán cumplir las especificaciones de la **Tabla 432-01.**

Tabla 432-01

Especificaciones para Emulsiones Asfálticas Catiónicas con Polímero

Tipo		Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta	
Grado	Norma	CRS-1P		CRS-2P		CMS-1P		CMS-2hP		CSS-1P	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Prueba sobre Emulsiones: - Viscosidad Saybolt Furol a (25ºC), s	MTC E 403	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-	20	100
- Viscosidad Saybolt Furol a (50ºC), s		20	-.-	20	-.-	20	-.-	20	-.-	-.-	-.-
- Estabilidad de Almacenamiento, 24 h%	MTC E 404	-.-	1	-.-	1	-.-	1	-.-	1	-.-	1
Carga de partícula	MTC E 407	Positivo									
Residuo de Evaporación. %	MTC E 411	60		65		59		57		60	
Sedimentación (a los 7 días), %	MTC E 404		5		5		5	-	5		5
Prueba de Tamiz, %	MTC E 405	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10
Mezcla con cemento, %	MTC E 410										2
Revestimiento y Resistencia al agua: - Revestimiento, agregado seco - Revestimiento, agregado seco después del rociado - Revestimiento, agregado húmedo - Revestimiento, agregado húmedo después del rociado	MTC E 409					 Bueno Aceptable Aceptable Aceptable		 Bueno Aceptable Aceptable Aceptable			
Pruebas sobre el Residuo de Evaporación:	MTC E 411										
- Penetración, 25ºC, 100 g, 5s	MTC E 304	100[(a)] 50[(a)]	200[(a)] 90[(a)]	100[(a)] 50[(a)]	200[(a)] 90[(a)]	100	220	40	90	100 50[(a)]	150 90[(a)]
- Punto de ablandamiento (A y B), ºC	MTC E 307	45		45		40		40		45	
-Ductilidad, 5ª C, 5 cm/min, cm	MTC E 306	≥ 10									
-Recuperación elástica, 25º C, %	ASTM D 6084	≥ 30									
-Recuperación elástica, 25 ºC, por torsión, %	MTC E 320	≥ 30									

Nota: [(a)] En función a las condiciones climáticas del proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-90 ó 100-200 ó 100-150).

Fuente: ASTM D 2397, NTP 321.141 y AASHTO T316

Equipo

432.03

En adición a las consideraciones generales que resulten aplicables a la Sección 415, deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

a. Vehículos de transporte

El transporte de la emulsión asfáltica modificada desde la planta de fabricación hasta el sitio de mezcla y colocación se realizará a granel, en camión cisterna que no requieren aislamientos térmicos ni calefacción. Estarán dotados de medios mecánicos que permitan el rápido traslado de su contenido a los depósitos de almacenamiento. Deberán disponer de un elemento adecuado para la toma de muestras.

Antes de cargar los vehículos, se debe examinar su contenido y remover todo el remanente de transportes anteriores que puedan contaminar el material.

b. Depósitos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera la emulsión asfáltica modificada, antes de su uso, se realizará en uno o varios tanques adecuadamente aislados entre sí, con tubería de fondo para carga y descarga, las cuales deberán encontrarse en posiciones diametralmente opuestas.

Los tanques tendrán bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y contarán con los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento. También dispondrán de un elemento adecuado para la toma de muestras.

Deberán, además, estar provistos de elementos que permitan la recirculación de la emulsión, cuando ésta se deba almacenar por tiempo prolongado.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, los camiones cisterna empleados para el transporte de la emulsión asfáltica modificada con polímeros deberán estar dotados de medios neumáticos o mecánicos apropiados para el trasvase rápido de su contenido a los tanques. Cuando se empleen bombas de trasvase, se preferirán las de tipo rotativo a las centrífugas. El trasvase desde el camión cisterna se realizará siempre por tubería directa.

Todas las tuberías y bombas utilizadas para el trasvase de la emulsión asfáltica, desde la cisterna de transporte al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deberán estar dispuestas de modo que se puedan limpiar fácil y perfectamente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

Incorporación del producto

432.04

La incorporación de la emulsión asfáltica modificada con polímeros, en los pavimentos bituminosos correspondientes se hará de acuerdo al diseño y fórmula de trabajo aprobados.

La adición del producto a emplearse se efectuará mediante el procedimiento establecido en el Proyecto o aprobado por el Supervisor, debiendo garantizarse la distribución homogénea en la mezcla.

A la llegada de cada camión cisterna al sitio de los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor una certificación expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo de velocidad de rotura, así como los resultados de ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega. Dicha constancia no evitará en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Supervisor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. En todo caso, el Supervisor, rechazará la emulsión asfáltica modificada con polímeros que no cuente con la certificación del fabricante.

El Supervisor deberá comprobar, los sistemas de trasporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar a la calidad del material y ordenará la suspensión de la utilización del contenido del camión cisterna, mientras realiza las comprobaciones de las características de calidad de la emulsión asfáltica modificada con polímeros.

Además de lo anteriormente establecido, el Supervisor llevará a cabo los ensayos necesarios para la comprobación de las características especificadas en la **Tabla 431-01**.

El empleo de la emulsión asfáltica modificada con polímeros en la elaboración de riegos de liga, tratamientos superficiales, micropavimentos, morteros

asfálticos y mezclas abiertas en frio, se hará conforme se establece en la especificación correspondiente a la partida de trabajo de la cual formará parte.

Aceptación del producto

432.05 Criterios

El Supervisor realizará los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro de la emulsión asfáltica modificada con polímeros, el Contratista cumpla con las normas vigentes sobre seguridad industrial, almacenamiento, transporte y protección ambiental.
- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento de la emulsión asfáltica modificada con polímeros.
- Verificar que durante el vaciado de los camiones cisterna, se efectué sin afectar la calidad del producto, cumpliendo con todas las normas de seguridad industrial y ambiental.

432.06 Controles y tolerancias del producto

Al respecto, el Supervisor realizará las siguientes verificaciones:

- Comprobar, mediante muestras representativas de cada entrega, el tipo de emulsión, su contenido de asfalto residual y sobre el residuo de evaporación se hará la determinación de su penetración, punto de ablandamiento y recuperación elástica por torsión. Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se rechazará el producto y los trabajos que eventualmente se hubiesen fabricado con él.
- Comprobar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo 3 veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de 3 meses, todos los ensayos necesarios para verificar las características especificadas en la **Tabla 432-01**.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de emulsión asfáltica modificada con polímeros incorporada en riegos de liga, tratamientos superficiales, micropavimentos, morteros asfálticos y mezclas abiertas en frio.

En el desarrollo de las 2 primeras actividades no se admitirá ninguna tolerancia en relación con los límites que se establecen en la **Tabla 432-01** o en la especificación especial del Proyecto y en cuanto a la tercera, se aplicará lo que recomiende la especificación correspondiente a la partida de trabajo que se esté controlando.

Si la emulsión se ha almacenado durante un plazo superior a 15 días antes de su empleo, se deberán realizar determinaciones del contenido de asfalto residual y tamizado sobre muestras representativas de las partes superior e inferior de la emulsión almacenada. En caso de que no se cumpla lo establecido para estas características en la **Tabla 432-01**, se procederá a su homogenización y realización de nuevos ensayos y si los resultados de estos últimos no resultan satisfactorios, la emulsión será rechazada.

Medición

432.07

La unidad de medida de la emulsión asfáltica será el litro (l), aproximado al decímetro cúbico completo de emulsión asfáltica modificada con polímeros aplicada en mezclas ejecutadas y aprobadas por el Supervisor.

Pago

432.08

La emulsión asfáltica modificada con polímeros no se pagará en forma independiente, será incluido en el precio unitario de la partida correspondiente.

SECCION 433

PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO CON MEZCLAS POROSAS

SECCIÓN 433

Pavimento de concreto asfáltico con mezclas porosas

Descripción

433.01

Este trabajo consistirá en la fabricación de mezclas asfálticas drenantes y su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

433.02 Agregados pétreos y filler o relleno mineral

Los agregados pétreos deberán satisfacer los requisitos de calidad indicados en la **Subsección 415.02(a).**

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable, bajo las condiciones más desfavorables. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Contratista, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar.

El equivalente de arena que se exige en la **Tabla 423-02** será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el filler o relleno mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta mezcladora. En caso de que no cumpla este valor mínimo, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es

superior a 40% y, simultáneamente, el valor de azul de metileno determinado según la norma AASHTO TP 57, determinado es inferior a 10.

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder del 20% de la masa total del agregado combinado.

El filler o relleno mineral estará compuesto por los materiales y cumplirá los requisitos y características indicadas en la **Sección 429.**

El conjunto de agregado grueso, agregado fino y filler o relleno mineral deberá ajustarse a la gradación indicada en la **Tabla 433-01.**

Tabla 433-01

Granulometría agregados mezcla drenante

Tamiz		Porcentaje que pasa
19,0 mm	(3/4")	100
12,5 mm	(1/2")	70-100
9,5 mm	(3/8")	50-75
4,75 mm	(N.º 4)	15-32
2,00 mm	(N.º 10)	9-20
425 µm	(N.º 40)	5-12
75 µm	(N.º 200)	3-7

Tabla 453.1 Norma INV-07

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Contratista deberá dar lugar a una curva granulométrica sensiblemente paralela a los límites de la franja, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

433.03 Material bituminoso

El material bituminoso para elaborar la mezcla porosa será cemento asfáltico convencional o modificado con polímeros que corresponda con los tipos I o II de la **Tabla 431-01**. El tipo por utilizar, será el indicado en el Proyecto.

433.04 Mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

En caso de que no se cumplan los requisitos de adhesividad, se incorporará un producto mejorador de adherencia suministrados por el Contratista y aprobado por el Supervisor.

El producto agregado no deberá producir ningún efecto nocivo a los agregados, al material asfáltico o a la mezcla.

Equipo

433.05

Se aplica todo lo indicado en la **Subsección 415.03.** En relación con el detalle del equipo necesario para la ejecución de los trabajos, se tendrá en cuenta lo que se indica a continuación.

433.06 Equipo para la elaboración de los agregados triturados

Se aplica lo indicado en la **Subsección 423.03(a).**

433.07 Planta mezcladora

Se aplica lo indicado en la **Subsección 423.03(b).**

433.08 Equipo para el transporte de agregados y mezclas

Se aplica lo indicado en la **Subsección 423.03(c).**

433.09 Equipo para la transferencia de la mezcla

Este equipo, cuyo empleo es de carácter opcional, tiene por finalidad reducir la segregación y transferir la mezcla de los volquetes a la tolva de la máquina pavimentadora, sin que los volquetes entren en contacto con ésta, ni circulen sobre superficies con riegos de imprimación o liga.

433.10 Equipo para el esparcido de la mezcla

Se aplica lo indicado en la **Subsección 423.03(d).**

433.11 Equipo de compactación

Se aplica lo indicado en la **Subsección 423.03(e).**

433.12 Equipo accesorio

Estará constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante la extensión de la mezcla, termómetros, etc.

Requerimientos de construcción

433.13 Elaboración y aprovisionamiento de agregados y explotación de materiales

En la explotación de materiales y elaboración de agregados, se tendrá en cuenta lo indicado en la **Subsección 415.04.**

En cuanto al aprovisionamiento de los agregados, se suministrarán fraccionados y se manejarán separados hasta su introducción en las tolvas en frío. El número de fracciones deberá ser tal, que sea posible, con la instalación que se utilice, cumplir las tolerancias exigidas en la granulometría de la mezcla. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación. En el caso de plantas asfálticas del tipo tambor secador–mezclador no se permitirá, por ningún motivo, realizar una predosificación de las fracciones de agregados antes de su vertido a las tolvas de agregados en frío.

Cada fracción del agregado se acopiará separada de las demás, para evitar contaminaciones cruzadas. Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los 15 cm inferiores de los mismos. Los acopios se construirán por capas de espesor no superiores a 1,5 m, y no por montones cónicos. Las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro, los agregados se acopiarán por separado, hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un agregado.

433.14 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Se ha de tener en cuenta todo lo que resulte aplicable de la **Subsección 415.05**

Las mezclas porosas se diseñarán a partir de probetas cilíndricas tipo Marshall, confeccionadas como se describe en la norma de ensayo MTC E 515. Las temperaturas de mezcla y compactación dependerán de las características del material bituminoso que se emplee y se definirán en cada caso particular durante la etapa de diseño. La temperatura de elaboración de la mezcla deberá ser tal, que se obtenga una adecuada envuelta del agregado, sin que se produzcan escurrimientos del material bituminoso.

El contenido óptimo de material bituminoso en la mezcla se deberá elegir de manera que se cumplan los siguientes criterios:

- Los vacíos con aire de la mezcla compactada, medidos como se indica en la norma MTC E 505, no deberán ser inferiores al 20%, ni mayores del 25%.
- Para asegurar que los vacíos con aire, estén debidamente interconectados, se realizará una prueba de permeabilidad. La capacidad de drenaje se mide colocando 100 cm^3 de agua en un molde conteniendo la probeta prehumedecida. El tiempo que tarde el agua en atravesar la muestra no deberá exceder de 15 segundos.
- Las pérdidas por desgaste a 25ºC, determinadas de acuerdo con el procedimiento descrito en el ensayo MTC E 515, no deberán ser superiores al 25%.
- La dosificación del material bituminoso no podrá ser inferior al 4,5%, respecto del peso seco de los agregados, incluido el filler o polvo mineral.
- Se deberá comprobar además, la adhesividad entre el agregado y el material bituminoso, caracterizando la mezcla en presencia de agua. Al efecto, la perdida por abrasión en el ensayo Cántabro (MTC E 515), tras ser sometidas las probetas a un proceso de inmersión durante 24 horas a 60ºC, no podrá exceder del 40%. Si se supera este valor, se deberá mejorar la adhesividad mediante un aditivo mejorador de adherencia.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio, se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante la ejecución del tramo de prueba. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía alguno de los componentes de la mezcla o se rebasan de manera frecuente las tolerancias granulométricas establecidas en esta Sección, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

433.15 Preparación de la superficie existente

No se permitirá el esparcido de la mezcla porosa mientras el Supervisor no certifique que la capa sobre la cual se va a colocar, es estructuralmente sana y que su superficie es impermeable y presenta una sección transversal apropiada.

No se permitirá el esparcido de mezclas porosas directamente sobre superficies fresadas.

El esparcido de la mezcla porosa requiere la aplicación de un riego previo de liga, empleando una emulsión asfáltica convencional o modificada con polímeros, el cual se realiza según lo establece la **Sección 417.**

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie. Si hubiera transcurrido mucho tiempo desde la aplicación del riego, se comprobará que su capacidad de liga con la mezcla no se haya mermado en forma perjudicial; si ello ha sucedido, el Contratista deberá efectuar un riego de liga adicional, a su costo, en la cuantía que fije el Supervisor.

433.16 Tramo de pruebas

Rige lo que corresponda de la **Subsección 415.06.** Las temperaturas de esparcido y compactación tienen especial importancia en el comportamiento de estas mezclas, razón por la cual se debe tener especial cuidado en su definición durante la ejecución de los tramos de prueba y aprobación de la formula de trabajo.

Así mismo, se deberá analizar la correspondencia entre el contenido de vacíos con aire de la mezcla compactada y la permeabilidad de la capa, medida según el ensayo MTC E 516.

433.17 Elaboración de la mezcla

Según lo indicado en la **Subsección 423.10.**

433.18 Trasporte de la mezcla

Según lo indicado en la **Subsección 423.11.**

433.19 Esparcido de la mezcla

Según lo indicado en la **Subsección 423.12**.

433.20 Compactación de la mezcla.

Se tendrá en cuenta lo que resulte aplicable de la **Subsección 423.13**, para la compactación de las mezclas asfálticas en caliente.

433.21 Juntas de trabajo

Las juntas de trabajo de las mezclas porosas deberán permitir siempre el libre flujo de agua a través de la capa compactada. Por ningún motivo se permitirá la aplicación de un riego de liga sobre la superficie de contacto entre las dos franjas.

Las juntas transversales en la capa de rodadura porosa se deberán construir en forma diagonal, con el punto más avanzado en la parte más alta de la franja que se compacta, de tal forma que si la junta forma una barrera, la pendiente permita la salida del agua hacia el exterior.

433.22 Apertura al tránsito

Alcanzando el nivel de compactación exigido, el tramo pavimentado se podrá abrir al tránsito tan pronto como la capa alcance la temperatura ambiente en todo su espesor.

433.23 Limitaciones climáticas

Las mezclas porosas se colocarán únicamente cuando la base a tratar se encuentre seca, la temperatura ambiental sea superior a 6ºC y no haya precipitaciones pluviales.

433.24 Reparaciones

Se aplica lo establecido en la **Subsección 418.14.**

Aceptación de los trabajos

433.25 Criterios

a. Controles

Lo que resulte aplicable de la **Subsección 415.07(a).**

La toma de muestras para la ejecución de los diferentes ensayos de control, se realizará de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 201 para agregados pétreos, MTC E 301 para materiales bituminosos y MTC E 501 para mezclas asfálticas.

b. Calidad del cemento asfáltico

A la llegada del termotanque con cemento asfáltico convencional o modificado con polímeros al sitio de los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor una certificación expedida por el fabricante del producto, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo de asfalto, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega.

El Supervisor rechazará los suministros de material asfáltico que no encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Además, el Supervisor efectuará los siguientes controles:

1. Comprobar mediante muestras representativas de cada entrega la penetración y recuperación elástica por torsión en el caso del asfalto modificado con polímeros. En todos los casos, guardará una muestra para eventuales ensayos posteriores de contraste, cuando el Contratista o el proveedor manifiesten inconformidad con los resultados iniciales.
2. Efectuar con la frecuencia de la **Tabla 423-13,** controles de las demás características descritas en la **Tabla 431-01.**
3. Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento asfáltico incorporado en las mezclas que haya aceptado.

En todos los caso, se guardará una muestra para ensayos posteriores de contraste, cuando el Contratista o el fabricante muestren inconformidad con los resultados iniciales.

c. Calidad de los agregados pétreos y del filler o polvo mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro muestras y a cada fracción de ellas se les deberá realizar los ensayos que sean pertinentes que se encuentran indicados en la **Tabla 433-02.**

Tabla 433-02

Requisitos de los agregados pétreos para mezcl

		Ensayo	Requerimiento		
			Bajo Tránsito	Tránsito Medio	Alto Tránsito
Desgaste de Los Ángeles		MTC E 207	35% máx.	35% máx.	35% máx.
Desgaste Micro-Deval		ASTM D 7428	-	30% máx.	25% máx.
10% de fino (KN)	Seco		-	-	90% min.
	Relación Húm/seco		-	-	75% min.
Pérdidas en ensayos de solidez	Sulfato de sodio	MTC E 209	12% máx.	12% máx.	12% máx.
	Sulfato de magnesio		18% máx.	18% máx.	18% máx.
Partícula fracturadas mecánicamente (agregado grueso) % mínimo 1 cara/2caras		MTC E 210	60/-	75/60	75/-
Partículas planas y alargadas		MTC E 221	10 % máx.	10% máx.	10% máx.
Contenido de impurezas (Agregado grueso)		UNE 14613	0,5% máx.	0,5% máx.	0,5% máx.
Adhesividad (Stripping)			95% máx.	95% máx.	95% máx.

Tablas 400.01(a), 400.01(b) y 400.01(c) Norma INV-07

Así mismo, para cada procedencia de filler o polvo mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán dos muestras y sobre ellas se determinará la densidad aparente.

Los resultados de estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en la **Subsección 415.02(a)**

Los materiales producidos deben ser acopiados y manipulados con los cuidados correspondientes a fin de evitar su contaminación con tierra vegetal, materia orgánica u otros, de ocurrir tal hecho, serán rechazados por el Supervisor.

Además, efectuará las verificaciones de calidad indicadas en la **Tabla 423-01** y **423-02** para los agregados grueso y fino.

Si existe incorporación independiente del filler o polvo mineral, sobre él se efectuarán las siguientes determinaciones:

- Densidad aparente, al menos una vez a la semana y cada vez que se cambie la procedencia del filler o polvo mineral.
- Granulometría, una prueba por suministro.

En ningún caso se permitirá el empleo de minerales que no satisfagan los requisitos de la **Subsección 415.02(a).**

d. Composición de la mezcla

A la salida del mezclador o del silo de almacenamiento, sobre cada vehículo de transporte, el Supervisor controlará la temperatura de la mezcla. Rechazará todas las mezclas segregadas, carbonizadas, o sobrecalentadas, así como las mezclas con espuma, aquellas cuya envuelta no sea homogénea y las que presenten indicios de humedad o de contaminación por combustible. En este último caso y cuando la planta sea de tipo discontinuo, se deberán retirar los agregados de las correspondientes tolvas en caliente.

1. Contenido de asfalto

Por cada jornada de trabajo se tomará un mínimo de 2 muestras y se considerará como lote, el tramo constituido por un total de cuando menos 6 muestras, las cuales corresponderán a un número entero de jornadas.

Sobre estas muestras se determinará el contenido de asfalto residual según lo descrito en la norma de ensayo MTC E 502.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART %) tendrá una tolerancia del 0,3%, respecto del óptimo definido en la formula de trabajo (ARF %).

$$ARF\ \% - 0{,}3\ \% \leq ART\ \% \leq ARF\ \% + 0{,}3\ \%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI %), no podrá diferir del valor promedio (ART %) en más del 0,5%, admitiéndose un solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\ \% - 0{,}5\ \% \leq ARI\ \% \leq ART\ \% + 0{,}5\ \%$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART %) fuera de la tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica rechazo del tramo.

2. Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados.

La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la **Tabla 433-03**.

Tabla 433-03

Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas porosas

Tamiz	Tolerancia en puntos de % sobre el peso seco de los agregados
9,50 mm (3/8") y mayores	± 4
4,75 mm (n.º. 4) 2,00 mm (n.º 10) 425 µm (n.º 40)	± 3
75 µm (n.º 200)	± 1

Tabla 453.2 Norma INV-07

e. Calidad de la mezcla

1. Resistencia

Con un mínimo de 2 muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (3 por muestra), para el ensayo Cántabro (MTC E 515)

Con tres de las probetas se medirá la pérdida por abrasión en seco y con las otras 3 se determinará la perdida por abrasión después de un período de inmersión en agua a 60ºC durante 24 horas.

Los valores promedio de pérdida en ambos grupos deberán satisfacer los criterios descritos en la **Subsección 433.14**. Ninguna de las probetas podrá presentar una pérdida mayor del 20% de la máxima admisible para cada grupo.

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras.

2. Vacíos con aire

Las probetas que van a ser utilizadas para la verificación de la resistencia, se determinará previamente los vacíos con aire. El valor promedio de los vacíos con aire de las 6 probetas no podrá diferir en más de 2 puntos porcentuales (±2%) del definido al establecer las fórmulas de trabajo y, simultáneamente, se deberá encontrar en el rango que se establece en la **Subsección 433.14**, sin que ningún valor individual se pueda salir de él en más de 3 puntos porcentuales (±3%).

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras.

f. Calidad del trabajo terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada por el Supervisor. La cota de cualquier punto de la mezcla porosa compactada, no deberá variar en más de 10 mm de la proyectada.

g. El Supervisor deberá efectuar las siguientes verificaciones:

1. Compactación

Las verificaciones de la compactación de la capa se realizarán en una proporción de cuando menos 5 por lote. Los sitios para las mediciones se elegirán de acuerdo con el Anexo N.º 1 "Proceso Aleatorio para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo al azar".

El porcentaje promedio de vacíos con aire en la mezcla no podrá variar en más de 3 puntos porcentuales (±3%) del obtenido en la fórmula de trabajo, y simultáneamente, se deberá encontrar en el rango que se establece en la **Subsección 433.14.** Además, no más de 3

especímenes del lote ensayado podrán presentar valores que difieran en más de ±4% del obtenido al establecer la fórmula de trabajo.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del tramo por el Supervisor.

2. Espesor

Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, el Supervisor determinará el espesor medio de la capa compactada (em), el cual no podrá ser inferior al de diseño (ed):

$$em \geq ed$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (ei), deberá ser, cuando menos, igual al 90% del espesor de diseño, admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite:

$$ei \geq 0{,}9 * ed$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del tramo por parte del Supervisor.

3. Uniformidad de la Superficie

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores de 5 mm en capas de rodadura o 10 mm en capas de base o intermedias y bacheos. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

4. Textura

Las medidas de textura se realizarán antes de la puesta en servicio de la capa, empleando el método de ensayo descrito en la norma MTC E 1005.

El número mínimo de puntos a controlar por lote será de 3, que se ampliarán a 5 si la textura obtenida en uno de los 3 primeros es inferior a la especificada. Los sitios para las mediciones se elegirán de acuerdo con el **Anexo Nº.1** "Proceso Aleatorio para seleccionar la

ubicación de puntos de muestreo al azar". Después de 10 lotes consecutivos aceptados, el Supervisor podrá reducir la frecuencia de los ensayos.

La profundidad promedio de textura de tramo no podrá ser menor de 1,5 mm, sin que ningún valor individual sea inferior en más del 20% al promedio mínimo exigido.

El incumplimiento de alguno de estos requisitos implica el rechazo del tramo.

5. Resistencia al deslizamiento

Una vez transcurridos, como mínimo, 30 días de la puesta en servicio de la capa de mezcla porosa, se harán las determinaciones de la resistencia al deslizamiento.

Debido a que este parámetro se encuentra relacionado directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación no se elegirán al azar, sino que serán ubicados por el Supervisor en los lugares que considere más sensibles al deslizamiento de los vehículos en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizarán con el péndulo británico, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 1004 en 3 puntos por tramo en zonas en tangente y en uno por cada curva horizontal y por cada zona singular (plazoleta, intersección, zona de frenado, etc.) incluida dentro del tramo, y ninguna de las cuales podrá presentar un valor inferior de 0,55 para las zonas en tangente y 0,60 para las demás zonas.

En caso de que se presenten valores menores, el Supervisor indicará las medidas adicionales para delimitar perfectamente el área deficiente, la cual deberá ser reconstruida por el Contratista, a su costo.

Se permite el empleo de otros dispositivos para verificar la resistencia al deslizamiento. En tal caso, la especificación especial indicará el equipo aprobado, así como los valores mínimos por alcanzar.

6. Rugosidad

La rugosidad de la superficie de rodadura será medida y aprobada por el Supervisor, para lo cual, por cuenta y cargo del Contratista, deberá determinarse en unidades IRI.

Para la determinación de la rugosidad podrán utilizarse métodos topográficos, rugosímetros, perfilómetros o cualquier otro método aprobado por el Supervisor.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se harán en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores del IRI se presentarán en m/km, por tramos de 5 km, registrando mediciones cada 100 m, cumpliendo los valores de la **Tabla 433-04**, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de rugosidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, etc., los cuales serán definidos por el Supervisor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder con la determinación del IRI.

Si los resultados del IRI exceden los límites especificados en la **Tabla 433-04** el tramo correspondiente será rechazado.

7. Segregación térmica

El Contratista deberá entregar al Supervisor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de esparcido y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciadas.

Estas fotografías, serán incluidas en el informe final y servirán a la entidad contratante como antecedente técnico si se presentan deterioros de la capa de mezcla porosa durante el período de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción.

Todas las áreas de la mezcla porosa colocada y compactada, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser demolidas y reconstruidas por el Contratista, a su costo, de acuerdo con las instrucciones y aprobación del Supervisor.

8. El Supervisor así mismo deberá efectuar los controles de los materiales de acuerdo a las frecuencias y ensayos indicados en la **Tabla 433-05.**

Tabla 433-04

Valores de Rugosidad Admisible IRI (m/km) según tipo de Carretera

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante Periodo de Servicio IRI (m/km)	Observación
Autopistas: IMDA>6000 veh./día, de calzadas separadas, c/u con 2 o + carriles.	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 98%
Carreteras Duales o Multicarril: IMDA entre 6000 y 4001 veh./día, de calzadas separadas, c/u con 2 o + carriles.	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: IMDA entre 4000 y 2001 veh./día, de una calzada de 2 carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: IMDA entre 2000 y 401 veh./día, de una calzada de 2 carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: IMDA entre 400 y 201 veh./día, de una calzada de 2 carriles.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: IMDA ≤ 200 veh./día, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una confiabilidad de 85%

Tabla 433-05

Ensayos y frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	200 m^3	Tolva en frío
	Plasticidad	MTC E 110	200 m^3	Tolva en frío
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	500 m^3	Tolva en frío
	Equivalente arena	MTC E 114	1.000 m^3	Tolva en frío
	Partículas planas y alargadas	MTC E 221	500 m^3	Tolva en frío
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	1.000 m^3	Tolva en frío
	Angularidad del agregado fino	MTC E 222	1.000 m^3	Tolva en frío
	Perdida en sulfato de magnesio	MTC E 209	1.000 m^3	Tolva en frío
	Azul de metileno	AASHTO TP 57	1.000 m^3	Tolva en frío
Mezcla Asfáltica	Contenido de Asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista/planta
	Granulometría			
	Ensayo Marshall	MTC E 504	2 por día	Pista/planta
	Temperatura	-	Cada volquete	Pista/planta
	Densidad	MTC E 506, MTC E 508 y MTC E 510	1 cada 250 m^2	Pista compactada
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m^2	Pista compactada
	Resistencia al deslizamiento	MTC E 1004	1 por día	Pista compactada
	Adherencia	MTC E 519	1.000 m^3	Pista/planta
Cemento Asfáltico	Según 433.03		$\sqrt{n}$ (*)	Tanques Térmicos al llegar a obra

(*) n representa el número de tancadas de 30.000 l de cemento asfáltico requeridos en la obra.

Medición

433.26

Se aplica lo descrito en la **Subsección 415.08.**

Pago

433.27

Se aplica lo descrito en la **Subsección 415.10.**

Partida de pago	Unidad de pago
433.A Pavimento de concreto asfáltico con mezclas porosas	Metro cúbico (m^3)

SECCION 434

PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO CON MEZCLAS STONE MASTIC ASPHALT (SMA)

SECCIÓN 434

Pavimento de concreto asfáltico con mezclas Stone Mastic Asphalt (SMA)

Descripción

434.01

Este trabajo consistirá en la fabricación de mezclas asfálticas Stone Mastic Asphalt (SMA) y su colocación en una o más capas sobre una superficie debidamente preparada e imprimada, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Utilizada principalmente en rutas de elevado tránsito, tránsito pesado y zonas de pendiente fuerte, entre otros.

La particularidad de esta mezcla asfáltica consiste en revestir y aglutinar con un mortero rico en ligante una gran cantidad de grava triturada, de bajo desgaste y a prueba de impacto, que aseguran una vida útil muy prolongada para este tipo de construcción. La elevada dosis de ligante asfáltico empleada en esta mezcla, del orden de 6,5 a 8,0 % en peso, requiere la adición de una fibra de celulosa para evitar el escurrimiento y la exudación de la mezcla puesta en el terreno.

Materiales

434.02

Los materiales a utilizar serán los que se indican a continuación:

a. Agregados gruesos

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica apreciable bajo las condiciones más desfavorables que se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a

estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

Los agregados deberán clasificarse y acopiarse separadamente en zonas habilitadas especialmente para este efecto, de manera que no produzca contaminación ni segregación de los materiales, en al menos tres fracciones: grava, fino y polvo mineral (filler).

El Contratista, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que exigen en estas especificaciones.

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.02(a).** Los agregados gruesos, deben cumplir además con los siguientes, indicado en la **Tabla 434-01.**

Tabla 434-01

Requerimientos para los agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		=< 3.000	> 3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	15% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	25% máx.	20% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	-
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	25% máx.	15% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	100/90	100/90
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción	MTC E 206	2,0% máx.	1,0% máx.

* La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

b. Agregados finos

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. Se aplica lo que es válido al respecto de la **Subsección 415.02(a).**

Adicionalmente deberá cumplir con los requerimientos de la **Tabla 434-02.**

Tabla 434-02

Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		=< 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	15% máx.	15% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

c. Gradación

Las distintas fracciones de agregados, incluyendo el relleno mineral (filler), deberán combinarse en proporciones tales que la mezcla resultante cumpla con alguna de las bandas granulométricas especificadas en la **Tabla 434-03.**

Las determinaciones se efectuaran de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 204.

Tabla 434-03

Granulometría para Mezclas Stone Mastic Asphalt

Tamiz		Porcentaje que pasa			
		Tamaño máximo 20 mm	Tamaño máximo 12,5 mm	Tamaño máximo 10 mm	Tamaño máximo 5 mm
25,0 mm	1"	100	-	-	-
19,0 mm	¾"	90-100	100	-	-
12,5 mm	½"	45-60	90-100	100	-
9,5 mm	3/8"	30-45	60 máx.	90-100	-
6,3 mm	¼"	-	-	-	100
4,75 mm	N.° 4	20-25	30-40	26-60	90-100
2,5 mm	N.° 8	16-23	20-27	20-28	30-40
75 µm	N.° 200	9-13	9-13	9-13	9-13

d. Fibras de celulosa

Es uno de los componentes que forman parte del mastic, junto con el material asfáltico y el filler.

Se debe presentar un certificado de calidad del producto antes de su uso y durante la obra.

e. Filler mineral

El filler o polvo mineral podrá proceder de la trituración de los agregados o aportarse como producto comercial o especialmente preparado para este fin. La proporción de polvo mineral de aporte se fijará en las especificaciones especiales del Proyecto.

En el caso de usar filler, se deben realizar ensayos de densidad aparente en tolueno y en tricloroetileno (ASTM D 546 y ASTM D 854).

f. Cemento asfáltico

Como material bituminoso se usará cemento asfáltico, cuyo grado deberá definirse en función de las condiciones de clima, tránsito y estructura del Proyecto. Deberá cumplir con las especificaciones de las mezclas asfálticas en caliente y además se deberá proporcionar la siguiente información:

- Punto de Ablandamiento.
- Perfil de viscosidades rotacional a temperaturas de 100º, 135º y 150ºC.
- Viscosidad a 60ºC después del ensayo de película delgada rotatoria.
- Rango de temperaturas de mezclado y compactación.
- Temperatura máxima de calentamiento.
- La viscosidad rotacional a 60ºC del asfalto envejecido en el ensayo de película delgada rotatoria dividido por la viscosidad rotacional a 60ºC del asfalto original, debe ser menor o igual a 3.

De forma opcional, el material bituminoso puede ser clasificado según la norma AASHTO M-320 (Performance Graded Asphalt Binder Especification), debiéndose informar su valor antes de la primera entrega de material y posteriormente cada 500 toneladas de material bituminoso entregado. Si la cantidad de material utilizado es menor de dicha cifra, se debe realizar al menos un ensayo Performance Graded (PG).

Alternativamente podrá usarse cemento asfáltico modificado con polímero que cumpla con la **Tablas 431-01**, **431-02** y **431-03**.

Los asfaltos modificados deberán cumplir además con los siguientes requisitos adicionales, indicados en la **Tabla 434-04**.:

Tabla 434-04

Requerimientos para los asfaltos modificados

Ensayos	Norma	Requerimiento
Recuperación Elástica Torsional a 25ºC	NLT 329 MTC E 320	70 % min.
Ensayo de Separación (diferencia de viscosidad rotacional a 170 ºC)	ASTM D 5976	Entre la parte superior y la inferior 15 % máx.
Perfil de Viscosidad Rotacional a 135, 150, 170 y 190 ºC	ASTM D 4402	Debe ser indicado (incluyendo rpm, % torque, n.º spindle y razón de corte

g. Riego de liga

Se aplicará como riego de liga una emulsión asfáltica modificada con polímeros que cumpla con lo especificado en la **Tabla 432-01.**

En el caso de no utilizar la emulsión modificada, se podrá emplear en su lugar una emulsión asfáltica catiónica de rotura rápida CRS-1.

Equipo

434.03

Al respecto, rigen las condiciones generales que se indican en la **Subsección 415.03**

a. Equipo para la elaboración de los agregados triturados

La planta de trituración constará de una trituradora primaria y una secundaria obligatoriamente. Una terciaria siempre y cuando se requiera. Se deberá incluir también una clasificadora y un equipo de lavado. Además deberá estar provista de los filtros necesarios para prevenir la contaminación ambiental de acuerdo a lo indicado en las **Subsecciones 05.06**, **05.11**, **400.03** y **400.04.**

b. Planta mezcladora

La mezcla de SMA se fabricará en plantas adecuadas de tipo continuo o discontinuo, capaces de manejar simultáneamente en frío el número de agregados que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Las plantas productoras de mezcla SMA deberán cumplir con lo establecido en la normativa vigente sobre protección y control de calidad del aire.

Las tolvas de agregados en frío deberán tener paredes resistentes y estar provistas de dispositivos de salida que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. El número mínimo de tolvas será función del número de fracciones de agregados por emplear y deberá tener aprobación del Supervisor.

En las plantas del tipo tambor secador-mezclador, el sistema de dosificación de agregados en frío deberá ser ponderal y tener en cuenta su humedad para corregir la dosificación en función de ella. En los demás tipos de plantas se aceptarán sistemas de dosificación de tipo volumétrico.

La planta estará dotada de un secador que permita el secado correcto de los agregados y su calentamiento a la temperatura adecuada para la fabricación de la mezcla. El sistema de extracción de polvo deberá evitar su emisión a la atmósfera o el vertido de lodos a cauces de agua o instalaciones sanitarias.

Las plantas que no sean del tipo tambor secador-mezclador, estarán dotadas, así mismo, de un sistema de clasificación de los agregados en caliente, de capacidad adecuada a la producción del mezclador, en un número de fracciones no inferior a 3 y de tolvas de almacenamiento de las mismas, cuyas paredes serán resistentes y de altura suficiente para evitar contaminaciones. Dichas tolvas en caliente estarán dotadas de un rebosadero, para evitar que el exceso de contenido se vierta en las tolvas contiguas o afecte el funcionamiento del sistema de clasificación; de un dispositivo de alarma, perceptible por el operador, que avise cuando el nivel de la tolva baje del que proporcione el caudal calibrado y de un dispositivo para la toma de muestras de las fracciones almacenadas.

La instalación deberá estar provista de indicadores de la temperatura de los agregados, situados a la salida del secador y en las tolvas en caliente.

El sistema de almacenamiento, calefacción y alimentación del asfalto deberá permitir su recirculación y su calentamiento a la temperatura de empleo.

En el calentamiento del asfalto se emplearán, preferentemente, serpentines de aceite o vapor, evitándose en todo caso el contacto del material bituminoso con elementos metálicos de la caldera que estén a temperatura muy superior a la de almacenamiento. Todas las tuberías, bombas, tanques, etc., deberán estar provistos de dispositivos calefactores o aislamientos. La descarga de retorno del material bituminoso a los tanques de almacenamiento será siempre sumergida. Se dispondrán termómetros en lugares convenientes, para asegurar el control de la temperatura del material bituminoso, especialmente en la boca de salida de éste al mezclador y en la entrada del tanque de almacenamiento. El sistema de circulación deberá estar provisto de una toma para el muestreo y comprobación de la calibración del dispositivo de dosificación.

En caso que se incorporen aditivos a la mezcla, la instalación deberá poseer un sistema de dosificación exacta de los mismos. La instalación estará dotada de sistemas independientes de almacenamiento y alimentación del filler de recuperación y adición, los cuales deberán estar protegidos contra la humedad.

Las instalaciones de tipo discontinuo deberán estar provistas de dispositivos de dosificación por peso cuya exactitud sea superior al 0,5%. Los dispositivos de dosificación del filler y material bituminoso tendrán, como mínimo, una sensibilidad de 0,5 kg. El material bituminoso deberá ser distribuido uniformemente en el mezclador, y las válvulas que controlan su entrada no deberán permitir fugas ni goteos.

En las instalaciones de tipo continuo, las tolvas de agregados clasificados calientes deberán estar provistas de dispositivos de salida, que puedan ser ajustados exactamente y mantenidos en cualquier posición. Estos dispositivos deberán ser calibrados antes de iniciar la fabricación de cualquier tipo de mezcla, en condiciones reales de funcionamiento.

El sistema dosificador del material bituminoso deberá disponer de dispositivos para su calibración a la temperatura y presión de trabajo. En

las plantas de mezcla continua, deberá estar sincronizado con la alimentación de los agregados pétreos y el filler mineral.

En las plantas continuas con tambor secador-mezclador se deberá garantizar la difusión homogénea del asfalto y que ésta se realice de manera que no exista ningún riesgo de contacto con la llama ni de someter al material bituminoso a temperaturas inadecuadas.

En las instalaciones de tipo continuo, el mezclador será de ejes gemelos.

Si la planta posee tolva de almacenamiento de la mezcla elaborada, su capacidad deberá garantizar el flujo normal de los vehículos de transporte.

En la planta mezcladora y en los lugares de posibles incendios, es necesario que se cuente con un extintor de fácil acceso y uso del personal de obra.

Antes de la instalación de la planta mezcladora, el Contratista deberá solicitar a las autoridades correspondientes, los permisos de localización, concesión de aguas, disposición de sólidos, funcionamiento para emisiones atmosféricas, vertimiento de aguas y permiso por escrito al dueño o representante legal. Para la ubicación se debe considerar dirección de los vientos, proximidad a las fuentes de materiales, fácil acceso y cumplir lo estipulado en las **Subsecciones 05.06**, **05.11**, **400.03** y **400.04.**

Los trabajadores y operarios más expuestos al ruido, gases tóxicos y partículas deberán estar dotados con elementos de seguridad industrial y adaptados a las condiciones climáticas tales como: gafas, protectores de oído, protectores de gas y polvo, casco, guantes, botas y otros aprobados por el Supervisor.

c. Equipo para el transporte

Tanto los agregados como las mezclas se transportarán en volquetes debidamente acondicionadas para tal fin. La forma y altura de la tolva será tal, que durante el vertido en la terminadora, el volquete sólo toque a ésta a través de los rodillos previstos para ello. Para carreteras con volúmenes de tráfico superiores a 4.000 vehículos/día o que se ubiquen en zonas climáticas desfavorables (bajas temperaturas), se verterá la mezcla desde la tolva del volquete a un vehículo de transferencia de material y desde allí a la pavimentadora.

Los volquetes deberán estar siempre provistos de dispositivos que mantengan la temperatura, los cuales deben estar debidamente asegurados, tanto para proteger los materiales que transporta, como para prevenir emisiones contaminantes.

d. Equipo para el esparcido de la mezcla

El esparcido y terminación de las mezclas densas en caliente se hará con una pavimentadora autopropulsada, adecuada para extender y terminar la mezcla con un mínimo de precompactación de acuerdo con los anchos y espesores especificados en el Proyecto. La pavimentadora poseerá un equipo de dirección adecuado y tendrá velocidades para retroceder y avanzar.

Estará equipada con un vibrador y un distribuidor de tornillo sinfín, de tipo reversible, capacitado para colocar la mezcla uniformemente por delante de los enrasadores. El mecanismo de accionamiento de los transportadores de cadena no deberá producir segregación física central.

La pavimentadora tendrá dispositivos mecánicos compensadores para obtener una superficie pareja y formar los bordes de la capa sin uso de formas. Será ajustable para lograr la sección transversal especificada del espesor de diseño o aprobada por el Supervisor. Tanto la plancha como las extensiones deberán contar con sistema de calentamiento uniforme.

Deberá poseer sensores electrónicos para garantizar la homogeneidad de los espesores.

Se evitará todo tipo de derrames durante la descarga de la mezcla a la tolva, a la vez de procurar una pavimentación continua y manteniendo una velocidad constante de la pavimentadora.

Si se determina que el equipo deja huellas en la superficie de la capa, áreas defectuosas u otras irregularidades objetables, el Supervisor exigirá su inmediato cambio.

Cuando la mezcla se realice en planta portátil, la misma planta realizará su esparcido sobre la superficie.

e. Equipo de compactación

Se deberán utilizar rodillos autopropulsados de cilindros metálicos, estáticos, vibratorios tándem y de neumáticos. El equipo de compactación será aprobado por el Supervisor, acorde a los resultados

obtenidos en la ejecución del tramo de prueba. Para vías de Primer orden los rodillos lisos se restringen a los denominados tipos tándem, no permitiéndose el uso de los que poseen dos llantas traseras neumáticas. Para otros tipos de vías se aconseja el uso de equipos tándem, mas no se restringen exclusivamente a éste.

Los compactadores de rodillos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Además, deberán poseer controladores de vibración y de frecuencia independientes. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslapo de las huellas delanteras y traseras y, en caso necesario, faldones de lona protectora contra el enfriamiento de los neumáticos.

Las presiones lineales estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la compactación adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado ni arrollamiento de la mezcla a las temperaturas de compactación.

Estará constituido por elementos para limpieza, preferiblemente barredora o sopladora mecánica. Así mismo, se requieren herramientas menores para efectuar correcciones localizadas durante el esparcido de la mezcla.

Al culminar los trabajos las plantas de asfalto serán desmontadas y las condiciones del área ocupada deberán ser restituidas al estado del inicio de la obra, de acuerdo a lo establecido en la **Sección 906**.

Requerimientos de construcción

434.04 Propiedades de la mezcla SMA

El Contratista deberá presentar al Supervisor, la dosificación de las mezclas asfálticas antes de comenzar la pavimentación.

Sólo se podrá comenzar la colocación de las SMA cuando el Contratista haya recibido la aprobación por parte del Supervisor.

La confección de las probetas se regirá por lo indicado en el método Marshall descrito en la norma de ensayo MTC E 504. La mezcla deberá cumplir con las exigencias que se indican en la **Tabla 434-05**.

Tabla 434-05

Requerimientos para el diseño de la mezcla SMA

Ensayos	Requerimiento
Compactación Marshall	50 golpes por cara
Compactación Superpave	75 a 100 giros, dependiendo del Proyecto
Vacíos de aire totales	2% (climas fríos) 4% (climas templados y cálidos)
Vacíos agregado mineral (VAM)	≥ 17 %
VCA mezcla, % (1)	< que VCA varillado
Contenido de ligante en peso total de la mezcla	≥ 6,5 %
Contenido de fibras celulósicas en peso total de la mezcla	≥ 0,3 %
Escurrimiento de ligante a la temperatura de mezclado	≤ 0,3 %

(1) VCA: porcentaje de vacíos de la fracción gruesa

434.05 Limitaciones climáticas

Las mezclas asfálticas calientes se colocarán únicamente cuando la base a tratar se encuentre seca, la temperatura ambiental sea superior a 6ºC y no haya precipitaciones pluviales; además la base preparada debe estar en condiciones satisfactorias previstas en la **Sección 403.**

434.06 Preparación de la superficie existente

Antes de iniciar las faenas de colocación de la mezcla SMA, se deberá realizar un riego de liga con emulsión asfáltica modificada de rotura rápida, con una dosis entre 0,20 y 0,35 l/m^2 en base al residuo asfáltico. Se deberá verificar la tasa de riego cada 500 m y como mínimo una vez al día.

434.07 Tramo de prueba

Se aplica lo indicado en la **Subsección 415.03.**

434.08 Elaboración de la mezcla

Se regirá por lo establecido en la **Subsección 423.11.**

434.09 Transporte de la mezcla

Se tendrá en cuenta lo que resulte aplicable de la **Subsección 423.11.**

434.10 Esparcido de la mezcla

Según lo indicado en la **Subsección 423.12.**

434.11 Compactación de la mezcla

La compactación se hará con rodillos lisos de un peso comprendido entre 100 y 150 kN, los que irán inmediatamente detrás de la pavimentadora. Se deberán pasar a la mayor temperatura posible, sin sobrepasar la temperatura indicada en la dosificación y en número superior a 6 pasadas. No se debe producir desplazamiento de la mezcla y se continuará mientras la temperatura de la mezcla no sea inferior a la indicada en la dosificación. No se utilizarán rodillos neumáticos. Se recomienda el uso de al menos 3 rodillos.

434.12 Apertura al tránsito

Alcanzada la densidad exigida, el tramo pavimentado podrá abrirse al tránsito tan pronto la capa alcance la temperatura ambiente.

434.13 Reparaciones

Se aplica lo establecido en la **Subsección 418.14**.

Aceptación de los trabajos

434.14 Criterios

Se tendrá en cuenta lo que resulte aplicable de la **Subsección 423.18.**

Los controles de calidad de los materiales se efectuarán teniendo en cuenta la **Tabla 434-06** Ensayos y frecuencias.

Tabla 434-06

Ensayos y frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	200 m^3	Tolva en frío
	Plasticidad	MTC E 110	200 m^3	Tolva en frío
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	500 m^3	Tolva en frío
	Equivalente arena	MTC E 114	1.000 m^3	Tolva en frío
	Partículas planas y alargadas	MTC E 221	500 m^3	Tolva en frío
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	1.000 m^3	Tolva en frío
	Angularidad del agregado fino	MTC E 222	1.000 m^3	Tolva en frío
	Perdida en sulfato de magnesio	MTC E 209	1.000 m^3	Tolva en frío
	Azul de metileno	AASHTO TP 57	1.000 m^3	Tolva en frío
SMA	Contenido de Asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista/planta
	Granulometría			
	Ensayo Marshall	MTC E 504	2 por día	Pista/planta
	Temperatura	-	Cada volquete	Pista/planta
	Densidad	MTC E 506, MTC E 508 y MTC E 510	1 cada 250 m^2	Pista compactada
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m^2	Pista compactada
	Resistencia al deslizamiento	MTC E 1004	1 por día	Pista compactada
	Adherencia	MTC E 519	1.000 m^3	Pista/planta
Cemento Asfáltico	Según 434.02(f)		$\sqrt{n}$ (*)	Tanques Térmicos al llegar a obra

(*) n representa el número de tancadas de 30.000 l de cemento asfáltico requeridos en la obra.

Medición

434.15

Se aplica lo descrito en la **Subsección 415.08 (b).**

Pago

434.16

Se aplica lo descrito en la **Subsección 415.10.**

Se excluye del pago el cemento asfáltico utilizado en la mezcla que se pagará de acuerdo a lo establecido en la **Sección 426.**

Partida de pago	Unidad de pago
434.A Pavimento de concreto asfáltico con mezclas Stone Mastic Asphalt (SMA)	Metro cúbico (m^3)

SECCION 435

FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO

SECCIÓN 435

Fresado de pavimento asfáltico

Descripción

435.01

Este trabajo consiste en cortar total o parcialmente la capa de rodadura del pavimento, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

435.02

Este requisito no es aplicable en la presente especificación.

Equipo

435.03

El equipo para la ejecución de los trabajos deberá ser una máquina fresadora, cuyo estado, potencia y capacidad productiva garanticen el correcto cumplimiento del plan de trabajo. Si durante el transcurso de los trabajos el Supervisor observa deficiencias o mal funcionamiento de la máquina, ordenará su reemplazo.

El Contratista deberá utilizar equipo autopropulsado con las siguientes características:

- Equipado con un control automatizado para la profundidad de corte.
- Capaz de mantener una profundidad de corte uniforme.
- Capaz de fresar a la profundidad requerida, abarcando al menos la mitad del ancho de la capa a reciclar, o un carril, el que sea mayor.
- Capaz de triturar el material fresado.

El equipo de fresado no deberá dañar el material a profundidades mayores a la de corte proyectada.

Requerimientos de construcción

435.04 Preparación de la superficie existente

Antes del inicio del fresado, la superficie del pavimento deberá encontrar limpia, mediante trabajos de barrido y/o soplado.

435.05 Fresado del pavimento

El fresado se efectuará sobre el área y el espesor que indique el Proyecto o apruebe el Supervisor, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto existente.

El material extraído como resultado del fresado, deberá ser transportado y acopiado en los lugares que indique el Proyecto o que establezca el Supervisor y será propiedad de la entidad contratante. Se exceptúan de esta disposición los materiales provenientes de las capas de una construcción nueva que deban ser fresadas por el Contratista como resultado de deficiencias en los trabajos de pavimentación que esté ejecutando y cuyo retiro sea ordenado por el Supervisor, sin medida ni pago por parte de la entidad contratante. En tal caso, el material fresado será de propiedad del Contratista quien dispondrá el mismo en los DME, según lo establecido en la **Sección 209.**

Durante la manipulación del material fresado, se deberá evitar su contaminación con suelos u otros materiales extraños.

En proximidades de sardineles y en otros sitios inaccesibles al equipo de fresado, el pavimento se deberá remover empleando otros métodos aprobados por el Supervisor.

El trabajo de fresado se podrá realizar en varias capas, hasta alcanzar el espesor del Proyecto, debiendo quedar una superficie nivelada y sin fracturas.

Si se diera el caso, que al terminar una jornada de trabajo no se completase el fresado en todo el ancho de la calzada, los bordes verticales, en sentido longitudinal, cuya altura supere 5 cm, se deberán suavizar de manera que no

impliquen peligro para el tránsito automotor. Igual precaución se tomará en los bordes transversales que queden al final de cada jornada.

Cualquiera que sea el método utilizado por el Contratista, los trabajos de fresado no deberán producir daños a objetos, estructuras y plantas que se encuentren cerca de la zona de acción de sus equipos y, por lo tanto, deberá tomar las precauciones que corresponda, siendo de su responsabilidad todos los daños y perjuicios que se ocasionen en dichos elementos durante el desarrollo de los trabajos. Al efecto, el Supervisor dispondrá el incremento de las medidas de seguridad, que sean necesarias.

435.06 Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de fresado se deberán realizar en condiciones de luz natural. Sin embargo cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado o se deban evitar horas pico de tránsito público, el Supervisor podrá autorizar el trabajo en horas nocturnas, siempre y cuando el Contratista garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio.

435.07 Protección ambiental

Al respecto, rige todo lo que resulte aplicable del **Capítulo 9.**

Aceptación de los trabajos

435.08 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor verificará el funcionamiento del equipo empleado y efectuará los controles topográficos que sean necesarios.

b. Condiciones y tolerancias para la aceptación

1. Espesor del fresado

Se admitirá una tolerancia de las cotas de la superficie resultante, respecto de las del Proyecto, hasta de 5 mm. Los tramos donde se supere esta tolerancia se deberán someter a un tratamiento adicional por parte del Contratista, a su cuenta y costo, debiendo contar con la aprobación del Supervisor.

2. Rugosidad

Cuando sobre la superficie fresada se vaya a construir un tratamiento superficial, mortero asfáltico o carpeta asfáltica, se comprobará previamente el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) en toda la longitud fresada.

Para la determinación de la rugosidad podrán utilizarse métodos topográficos, rugosímetros, perfilómetros o cualquier otro método aprobado por el Supervisor.

Para efectos de la evaluación, las medidas se presentarán en m/km, realizándose la medición de la rugosidad sobre la superficie de rodadura terminada, en toda su longitud y debe involucrar ambas huellas por tramos de 5 km, en los cuales las obras estén concluidas, registrando mediciones cada 100 m.

No habrá exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias en el procedimiento de fresado, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, etc., los cuales serán previamente aprobados por el Supervisor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa).

La superficie fresada tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la **Tabla 435-01.**

Tabla 435-01

Valores máximos admisibles de IRI

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	IRI (m/km)
40	1,9
80	2,5
100*	3,0

* Se recomienda la medicion en secciones de 100 m.

Si los resultados de rugosidad exceden estos límites, los efectos de regularidad se corregirán mediante el fresado adicional en los tramos

que el Supervisor lo indique. Los espesores por fresar en cada tramo serán establecidos por el Supervisor y los costos, serán asumidos por el Contratista.

Medición

435.09

La unidad de medida del pavimento asfáltico fresado será el metro cuadrado (m^2), aproximando al entero, de la superficie fresada de acuerdo con las presentes especificaciones, el Proyecto y con la aprobación del Supervisor.

El área tratada se determinará multiplicando la longitud fresada por el ancho tratado, el cual estará establecido en el Proyecto o de acuerdo a las instrucciones del Supervisor. No se medirá ningún área por fuera de tales límites.

Pago

435.10

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda la obra ejecutada de acuerdo con esta especificación.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de limpieza previa que requiera la superficie, el fresado para alcanzar las cotas o espesores que indique el Proyecto o autorice el Supervisor; la carga, transporte, descarga y acopio del material fresado en los sitios establecidos; la reparación a satisfacción de todos los elementos que hayan sido afectados por la ejecución de los trabajos; la señalización preventiva y el ordenamiento del tránsito público durante el lapso de ejecución de los trabajos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución del fresado del pavimento asfáltico.

Partida de pago	Unidad de pago
435.A Fresado de pavimento asfáltico	Metro cuadrado (m^2)

SECCION 436

PAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE

SECCIÓN 436

Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en caliente

Descripción

436.01

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas asfálticas, empleando mezcla asfáltica producida en planta en caliente, reutilizando materiales provenientes de capas asfálticas antiguas, con adición de nuevos materiales y de ser el caso, agentes rejuvenecedores y otros aditivos, con la finalidad de cumplir con las especificaciones técnicas correspondientes y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

436.02 Agregados pétreos y filler mineral

Los agregados pétreos para la elaboración de las mezclas recicladas tendrán 2 procedencias: los recuperados de pavimento y los requeridos como adición para corregir la gradación y garantizar la calidad de la mezcla.

436.03 Agregados pétreos de adición

El agregado pétreo de adición deberá presentar las características señaladas en la **Tabla 436-01** y la **Tabla 436-02**, debiendo garantizar que el material obtenido como resultado de su mezcla con los agregados recuperados del pavimento, en las proporciones definidas durante el establecimiento de la fórmula de trabajo, incluyendo el filler mineral requerido, cumpla todos los requisitos exigidos en la **Subsección 415.02(a)**

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla, con el fin de evitar que el material bituminoso tenga diferente adhesividad con cada uno de los componentes.

Tabla 436-01

Requerimientos agregados gruesos de adición en mezclas recicladas en caliente

		Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
			≤ 0,3	> 0,3 - 3	> 3
Desgaste de Los Ángeles		MTC E 207	25% máx.	25% máx.	25% máx.
Desgaste Micro-Deval		ASTM D 7428		25% máx.	20% máx.
10 % de finos (KN)	Seco	BS 812 Part 110			110 min.
	Relación Húmedo/seco				75% min.
Durabilidad al Sulfato de Magnesio		MTC E 209	18 % máx.	18 % máx.	18 % máx.
Partículas fracturadas mecánicamente (agregado grueso) % mínimo 1cara/2 caras		MTC E 210	75 / --	75 / 60	85 / 70
Coeficiente de resistencia la deslizamiento		ASTM E 303	0,45 min.	0,45 min.	0,45 min.
Partículas chatas y alargadas		ASTM D 4791	10% máx.	10% máx.	10% máx.

Tabla 436-02

Requerimientos agregados finos de adición en mezclas recicladas en caliente

	Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
		≤ 0,3	> 0,3-3	> 3
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	18% máx.	18% máx.
Angularidad	ASTM D 1252	40% min.	45% min.	45% min.
Índice de plasticidad	MTC E 111	N.P.	N.P.	N.P.
Equivalente de arena	MTC E 114	50% mín.	50% mín.	50% mín.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.	0,5% máx.

Los agregados pétreos no serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que se puedan dar en la zona de empleo. Tampoco podrán dar origen, con el agua, a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del pavimento, o contaminar corrientes de agua.

El Contratista, como responsable de los materiales que suministre para la ejecución de los trabajos, deberá realizar todos los ensayos necesarios para establecer la calidad e inalterabilidad de los agregados por utilizar, independiente y complementariamente de los que se exigen en estas especificaciones.

Los agregados pétreos empleados para la ejecución asfáltica en caliente deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicársele una película del material asfáltico, ésta no se desprenda por la acción combinada del agua y del tránsito. Solo se podrá admitir el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adhesividad satisfactoria con el asfalto.

El equivalente de arena que se exige será de 50% como mínimo para el agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones (incluido el filler mineral), según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de pasar por el secador de la planta mezcladora. En caso de que no cumpla este valor mínimo, el agregado se aceptará si su equivalente de arena, medido en las mismas condiciones, es superior a 40% y, simultáneamente, el valor de azul de metileno determinado según la norma AASHTO TP 57, determinado es inferior a 10.

El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder del 15% de la masa total del agregado combinado, cuando se trate de vías de alto tránsito de vehículos, ni exceder de 25% en vías con tránsitos de menor intensidad. En todo caso, la proporción de agregado fino no triturado no podrá exceder la del agregado fino triturado.

El filler mineral podrá proceder de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o aportarse a la mezcla por separado como un producto preparado para este fin. La proporción de filler mineral de aporte deberá ser, como mínimo, la indicada en la **Tabla**

436-03, excluido el que inevitablemente quede adherido a los agregados. Este último, no podrá exceder del 2% de la masa de la mezcla, salvo que el Supervisor apruebe que se cumpla con las mismas condiciones que el exigido como aporte.

Tabla 436-03

Proporción de polvo mineral de aporte

(% en masa del polvo mineral total,

excluido el adherido a los agregados)

Tipo de Capa	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)	
	> 0,3 - 3	> 3
Rodadura	≥ 25	≥ 50
Intermedia	≥ 25	≥ 50
Base	---	≥ 25

La granulometría del agregado obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, incluido el filler mineral, deberá estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la Tabla 436-04.

Para prevenir segregaciones y garantizar los niveles de compactación y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que produzca el Contratista deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme, sensiblemente paralela a los límites de la franja por utilizar, sin saltos bruscos de la parte superior de un tamiz a la inferior del tamiz adyacente y viceversa.

Tabla 436-04

Franjas granulométricas para mezclas asfálticas en caliente

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100	-	-
19,0 mm (3/4")	80-100	100	-
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	-
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.° 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.° 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.° 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.° 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.° 200)	4-8	4-8	5-10

436.04 Agregados recuperados de la capa asfáltica antigua

Los agregados obtenidos mediante la disgregación de una capa asfáltica existente, no deberán mostrar signos de meteorización, y su calidad deberá ser similar a la exigida para los agregados de adición.

No se permitirá el empleo de materiales recuperados de capas asfálticas que hubieran presentado deterioros de los tipos afloramientos de asfalto (exudación) o deformaciones plásticas.

El material que se va a reciclar deberá ser homogéneo, no contener contaminantes y estar caracterizado, siendo necesario que se someta a un proceso previo de trituración, de ser el caso.

436.05 Material bituminoso

El material bituminoso tendrá también 2 procedencias: el presente en la mezcla por reciclar y el requerido como adición para garantizar la calidad de la mezcla, acorde al diseño aprobado.

436.06 Material bituminoso de adición

El material asfáltico del grado de penetración que indique el diseño, puede corresponder a uno de los indicados en la **Tabla 415-02** o al que establezca la especificación especial del Proyecto.

436.07 Material bituminoso de la mezcla por reciclar

El material bituminoso proveniente de una capa asfáltica antigua, deberá ser susceptible de mezclar en forma homogénea con el material bituminoso de adición, de manera de obtener con la incorporación de un agente rejuvenecedor si se requiere, un producto de características similares a uno de los cementos asfálticos indicados en la **Tabla 415-02.**

436.08 Agente rejuvenecedor

En caso se requiera un agente rejuvenecedor, deberá ser un material orgánico cuyas características químicas y físicas permitan devolverle al asfalto envejecido las condiciones necesarias para el buen comportamiento de la nueva mezcla, según lo establezca el diseño aprobado. La dosificación y la dispersión homogénea del agente rejuvenecedor deberán seguir las recomendaciones del fabricante y ser aprobadas por el Supervisor.

436.09 Aditivos mejoradores de adherencia

Para el conjunto de los agregados de adición, se exigirá el requisito de adhesividad obtenido mediante el ensayo de resistencia conservada en tracción indirecta con un valor del 80 % como mínimo; en caso que estos requisitos no sean satisfechos, no se permitirá el empleo de agregado pétreo, salvo que se incorpore un producto mejorador de adherencia, de calidad reconocida, en la proporción necesaria para satisfacerlos, la cual deberá ser aprobada por el Supervisor. Los aditivos a emplear deberán ser propuestos y suministrados por el Contratista.

Los mejoradores de adherencia se deberán ajustar a lo descrito en la **Sección 430.** La dosificación y dispersión homogénea de los aditivos deberán seguir las recomendaciones de su fabricante y ser aprobadas por el Supervisor.

Equipo

436.10

El equipo requerido para el reciclado de los pavimentos asfálticos en caliente es el mismo que se emplea para los pavimentos de concreto asfáltico en caliente según se describe en la **Subsección 423.03.**

La planta asfáltica deberá estar debidamente acondicionada para el reciclado del pavimento en caliente, de manera que el asfalto recuperado, el asfalto nuevo y de ser el caso el agente rejuvenecedor no se vean sobrecalentados, ni sufran deterioro.

Las plantas del tipo tambor secador-mezclador, en las que el flujo de los agregados coincide con el tiro del humo, no se podrán emplear si la mezcla por reciclar constituye más del 25% de la nueva mezcla. Entre las plantas del tipo tambor secador-mezclador se emplearán de preferencia aquellas en las que el flujo de agregados va en contra del tiro del humo o las que tengan doble tambor, que eviten la exposición directa a la llama del material por reciclar.

Las plantas de tipo discontinuo deberán estar provistas de un tambor secador independiente para el material por reciclar. Los gases producidos en el calentamiento de éste, deberán ser recogidos y quemados durante el proceso de elaboración de la mezcla, evitándose su emisión a la atmósfera. Además, estas plantas deberán estar provistas de silos para almacenar en caliente el material por reciclar y un sistema de dosificación por peso de dicho material.

Los elementos apropiados para la recuperación de los materiales de la capa asfáltica antigua y el proceso mismo de recuperación se encuentran contemplados en la **Sección 435.**

Requerimientos de construcción

436.11 Explotación de materiales y elaboración de agregados nuevos

El material pétreo virgen que se requiera para la elaboración de la mezcla reciclada, deberá ser explotado y procesado conforme se describe en la **Subsección 415.04**

436.12 Acopio del material por reciclar

El material disgregado por reciclar podrá provenir de la misma obra o extraído de otro lugar, no debiendo ser almacenado por más de 48 horas antes de su utilización para evitar su contaminación.

En las regiones donde la temperatura ambiente exceda de 30ºC, los acopios del material por reciclar no podrán tener una altura mayor de 3 m para evitar que el material se aglomere.

Se deberá llevar un registro de la procedencia de todas las mezclas bituminosas por reciclar, identificando y acopiando por separado las provenientes de mezclas de los tipos denso y abiertas.

436.13 Tratamiento del material por reciclar

El material disgregado por reciclar se deberá tratar y mezclar para su homogeneización. Para ello, será necesario triturar todos los bloques, de manera que el material pase por el tamiz de 2.5 cm de abertura.

Se deberá proceder, también a la detección y retiro de elementos metálicos.

Posteriormente, el material deberá ser mezclado hasta obtener un producto homogéneo y sin segregaciones.

436.14 Caracterización y acopio del material por reciclar, después de tratado

Una vez tratado el material disgregado por reciclar, se deberá disponer en acopios homogéneos. Para que se considere que un acopio es homogéneo, muestras de él se deberán someter a los ensayos de extracción de asfalto, granulometría del agregado y penetración del material bituminoso recuperado, y sus resultados, respecto de los valores promedio encontrados, se deberán hallar dentro de los rangos indicados en la **Tabla 436-04.**

Los diferentes materiales tratados, que cumplan los requisitos de homogeneidad, se podrán acopiar juntos. Cada acopio homogéneo quedará identificado y caracterizado por los resultados de los ensayos citados en el párrafo anterior y se podrá emplear en la fabricación de la mezcla asfáltica reciclada en caliente con una misma fórmula de trabajo, siempre y cuando los agregados nuevos también sean homogéneos.

Los acopios del material por reciclar, después de tratado, se deberán situar en una zona bien drenada y, en caso de que la superficie no sea pavimentada, no se podrán emplear los 15 cm inferiores de ellos.

Tabla 436-05

Tolerancias en el material por reciclar para considerarlo homogéneo

Característica	Tolerancia respecto de la masa total del material por reciclar (%)
Porcentaje que pasa tamiz de 2 mm y mayores (n.º 10 y mayores)	±5
Porcentaje que pasa tamices de 425 mm y 180 µm (n.º 40 y 80)	±5
Porcentaje que pasa tamiz de 75 µm	±2
Contenido de asfalto (%)	±0,5
Penetración del asfalto recuperado (0,1 mm)	±5

436.15 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Al respecto rige todo lo que resulte aplicable de la **Subsección 415.05**

Además de lo anterior, en el diseño de una mezcla reciclada en caliente, la fórmula deber señalar también:

- Proporciones en que se deben mezclar los materiales recuperados del pavimento y el agregado nuevo, así como la granulometría resultante de su mezcla, determinada por los tamices correspondientes a la franja granulométrica aprobada.
- Tipo y porcentaje de material bituminoso, en relación con el peso de la mezcla
- Porcentaje requerido de agente rejuvenecedor, en relación con el peso del asfalto envejecido.
- Porcentaje requerido de aditivo mejorador de adherencia, en relación con el peso del material bituminoso nuevo.

- Las temperaturas máximas y mínimas de calentamiento previo de agregados, del pavimento recuperado, del asfalto nuevo y del agente rejuvenecedor. En ningún caso se podrá calentar el material por reciclar a una temperatura superior a la del material bituminoso de adición.

La mezcla se deberá diseñar por el método Marshall y deberá ser verificada mediante la prueba de Hamburgo Wheel Track (AASHTO T324). Si este requisito no se cumple, se deberá efectuar los ajustes necesarios en el diseño de la mezcla, lo cual debe contar con la aprobación del Supervisor.

En ningún caso se permitirá que le material por reciclar constituya más del 40% de la masa total de la mezcla.

436.16 Preparación de la superficie existente

En general la superficie existente debe cumplir lo establecido, en la **Subsección 423.08.**

La mezcla reciclada en planta y en caliente se podrá colocar en el mismo tramo de vía donde se disgregaron las capas asfálticas para su reciclado o en uno diferente, según lo contemplen el proyecto o lo ordene el Supervisor.

Si la superficie sobre la cual se va a colocar la mezcla corresponde a un pavimento asfáltico antiguo que, de acuerdo con el Proyecto o con la aprobación del Supervisor, requiere un fresado previo, éste se realizará conforme se establece en la **Sección 435**.

Si la extensión de la mezcla requiere riegos previos de imprimación o de liga, ellos se realizarán conforme lo establecen las **Secciones 416** y **417**, respectivamente, de las presentes especificaciones.

Antes de aplicar la mezcla, se verificará que haya ocurrido el curado del riego previo de liga o imprimación, no debiendo quedar restos de fluidificante ni de agua en la superficie.

436.17 Tramo de prueba

Rige lo descrito en la **Subsección 415.06**

436.18 Elaboración de la mezcla

Rige lo establecido, en la **Subsección 423.10**

436.19 Transporte de la mezcla

En relación con el transporte de la mezcla, desde la planta hasta el sitio de las obras, rige lo descrito en la **Subsección 423.11**, para el transporte de mezclas asfálticas en caliente.

436.20 Extensión de la mezcla

Según lo indicado en la **Subsección 423.12.**

436.21 Compactación de la mezcla

Se tendrá en cuenta lo que resulte aplicable de la **Subsección 423.13**, para la compactación de las mezclas asfálticas en caliente.

436.22 Juntas de trabajo

Rige todo lo descrito en la **Subsección 423.14** y además la junta longitudinal se deberá calentar después de la rotura de la emulsión de riego de liga, previamente a la extensión de la siguiente franja contra ella.

436.23 Bacheos con mezcla reciclada en caliente

Cuando se haya efectuado una excavación para la reparación de un pavimento asfáltico convencional (constituido por capas asfálticas densas, base granular y subbase granular), con una profundidad mayor de 15 cm y se tenga contemplado en el proyecto, el empleo de las mezclas asfálticas en caliente de la presente Sección para efectuar parte del relleno de la excavación, los 7.5 cm superiores, hasta alcanzar el nivel de rasante del pavimento que se repara, se deberán rellenar con una mezcla asfáltica en caliente y el espesor restante se rellenará con material de base.

Cuando la excavación sea de profundidad menor o igual a 15 cm, se rellenará en su totalidad con mezcla asfáltica en caliente, en capas de espesor compacto de no menos de 5 cm. De todas maneras, la capa superior del bacheo no podrá tener un espesor superior a 7.5 cm.

En todos los casos, las capas deberán ser compactadas con equipos adecuados, hasta lograr los niveles de densidad prescritos en esta Sección.

Tanto la superficie que recibirá las capas asfálticas como las paredes de la excavación en contacto con ellas, deberán ser pintadas con un riego de liga con emulsión asfáltica, debidamente aprobadas por el Supervisor.

436.24 Limitaciones climáticas

Se tendrá en cuenta lo indicado en la **Subsección 423.07.**

436.25 Apertura al tránsito

Al respecto se aplica lo descrito en la **Subsección 423.16.**

436.26 Reparaciones

Rige lo establecido en la **Subsección 423.17**, para las reparaciones de los trabajos.

Aceptación de los trabajos

436.27 Criterios

a. Controles

Rige todo lo que resulte aplicable de la **Subsección 415.07(a).**

b. Calidad del cemento asfáltico

Se aplica lo indicado en la **Subsección 423.18(b).**

c. Calidad de los agregados pétreos y del filler mineral de adición

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que sean pertinentes de aquellos que se encuentran indicados en las **Tabla 436-01** y **Tabla 436-02.**

Se aplica lo indicado en la **Subsección 423.18(c).**

436.28 Calidad del material disgregado por reciclar

De cada procedencia del material disgregado, una vez tratado, se tomarán al menos 4 muestras para verificar su homogeneidad y caracterizar los acopios. Las pruebas por realizar serán:

- Contenido del material bituminoso, según la norma MTC E 502.
- Granulometría de los agregados recuperados, según la norma de ensayo MTC E 503.
- Penetración del material bituminoso recuperado, según la norma MTC E 304.

Los resultados de estos ensayos permitirán la separación de los materiales en acopios homogéneos, cuando se cumplan las tolerancias indicadas en la **Tabla 436-05.**

Durante la etapa de producción de la mezcla, el Supervisor vigilará la altura, estado de los elementos de separación y homogeneidad de los acopios. Además, efectuará las verificaciones indicadas en la **Tabla 436-06**. Si los resultados de alguna de ellas no satisfacen las tolerancias aceptables, según la **Tabla 436-05**, se suspenderá la producción de la mezcla y se tomarán 2 muestras adicionales y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, se rechazará el material.

Tabla 436-06
Ensayos de verificación sobre el material disgregado por reciclar

Ensayo	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición		
Contenido de asfalto	MTC E 502	1 por jornada
Granulometría	MTC E 503	1 por jornada
Caracterización del asfalto recuperado		
Penetración	MTC E 304	1 por jornada

436.29 Composición de la mezcla

Se aplica lo indicado en la **Subsección 423.18.(d).**

436.30 Calidad del producto terminado

Rige lo indicado en la **Subsección 423.18.(f)** y **Subsección 423.18.(g).**

Medición

436.31

Rige lo descrito en la **Subsección 415.08(b)**.

Pago

436.32 Ejecución de reciclado de pavimentos asfálticos

Se aplica lo descrito en la **Subsección 415.10.**

El precio unitario deberá incluir todos los costos de corte, acopio, tratamiento de los materiales por reciclar y caracterización de los materiales recuperados de la capa asfáltica antigua; así como el suministro y uso de los rejuveneceros y aditivos requeridos acorde al diseño y formula de trabajo aprobados.

En caso de fresado de pavimentos se pagarán de acuerdo a la **Sección 435.**

Partida de pago	Unidad de pago
436.A Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en caliente	Metro cúbico (m^3)

SECCION 437

PAVIMENTO CON MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN FRÍO

SECCIÓN 437

Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en frío

Descripción

437.01

Este trabajo consiste en la construcción de una o más capas asfálticas, empleando mezcla asfáltica producida en planta en frío, reutilizando materiales provenientes de capas asfálticas antiguas, con nuevos materiales y de ser el caso, agentes rejuvenecedores y otros aditivos, con la finalidad de cumplir con las especificaciones técnicas correspondientes y de conformidad con el Proyecto.

Teniendo en consideración que esta tecnología es cada vez menos utilizada por razones técnicas y ambientales, se recomienda que su aplicación se limite solo a aquellos casos estrictamente indispensables, por razones de ubicación de las obras u otros factores que así lo justifiquen.

Materiales

437.02

Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

a. Agregados pétreos

Los agregados pétreos serán los resultantes de la trituración mecánica de las capas de pavimento en el espesor indicado en el Proyecto y aprobado por el Supervisor, los cuales deberán cumplir con la granulometría indicada en la **Tabla 437-01**.

Tabla 437-01

Granulometría de los agregados reciclados en frío in situ empleando cemento asfáltico

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA
NORMAL	ALTERNO	
37,5 mm	1 1/2"	100
25,0 mm	1"	75-100
19,0 mm	3/4"	65-100
9,5 mm	3/8"	45-75
4,75 mm	N.º 4	30-60
2,00 mm	N.º 10	20-45
425 µm	N.º 40	10-30
75 µm	N.º 200	5-20

En el caso que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación, éste deberá cumplir con las características para material de adición para reciclado en frío, señaladas en la **Tabla 437-02** y la **Tabla 437-03**.

Es recomendable que el agregado de adición tenga características mineralógicas similares a las del agregado que se recicla, con el fin de evitar que el material bituminoso tenga diferente adhesividad con cada uno de los componentes.

El producto del porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (Nº. 200) del agregado combinado por su índice de plasticidad, no podrá ser mayor de 72.

Tabla 437-02

Requisitos agregado grueso de adición en mezclas recicladas en frío

		Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
			≤ 0,3	> 0,3-3	> 3
Desgaste de Los Ángeles		MTC E 207	40% máx.	40% máx.	40% máx.
Desgaste Micro-Deval		ASTM D 7428		30% máx.	25% máx.
10% de finos (KN)	Seco	BS 812 Part 110			75 mín.
	Relación Húmedo/seco				75% mín.
Durabilidad al Sulfato de magnesio		MTC E 209	18% máx.	18% máx.	18% máx.
Partículas fracturadas mecánicamente (agregado grueso) % mínimo 1 cara/2 caras		MTC E 210	50/-	50/-	50/-
Partículas planas y alargadas		MTC E 221	10% máx.	10% máx.	10% máx.

Tabla 437-03

Requisitos agregados finos de adición en mezclas recicladas en frío

	Ensayo	Requerimiento según tipo de tráfico (millones de ejes equivalentes)		
		≤ 0,3	> 0,3-3	> 3
Durabilidad al Sulfato de magnesio	MTC E 209	18% máx.	18% máx.	18% máx.
Angularidad	ASTM D 1252	35% mín.	35% mín.	35% mín.
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18 máx.	18% máx.	18% máx.
Índice de plasticidad	MTC E 111	N.P.	N.P.	N.P.
Equivalente de arena	MTC E 114	30% mín.	30% mín.	30% mín.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.	0,5% máx.

b. Materiales bituminosos

Para los reciclados en frío efectuados en el mismo lugar, con emulsión asfáltica de rotura lenta, del tipo CSS-1, (cuyo residuo de destilación tenga una penetración entre 100 y 250 décimas de milímetro), que deberán ser compatible con los agregados pétreos y cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 415.02(c).** Si se requiere una emulsión de diferentes características, para rejuvenecer el asfalto por ejemplo, deberá ser objeto de una especificación especial. Se deberá comprobar, además, la compatibilidad de la emulsión asfáltica con el material fresado mediante el ensayo de recubrimiento y resistencia al desplazamiento sin adición de carbonato de calcio, según la norma de ensayo MTC E 409.

Para los reciclados con cemento asfáltico espumado, el material bituminoso será de penetración 85-100, compatible con los agregados pétreos, deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 415.02(b).** Si se requiere un cemento asfáltico de diferentes características, éste deberá ser especificado en el Proyecto.

En cualquier caso, se prohíbe la adición de fluidificantes ligeros o crudos de petróleo para producir el reblandecimiento del asfalto del pavimento existente.

c. Puzolanas

Se consideran como tales, algunos filler comerciales que complementan la acción del material bituminoso asfáltico en cuanto a su reactividad. Los más utilizados son el cemento Portland, la cal hidratada y las cenizas volátiles, cuyas características se deberán establecer en una especificación especial.

d. Aditivos mejoradores de adherencia entre los agregados y el asfalto

Cuando se requieran estos aditivos, se deberán ajustar a lo descrito en la **Sección 430.** La dosificación y dispersión homogénea del aditivo, deberán contar con la aprobación del Supervisor.

e. Agua

Según lo indicado en la **Subsección 420.02(c).**

La frecuencia de los ensayos se ejecutara de acuerdo a lo señalado en la **Tabla 437-08.**

Equipo

437.03

En adición a lo que establece la **Subsección 415.03**, el equipo para los trabajos aquí especificados deberá contar con elementos para la explotación, carga, transporte, trituración, lavado cuando se requiera, y clasificación de los eventuales agregados pétreos de adición para la corrección granulométrica; para la extracción de agua; para el almacenamiento, transporte y distribución del agua y del material bituminoso asfáltico; para la disgregación del pavimento existente y para la mezcla adecuada de todos los ingredientes; así como para la compactación y conformación de la capa reciclada.

Salvo justificación de lo contrario, será obligatorio el empleo de máquinas recicladoras que integren en una sola unidad las operaciones de fresado, de dosificación, de distribución de los fluidos, de mezcla y de extensión de la mezcla elaborada.

La máquina recicladora deberá estar provista de un rotor de fresado de eje horizontal y deberá ser capaz de fresar el pavimento en la profundidad y ancho especificados, produciendo un material homogéneo en una sola pasada a velocidad constante. La máquina deberá poseer un dispositivo de control automático que asegure el fresado en el espesor especificado, y de un elemento que evite el levantamiento del material en bloques.

La máquina recicladora deberá tener la posibilidad de introducir los aditivos líquidos de manera uniforme y precisa. Deberá, además, estar equipada con un tacómetro acoplado al control de la bomba de caudal variable, que asegure que el material bituminoso sólo es adicionado cuando la máquina está en marcha. El sistema de medida debe incluir un totalizador que permita conocer la cantidad de producto bituminoso que se está utilizando en cualquier período y un medidor de caudal que indique la cantidad instantánea de flujo durante la operación de mezclado. El mezclador deberá garantizar una mezcla homogénea y uniforme en todo el ancho y profundidad del reciclado.

El suministro de la emulsión asfáltica, del cemento asfáltico y del agua se realizará desde depósitos móviles, de manera que no se produzcan paradas innecesarias de la máquina recicladora.

Los equipos de compactación deberán ser autopropulsados, tener inversores de marcha suaves y disponer de elementos para la limpieza de los rodillos o neumáticos durante la compactación y para mantenerlos húmedos en caso necesario. El tren de compactación se definirá durante la ejecución del tramo de prueba, en todo caso, estará constituido, como mínimo, por un compactador vibratorio de rodillo metálico y un compactador de neumáticos. Las presiones lineales, estáticas o dinámicas, y las presiones de contacto de los diversos tipos de compactadores, serán las necesarias para conseguir la compacidad adecuada y homogénea de la mezcla en todo su espesor.

Los compactadores de rodillos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.

Requerimientos de construcción

437.04 Explotación de los materiales y elaboración de los agregados

Cuando se requiera la adición de material pétreo, para su explotación y elaboración rige lo especificado en la **Sección 415.04.**

437.05 Estudio de los materiales por reciclar

Se realizará una inspección a la superficie por reciclar para comprobar los datos del reconocimiento del Proyecto. Se tomarán muestras representativas de los materiales existentes en los diferentes tramos, comprobando el espesor y tipo de material en las diferentes capas. Como mínimo, se realizarán 4 perforaciones por kilómetro o por tramo diferenciado, si su longitud fuese menor.

Se tomarán muestras de material fresado en el espesor previsto en el Proyecto para el reciclado, empleando una máquina fresadora de iguales o similares características o que produzca un fresado adecuado o semejante a la

máquina que exijan las especificaciones técnicas del Proyecto. Sobre las muestras de cada material fresado se determinará la granulometría, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 204.

Los resultados del reconocimiento del terreno, de las perforaciones y de los ensayos de granulometría permitirán verificar que los tramos en los cuales se dividió la obra en los estudios del Proyecto son suficientemente homogéneos en relación con los objetivos pretendidos para el reciclado. Se considerará que no hay homogeneidad en un tramo, cuando los resultados de los ensayos individuales de granulometría y los espesores de las capas por reciclar presenten, respecto del promedio de los valores encontrados, variaciones superiores a las tolerancias establecidas en la **Tabla 437-04**, o cuando se detecte una variación manifiesta en el tipo de agregados.

Tabla 437-04

Tolerancias en la granulometría y en el espesor del material por reciclar para considerar que un tramo es homogéneo

CARACTERÍSTICA		TOLERANCIA
Granulometría (tolerancia respecto de la masa total del material por reciclar)	Porcentaje que pasa tamiz de 2 mm y mayores (n.º 10 y mayores)	± 6
	Porcentaje que pasa tamiz de 425 µm (n.º 40)	± 4
	Porcentaje que pasa tamiz de 75 µm	± 3
Espesor (variación en el espesor de la capa, en mm)	Capas asfálticas	25
	Capas granulares	50

437.06 Diseño de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Al respecto, rige todo lo que sea pertinente de la **Subsección 415.05.**

El Contratista determinará la cantidad óptima necesaria de material bituminoso residual para la combinación de agregados de cada tramo homogéneo y determinará el tipo y porcentaje de emulsión asfáltica o cemento asfáltico espumado y de los aditivos y otros elementos por incorporar, de modo de producir una mezcla cuya calidad sea comparable a una base estabilizada con emulsión asfáltica elaborada con agregados pétreos y material bituminoso asfáltico nuevos.

Previamente a la definición del contenido de material bituminoso, el Contratista establecerá la necesidad de incorporar agregados pétreos nuevos

en la mezcla para corregir deficiencias granulométricas e indicará la proporción en que ellos deban intervenir.

El Contratista también definirá la necesidad de prehumedecer el material preparado para la mezcla y determinará las humedades más apropiadas de mezcla y compactación. La humedad de compactación se determinará mediante el ensayo correspondiente (norma de ensayo MTC E 115) sobre el material por reciclar. Esta humedad se ajustará, si fuese necesario, durante la ejecución del tramo de prueba. Estas pruebas se deberán complementar con ensayos mecánicos adecuados para el diseño de la mezcla.

En el caso de reciclados con emulsión asfáltica, se utilizará para el diseño de la mezcla el ensayo de inmersión-compresión (MTC E 518), aplicándose los siguientes criterios como guías para la selección del contenido óptimo de material bituminoso en la mezcla reciclada, contenidos en la **Tabla 437-05.**

En el caso de reciclados con cemento asfáltico espumado, el diseño de la mezcla se efectuará a través de la medida de la resistencia a la tensión indirecta (ASTM D 4123), estableciéndose los siguientes parámetros para la preparación del espumado del asfalto:

- Relación de expansión (veces) ≥ 10
- Vida media (segundos) ≥ 08

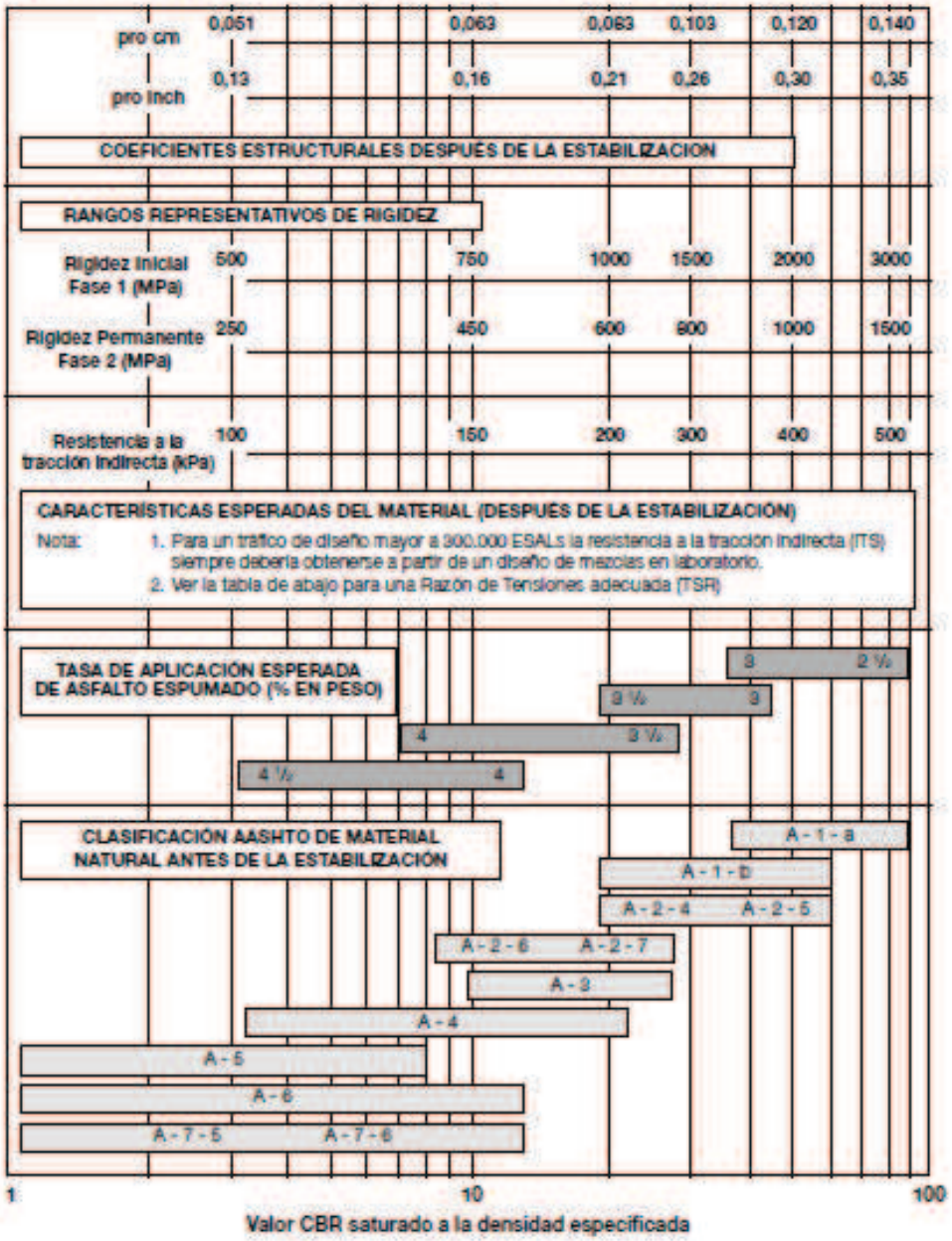
Para la selección del contenido óptimo de cemento asfáltico en la mezcla reciclada, se aplicarán los criterios, contenidos en la **Tabla 437-05.**

En ambos casos, el porcentaje óptimo de material bituminoso residual será aquel que, cumpliendo las exigencias indicadas, permita alcanzar el valor máximo de resistencia tras curado húmedo.

Se pueden utilizar otros procedimientos para el diseño de las mezclas. En tal caso, los métodos de diseño y los criterios de selección del porcentaje óptimo de material bituminoso se deberán definir en una especificación especial.

Tabla 437-05

Requisitos de la mezcla



Notas:

1. Todos los materiales clasificados como A4 o de menor calidad deberían ser pretratados con cal hidratada.
2. Materiales con IP < 10 y CBR < 45% deberían ser tratados con cemento a un porcentaje nominal de 1%.
3. Si se requiere, será necesario agregar finos bajo 0,075 mm para aumentar lograr el 5% mínimo requerido.
4. Las siguientes resistencias retenidas a la tracción son requeridas: (%)

Geometría del camino y drenaje	Seco (precipitación menor a 600 mm por año)	Moderado (precipitación entre 600 a 1000 mm por año)	Saturado (precipitación sobre los 1000 mm por año)
Sinuoso – buen drenaje	50	60	70
Plano – mal drenaje	60	65	75

El informe de diseño que presente el Contratista, en el cual propondrá la Fórmula de Trabajo por aplicar en cada tramo homogéneo, para consideración y aprobación del Supervisor, contendrá, cuando menos, la siguiente información:

- La identificación del tramo homogéneo, espesores y gradaciones características de los materiales por reciclar.
- La identificación y la proporción (en masa seca por m^3) de cada fracción del material granular, si se requieren agregados de adición.
- La granulometría de cada fracción del material granular y la granulometría combinada, si se requieren agregados de adición.
- El Optimo Contenido de Humedad (OCH) para mezcla y compactación.
- El porcentaje óptimo de material bituminoso residual y de emulsión o asfalto espumado.
- La identificación y dosificación de puzolanas y de aditivos, si se requieren, los cuales deben ser del mismo tipo utilizado en las pruebas de laboratorio y en la ejecución del Tramo de Prueba.
- La relación de expansión y vida media del cemento asfáltico, para el caso de reciclados con asfalto espumado.
- Las resistencias obtenidas a la compresión en la prueba de inmersión-compresión o tracción indirecta, según el caso.
- La masa unitaria seca máxima y la humedad óptima correspondientes a la dosificación de diseño.
- Los resultados de los ensayos complementarios que se indican en la presente especificación.
- La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas realizadas durante el Tramo de Prueba. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva Fórmula de Trabajo.

Los trabajos no se podrán iniciar a escala industrial, si la Fórmula de Trabajo definitiva para cada tramo no ha sido aprobada por el supervisor.

La aprobación de la Fórmula de Trabajo por parte del Supervisor, no exime al Contratista de su responsabilidad de alcanzar, con base en ella, la calidad exigida en esta Sección.

437.07 Remoción de obstáculos

Antes de proceder a la disgregación del pavimento, se deberán demoler parcial y temporalmente las estructuras de servicios públicos ubicadas dentro del área de pavimento por reciclar, cubriendo adecuadamente los orificios resultantes, de manera que el proceso de reciclado no afecte de manera adversa las estructuras, ni estas produzcan daño a la máquina recicladora.

La profundidad de demolición de las estructuras será la necesaria para proporcionar una altura libre suficiente entre la tapa temporal de ellas y la superficie del pavimento existente, de manera de permitir la operación libre y continua de la recicladora.

Las tapas temporales de las estructuras se deberán asegurar adecuadamente a ellas y deberán tener la suficiente resistencia para soportar los esfuerzos generados durante el proceso de reciclado.

La localización de las estructuras demolidas parcial y temporalmente deberá ser relacionada con precisión, de manera que una vez concluido el trabajo de reciclado ellas se puedan ubicar y reconstruir hasta el nivel definitivo de la rasante del pavimento.

437.08 Preparación de la superficie existente

También con antelación a la disgregación del pavimento, el Contratista deberá efectuar los bacheos en las zonas que se especifique en el Proyecto y/o apruebe el Supervisor, las cuales deberán corresponder a fallas de origen profundo que requieran corrección previa, con el fin de evitar deficiencias en el soporte de la capa reciclada. Las excavaciones se deberán rellenar con material de base granular hasta el nivel de la rasante existente, colocándolo y compactándolo en espesores que permitan obtener las densidades exigidas para dicho material en la **Subsección 403.13.**

Antes de proceder a la disgregación del pavimento, se deberá barrer y/o limpiar la superficie por tratar.

437.09 Tramo de pruebas

Rige lo indicado en la **Subsección 415.06**

437.10 Fresado del pavimento existente y eventual incorporación del agregado de adición.

Empleando el equipo y los procedimientos aprobados durante la ejecución del tramo de prueba, el Contratista fresará la capa bituminosa existente y la mezclará en una sola operación con parte de la base y/o subbase de acuerdo al espesor de diseño o aprobado por el Supervisor y, como resultado de dicho proceso, el material deberá cumplir con la gradación establecida en la **Subsección 437.02(a)**.

En caso que se requiera la adición de material pétreo para obtener la granulometría establecida en la Fórmula de Trabajo, la operación de fresado y mezclado deberá ser ejecutada, después de adicionar el agregado de aporte.

Todo material mayor al tamaño máximo especificado en el huso granulométrico que no haya sido reducido durante el proceso, será retirado y dispuesto en el lugar aprobado por el Supervisor.

Si fuera necesario abrir al tránsito vehicular alguna sección del pavimento colocado deberá ser previamente compactada y aprobada por el Supervisor.

En las áreas donde resulte imposible la operación de la máquina recicladora, el material se demolerá con otros medios mecánicos aprobados por el Supervisor y los productos así obtenidos se trasladarán a los DME, según lo establecido en la **Sección 209.**

437.11 Incorporación de aditivos, agua y producto bituminoso, elaboración y extensión de la mezcla

Antes de iniciar el proceso en obra, se deberán purgar y poner a punto las bombas y difusores de agua y producto bituminoso de la recicladora, por fuera del lugar de empleo, para garantizar las dosificaciones establecidas en la Fórmula de Trabajo, de manera continúa y uniforme. En cada parada de la recicladora se deberán limpiar los difusores y, como mínimo, 2 veces por día.

Las operaciones de abastecimiento de agua y productos bituminosos a la máquina se deberán realizar sin afectar la circulación en los carriles que se mantengan en servicio.

La aplicación de los aditivos puzolánicos, en la cantidad especificada, se hará sobre la superficie del pavimento por reciclar, antes del paso de la máquina

recicladora, si el proceso se va a realizar en una sola capa; en caso contrario, se aplicarán sobre el material pulverizado en cada capa.

Cuando el ancho de la superficie por reciclar sea mayor que el de operación de la recicladora, el trabajo se realizará por franjas paralelas que se traslaparán en un ancho aproximado de 30 cm, para no dejar materiales sin mezclar en los bordes. Si se están usando 2 equipos de reciclado en paralelo, se adoptará la misma precaución y el desfase en la operación de ellos deberá ser el menor posible para evitar la formación de una junta longitudinal.

La operación de extensión se deberá detener si se observa que se produce segregación o contaminación y se procederá a efectuar las correcciones necesarias antes de continuar los trabajos, no siendo permitido el uso de herramientas manuales en los acabados de la capa extendida.

Las operaciones de reciclado se deben realizar en segmentos completos. Cada segmento deberá ser pulverizado, mezclado y compactado en la misma jornada de trabajo.

Toda mezcla afectada por las lluvias durante su elaboración o después de compactada, será reemplazada a cuenta y costo del Contratista con la aprobación del Supervisor.

437.12 Compactación de la mezcla

Extendida la mezcla, se procederá a su compactación con el equipo y procedimiento aprobados durante la ejecución del tramo de prueba, hasta lograr los niveles de compactación exigidos.

Sin embargo, no podrá transcurrir más de media hora desde su extensión hasta el inicio de la compactación.

La compactación se realizará longitudinalmente, comenzando por el borde más bajo de la franja que se esté tratando, de manera continua, hasta alcanzar la masa unitaria especificada en este artículo.

Al compactar cada franja se efectuará un traslape mínimo de 30 cm con la precedente.

Los rodillos deberán llevar su rueda motriz hacia el frente; los cambios de dirección se harán sobre la mezcla ya compactada y los cambios de sentido se efectuarán con suavidad.

Siempre que el Supervisor lo considere necesario, se aplicarán riegos de agua durante el proceso de compactación para compensar las pérdidas por evaporación y para cerrar la textura de la capa.

En los lugares inaccesibles a los equipos convencionales de compactación, se permitirá la operación de placas o rodillos vibratorios pequeños, pero de características apropiadas para lograr resultados similares a los obtenidos con el equipo de compactación aprobado.

De ser preciso, se efectuará un perfilado final con motoniveladora, con el fin de obtener una pendiente transversal adecuada para el drenaje del agua superficial.

437.13 Juntas de trabajo

Después de extendida y compactada una franja, se realizará la siguiente mientras el borde de la primera se encuentre en condiciones de ser compactado; de lo contrario, se ejecutará una junta longitudinal, aplicando una capa delgada y uniforme de emulsión asfáltica antes de extender la nueva franja. Se procurará que las juntas longitudinales queden en los bordes de los carriles de la vía y, en caso excepcional, en el centro de ellos, pero nunca en las zonas de concentración de la circulación de las ruedas del tránsito automotor.

Las juntas transversales de trabajo se efectuarán fresando el material de una zona ya tratada en la longitud suficiente (en general no menos de un diámetro del rotor de fresado), bajando hasta la profundidad especificada sin avanzar, para que se pueda regular con precisión la incorporación del material bituminoso en la zona no tratada.

437.14 Apertura al tránsito

Terminada la compactación, la capa se podrá abrir al tránsito vehicular, limitando la velocidad de los vehículos a 30 km/h durante las primeras 48 horas, cuando el reciclado se haya realizado con asfalto espumado. Si el reciclado se ha realizado con emulsión asfáltica, la apertura no se podrá realizar antes de tres días o el aprobado por el Supervisor.

437.15 Curado y protección superficial de la capa compactada

Las capas recicladas en frío requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su apertura al tráfico. El tiempo de

curado deberá ser el suficiente para que el contenido de humedad del material reciclado y compactado sea inferior al uno 1%. Por lo general, dicho período es, como mínimo, de 10 días en el caso de reciclados con emulsión asfáltica y de 5 días cuando se utilice cemento asfáltico espumado, dependiendo de las condiciones climáticas.

Durante dicho periodo, el Contratista aplicará los riegos de protección que le solicite el Supervisor, para prevenir el deterioro de la capa reciclada por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos riegos se realizarán con una emulsión diluida en agua de manera que el material bituminoso residual sea aproximadamente el 30% y la dosificación del material bituminoso estará entre 0,2-0,3 kg/m^2 de material bituminoso residual.

437.16 Conservación

El Contratista deberá conservar la capa de pavimento reciclado en frío en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el Proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido, a su costo, con aprobación del Supervisor.

437.17 Trabajos de reciclado en frío

No se permitirán trabajos de reciclado en frío en el lugar con productos bituminosos cuando la temperatura ambiental sea inferior a 6ºC o en presencia de precipitaciones pluviales.

Los trabajos de construcción del pavimento reciclado en frío en el lugar con material bituminoso se deberán efectuar en condiciones de luz natural. Sin embargo, cuando se requiera culminar el Proyecto en un tiempo especificado o se deban evitar horas de alto tránsito público, el Supervisor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre que el Contratista garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que lo apruebe.

437.18 Reparaciones

Se aplica lo establecido en la **Subsección 418.14**.

Aceptación de los trabajos

437.19 Criterios

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

a. Controles

Rige lo que resulte aplicable de la **Subsección 415.07(a)**

b. Condiciones y tolerancias específicas para la aceptación

Si el reciclado se realiza con emulsión asfáltica, a la llegada de cada camión cisterna con emulsión al sitio de los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor una certificación original, expedida por el fabricante de la emulsión, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo y velocidad de rotura, así como los resultados de los ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en la **Subsección 415.02(c)** o las que se establezcan en la especificación especial.

El Supervisor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de emulsión asfáltica que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante. Además, efectuará las verificaciones exigidas en la **Subsección 427.05(b)** de estas especificaciones.

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la **Tabla 415-04** o en la especificación especial, según corresponda.

Cuando el reciclado se realice mediante la técnica del cemento asfáltico espumado, a la llegada de cada termotanque con cemento asfáltico al sitio de los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor una certificación original, expedida por el fabricante del producto, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo de asfalto, así como los resultados de los ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas en la **Subsección 415.02(b)** o las que se establezcan en la especificación especial.

El Supervisor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento asfáltico que no se encuentren respaldados por la certificación

del fabricante. Además, efectuará las verificaciones exigidas en la **Subsección 426.05(b).**

En relación con los resultados de las pruebas, no se admitirá ninguna tolerancia sobre los límites establecidos en la **Tabla 415-02** o en la especificación especial, según corresponda.

Además, realizará u ordenará pruebas para verificar la relación de expansión y la vida media del asfalto espumado.

c. Calidad del agua

Según lo indicado en la **Subsección 420.02(c).**

d. Calidad de los aditivos y los elementos de aporte

El Supervisor realizará u ordenará las pruebas requeridas para verificar la calidad de estos productos, cada vez que lo considere necesario. El incumplimiento de las especificaciones pertinentes de estos productos, implicará el rechazo del envío correspondiente.

e. Calidad de los agregados pétreos de aporte

En caso que se requieran agregados pétreos nuevos, de cada procedencia de ellos y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- La granulometría, según norma de ensayo MTC E 204.
- La resistencia a la abrasión, según la norma de ensayo MTC E207.
- La resistencia a la abrasión, según la norma de ensayo ASTM D 6928. (se exige solo en proyectos para tránsitos medio y alto).
- El 10% de finos, (se exige solo en proyectos para tránsito bajo).
- Las pérdidas en el ensayo de durabilidad en sulfatos, según la norma de ensayo MTC E 209.
- Las partículas fracturadas mecánicamente, según norma de ensayo MTC E 210.
- La angularidad de la fracción fina, según norma de ensayo MTC E 222.
- Partículas chatas y alargadas, según la norma de ensayo ASTM D 4791.
- El índice de plasticidad, según normas de ensayo MTC E 110 y MTC E 111.

- El equivalente de arena, según la norma de ensayo MTC E 114.
- El valor de azul de metileno, según norma de ensayo AAHTO TP 57.
- Contenido de terrones de arcilla y partículas friables, norma de ensayo MTC E 212.
- La adhesividad con el material bituminoso asfáltico, según norma de ensayo MTC E 518.
- El valor de CBR, medido según la norma de ensayo MTC E 132.

Para permitir el uso del agregado, los resultados de estos ensayos deberán cumplir las exigencias que, para el material de aporte de reciclados en frío, contempla la **Tabla 437-03.**

La frecuencia de los ensayos se ejecutara de acuerdo a lo señalado en la **Tabla 437-08.**

Los materiales producidos deben ser acopiados y manipulados con los cuidados correspondientes a fin de evitar su contaminación con tierra vegetal, materia orgánica u otros, de ocurrir tal hecho, serán rechazados por el Supervisor.

Además, realizará las verificaciones periódicas indicadas en la **Tabla 423-13**.

Así mismo, el Supervisor podrá efectuar las pruebas adicionales que considere necesarias para tener certeza de que la calidad de los agregados de adición se ajusta a las exigencias de la presente especificación.

En ningún caso se permitirá el uso de agregados que no satisfagan los requisitos mencionados en la presente Sección. En el caso de que alguna prueba dé lugar a un resultado no satisfactorio, se tomarán 2 muestras adicionales del material y se repetirá la prueba. Los resultados de ambos ensayos deberán ser satisfactorios o, de lo contrario, el Supervisor rechazará el uso del volumen de agregado al cual representen dichos ensayos.

f. Composición de la mezcla

1. Contenido de asfalto

Sobre 3 muestras de la mezcla elaborada cada 3.500 m^2, se determinará el contenido de asfalto de ellas, empleando la norma de ensayo MTC E 502.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia del 1% con respecto al establecido en la Fórmula de Trabajo (ARF%). Dicho porcentaje incluye tanto la cantidad de material bituminoso aportada por la emulsión o el cemento asfáltico espumado, como la suministrada por la estructura que se recicla.

$$ARF\%-1{,}0\% \leq ART\% \leq ARF\% + 1{,}0\%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%), no podrá diferir del valor medio del lote (ART%) en más del 1,0%, admitiéndose sólo un valor por fuera de este intervalo.

$$ART\%-1{,}0\% \leq ARI\% \leq ART\% + 1{,}0\%$$

Un porcentaje de asfalto residual fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote.

La frecuencia de los ensayos se ejecutara de acuerdo a lo señalado en la **Tabla 437-08.**

2. Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados. Las curvas obtenidas deberán ajustarse a la establecida al determinar la Fórmula de Trabajo, con las tolerancias que se indican en la **Tabla 437-06**

Tabla 437-06

Tolerancias granulométricas de los agregados para reciclado en frío in situ empleando material bituminosos bituminosos

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
2,00 mm (Nº. 10) y mayores	±6
425 µm (Nº. 40)	±4
75 µm (Nº. 200)	±3

Cuando los valores obtenidos no cumplan este requisito, el Contratista deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de emulsión o asfalto espumado que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas mencionadas en la **Subsección 437.06**. Si todos los requisitos allí indicados no se cumplen, se rechazará el lote al cual correspondan esas muestras.

La frecuencia de los ensayos se ejecutara de acuerdo a lo señalado en la **Tabla 437-08.**

g. Calidad de la mezcla

1. Resistencia

Con un mínimo de 2 muestras por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (3 por muestra) para verificar en el laboratorio su resistencia en el ensayo de inmersión-compresión cuando el reciclado se ejecute con emulsión asfáltica o en el ensayo de tracción indirecta cuando se realice con asfalto espumado, 3 de ellas se curarán en seco y 3 condición húmeda.

El promedio de la resistencia de las 3 probetas sometidas a curado seco (R_m) deberá ser, como mínimo, igual al 95% de la resistencia seca de la mezcla definitiva de trabajo (R_t). Un criterio similar se aplicará para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0{,}95\ R_t$$

Además, la resistencia de cada probeta (R_i) deberá ser igual o superior al 90% del valor medio correspondiente (R_m), admitiéndose sólo un valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0{,}9\ R_m$$

Si estos requisitos se no cumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras.

En caso de rechazo, la capa reciclada correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y reemplazada con aprobación del Supervisor, todo ello a cargo y costo del Contratista.

Si el incumplimiento se presenta en 2 lotes consecutivos, se deberán suspender los trabajos hasta que se estudie una nueva Fórmula de Trabajo que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en la **Subsección 437.06**, para el tipo de mezcla que se esté evaluando.

La frecuencia de los ensayos se ejecutara de acuerdo a lo señalado en la **Tabla 437-08.**

h. Calidad del trabajo terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se recicla, excluidos sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Supervisor. La cota definitiva de cualquier punto de la capa reciclada en frío no podrá variar en más de 10 mm de la proyectada.

Además, el Supervisor deberá realizar las siguientes verificaciones:

1. Compactación

Las determinaciones de la densidad de la capa compactada se realizará en una proporción de cuando menos 5 por cada 3.500 m^2 y las cuales se efectuarán por alguno de los métodos descritos en las normas MTC E-117 y MTC E-124. Los sitios para las mediciones se elegirán de acuerdo al **Anexo Nº 1** "Proceso aleatorio para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo al azar".

La densidad seca promedio de los ensayos en el terreno que integran la muestra que representa al tramo (D_m), deberá ser comparada con la

máxima de referencia obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo MTC E-115), efectuado durante el diseño de la mezcla (D_e).

Si $D_m-(k \times s) \geq 0{,}95\ D_e$ se acepta el lote

Si $D_m-(k \times s) < 0{,}95\ D_e$ se rechaza el lote

Siendo:

D_m: Valor promedio de los resultados de los ensayos en el terreno que integran la muestra que representa al tramo

$$D\,m = \frac{\sum D_i}{n}$$

D_i: Resultado de un ensayo.

n : Número de ensayos que integran la muestra.

k: Factor que establece el límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de 90%, se encuentra la densidad seca del lote. Este factor depende del número de ensayos (n) que integran la muestra y su valor se indica en la **Tabla 437-07.**

Tabla 437-07

Valores del factor K

n	5	6	7	8	9	10
k	0,685	0,602	0,544	0,500	0,465	0,437

s : Desviación estándar de la muestra.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (D_i - D_m)^2}{n-1}}$$

D_e: Valor máximo de la densidad seca del material, y corregido por presencia de partículas gruesas, siempre que el material lo requiera.

Las comprobaciones de la compactación se realizarán cuando se haya cumplido el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la ejecución del Tramo de Prueba.

En caso de rechazo, la capa de pavimento reciclado en frío correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado y reemplazada con la aprobación del Supervisor, todo ello a cargo y costo del Contratista.

2. Espesor

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, el Supervisor determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (e_i), deberá ser, cuando menos, el 95% del espesor de diseño, admitiéndose sólo un valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando este valor sea superior al 85% del espesor de diseño (e_d).

$$e_i \geq 0{,}95\ e_d$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote, salvo que el Contratista se comprometa a compensar la deficiencia incrementando el espesor de la capa superior del pavimento en el espesor faltante, sin que el exceso de espesor por colocar de esta última genere costo alguno para la entidad contratante.

3. Uniformidad de la superficie

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores de 5 mm en capas de rodadura o 10 mm en capas de base o intermedias y bacheos. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

4. Medidas de deflexión

El Supervisor verificará la solidez de la estructura construida al nivel de pavimento reciclado en frío en el lugar con productos bituminosos, realizando medidas de deflexión con la viga Benkelman o FWD u otro equipo debidamente aprobado por el Supervisor. Los resultados de las medidas, que se efectuarán alternadamente en las huellas externas cada 20 m, no constituirán base para la aceptación o el rechazo de la capa construida, sino que servirán al Supervisor para verificar la homogeneidad de la estructura que se construye y realizar los ajustes que pudieran resultar necesarios al diseño estructural del pavimento.

Todas las áreas del pavimento reciclado en frío en el lugar con productos bituminosos, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias admitidas en esta especificación, deberán ser reemplazadas por el Contratista, a su costo, de acuerdo con la aprobación del Supervisor.

Tabla 437-08

Ensayos y frecuencias

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de muestreo
Agregado	Granulometría	MTC E 204	200 m^3	Tolva en frío
	Plasticidad	MTC E 110	200 m^3	Tolva en frío
	Partículas Fracturadas	MTC E 210	500 m^3	Tolva en frío
	Equivalente arena	MTC E 114	1.000 m^3	Tolva en frío
	Partículas planas y alargadas	MTC E 221	500 m^3	Tolva en frío
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	1.000 m^3	Tolva en frío
	Angularidad del agregado fino	MTC E 222	1.000 m^3	Tolva en frío
	Perdida en sulfato de magnesio	MTC E 209	1.000 m^3	Tolva en frío
	Azul de metileno	Aashto Tp 57	1.000 m^3	Tolva en frío
Mezcla Asfáltica	Contenido de Asfalto	MTC E 502	2 por día	Pista/planta
	Granulometría			
	Inmersión-compresión	MTC E 518	2 por día	Pista/planta
	Resistencia curado en seco		2 por día	Pista/planta
	Densidad	MTC E 506, MTC E 508 y MTC E 510	1 cada 250 m^2	Pista compactada
	Espesor	MTC E 507	Cada 250 m^2	Pista compactada
	Resistencia al deslizamiento	MTC E 1004	1 por día	Pista compactada
	Adherencia	MTC E 519	1.000 m3	Pista/planta
Cemento Asfáltico	Según 437.20(b)		$\sqrt{n}$ (*)	Tanques al llegar a obra

(*) n representa el número de tancadas de 30.000 l de cemento asfáltico requeridos en la obra.

Medición

437.20

Rige lo especificado en la **Subsección 415.08.**

Pago

437.21

Rige lo descrito en la **Subsección 415.09.**

Partida de pago	Unidad de pago
437.A Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en frío con emulsión asfáltica	Metro cúbico (m^3)
437.B Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en frío con cemento asfáltico espumado	Metro cúbico (m^3)

PAVIMENTOS RIGIDOS

SECCION 438

PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

SECCIÓN 438

Pavimento de concreto hidráulico

Descripción

438.01

Este trabajo consiste en la elaboración o fabricación de mezclas de concreto hidráulico con cemento Portland y su colocación, con o sin refuerzo, sobre una superficie debidamente preparada, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

438.02

a. Concreto hidráulico

Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento, agua, agregado fino y grueso y aditivos, cuando estos últimos se requieran. Los materiales deberán cumplir con los requisitos básicos que se indican a continuación:

1. Cemento

El cemento utilizado será Portland, de marca aprobada oficialmente. Si los documentos del Proyecto o una especificación especial no señalan algo diferente, se empleará el denominado Tipo I de los descritos en la Subsección 439.02.

No se permitirá el uso de cemento endurecido por diversas razones o cuya fecha de vencimiento haya expirado.

2. Adiciones

Si el Proyecto lo considera, se podrá utilizar cemento con adiciones, de conformidad con la especificación NTP 334.090 (ASTM C 595). Las adiciones deberán ser incorporadas en la fábrica del cemento.

Si la adición está constituida por cenizas volantes o puzolanas crudas o calcinadas, éstas deberán cumplir los requisitos de las clases C, F ó N de la especificación NTP 334.104 (ASTM C-618), excepto que las pérdidas por ignición para las clases F ó N no podrán exceder de 6%.

Si se trata de escoria de alto horno, molida y granulada, deberá cumplir lo exigido en la especificación ASTM C-989 para los grados 100 ó 120.

Tanto si se emplea cemento Portland tipo I como adicionado, el Contratista deberá presentar los resultados de todos los ensayos físicos y químicos relacionados con él, como parte del diseño de la mezcla.

3. Agua

Según lo indicado en la **Subsección 420.02(c).**

Cuando se empleen otras fuentes o cuando se mezcle agua de 2 o más procedencias, el agua deberá ser calificada mediante ensayos. Los requisitos primarios para esta calificación serán los incluidos en la **Tabla 438-01**.

Tabla 438-01

Requisitos de performance del concreto para el agua de mezcla

Ensayo	Límites	Método de ensayo
pH	5.5 – 8.5	NTP 339.073
Resistencia a compresión, mínimo, % del control a 7 días[A].	90	NTP 339.034
Tiempo de fraguado, desviación respecto al control, horas: minutos[A].	De 1 h más temprano a 1,5 h más tarde	NTP 339.082

[A] Las comparaciones estarán basada en proporciones fijas para un diseño de mezcla de concreto representativo con abastecimiento de agua cuestionable y una mezcla de control utilizando agua 100 % potable o agua destilada

Los requisitos que se muestran en la **Tabla 438-02** se consideran opcionales y sirven para que el productor de la mezcla mantenga documentada la química y el contenido del agua de mezclado.

Tabla 438-02

Límites químicos opcionales para el agua de mezclado

Contaminante	Límite ppm[A]	Método de ensayo
[A]. Cloruro como Cl^-		
1. En concreto pretensado, tableros de puentes, o designados de otra manera.	500[B]	NTP 339.076
2.Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido, o metales diversos, o con formas galvanizadas permanentes.	1.000[B]	NTP 339.076
B. Sulfatos como $SO_4^=$	3.000	NTP 339.074
C. Álcalis como (Na_2O + 0,658 K_2O)	600	ASTM C 114
D. Sólidos totales por masa	50.000	ASTM C 1603

[A] ppm es la abreviación de partes por millón.

[B] Cuando el productor pueda demostrar que estos límites para el agua de mezcla pueden ser excedidos, los requerimientos para el concreto del Código ACI 318 regirán. Para condiciones que permiten utilizar cloruro de calcio ($CaCl_2$) como aditivo acelerador, se permitirá que el comprador pueda prescindir de la limitación del cloruro

4. Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (Nº. 4). Provendrá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, de acuerdo al Proyecto.

El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del 30% de la masa del agregado fino.

El agregado fino deberá satisfacer el requisito granulométrico señalado en la **Tabla 438-03**. Además de ello, la gradación escogida para el diseño de la mezcla no podrá presentar más del 45% de material retenido entre dos tamices consecutivos y su módulo de finura se deberá encontrar entre 2,3 y 3,1.

Siempre que el módulo de finura varíe en más de dos décimas respecto del obtenido con la gradación escogida para definir la Fórmula de Trabajo, se deberá ajustar el diseño de la mezcla.

Tabla 438-03

Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

Tamiz		Porcentaje que pasa
Normal	Alterno	
9,5 mm	3/8"	100
4,75 mm	N.º 4	95-100
2,36 mm	N.º 8	80-100
1,18 mm	N.º 16	50-85
600 µm	N.º 30	25-60
300 µm	N.º 50	10-30
150 µm	N.º 100	2-10

El agregado fino deberá cumplir, además, los requisitos de calidad indicados en la **Tabla 438-04**.

Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la **Tabla 438-04** para el contenido de materia orgánica, este se podrá aceptar, si al ser ensayado en relación con el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, se obtiene una resistencia relativa a 7 días no menor de 95%, calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma NTP 400.013 (ASTM C 87).

Tabla 438-04

Requisitos del agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

Ensayo		Norma MTC	Norma NTP	Requisito
Durabilidad				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo ≥ 3 000 msnm	- Sulfato de sodio	MTC E 207	NTP 400.016	10
	- Sulfato de magnesio	MTC E 209	NTP 400.016	15
Limpieza				
Índice de plasticidad, % máximo		MTC E 111	NTP 339.129	No plástico
Equivalente de arena, %mínimo	f'c≤21 MPa (210 kg/cm^2)	MTC E 114	NTP 339.146	65
	f'c>21 MPa (210 kg/cm^2)	MTC E 114	NTP 339.146	75
Terrones de arcilla y partículas deleznables, % máximo		MTC E 212	NTP 400.015	3
Carbón y lignito, % máximo		MTC E 211	NTP 400.023	0,5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (N.º 200), % máximo		MTC E 202	NTP 400.018	3
Contenido de materia orgánica				
Color más oscuro permisible		MTC E 213	NTP 400.024	Igual a muestra patrón
Características químicas				
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$ % máximo.		-.-	NTP 400.042	1,2
Contenido de cloruros, expresado como cl^-, % máximo.		-.-	NTP 400.042	0,1
Absorción				
Absorción de agua, % máximo		MTC E 205	NTP 400.022	4

5. Agregado grueso

Se considera como tal, la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (Nº. 4). Dicho agregado deberá proceder fundamentalmente de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará

exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar la calidad de la mezcla. Permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno.

Su gradación se deberá ajustar a alguna de las señaladas en la **Tabla 438-05**. Siempre que el tamaño máximo nominal sea mayor de 25 mm (1"), el agregado grueso se deberá suministrar en las dos fracciones que indica la **Tabla 438-05**.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller o Bolomey.

El tamaño máximo nominal del agregado no deberá superar un tercio del espesor de diseño del pavimento. El agregado grueso deberá cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la **Tabla 438-06**.

Siempre que se requiera la mezcla de dos o más agregados gruesos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la **Tabla 438-06** para dureza, durabilidad y contenido de sulfatos deberán ser satisfechos de manera independiente por cada uno de ellos. La limpieza y las propiedades geométricas, se medirán sobre muestras del agregado combinado en las proporciones definidas en la Fórmula de Trabajo.

Tabla 438-05

Granulometría del agregado grueso para concreto Portland

HUSO	Tamaño Nominal (tamices con aberturas cuadrada)	% Porcentaje que pasa													
		100 mm (4 plg)	90 mm (3 ½ plg)	75 mm (3 plg)	63 mm (2½ plg)	50 mm (2 plg')	37,5 mm (1½ plg)	25,0 mm (1 plg)	19,0 mm (¾ plg)	12,5 mm (½ plg)	9,5 mm (3/8 plg)	4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (Nº 16)	300 µm (Nº 50)
1	90 a 37,5 mm (3 ½ a 1½ plg)	100	90 a100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 a 37,5 mm (2½– 1½ plg)	-	-	100	90 a 100	35 a70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 a 25 mm (2 a 1 plg)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 a 4,75 mm (2 plg a N° 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37,5 a 19,0 mm (1½ a ¾ plg)	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37,5 a 4,75 mm (1½ plg a N° 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 a 12,5 mm (1 a ½ plg)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 a 9,5 mm (1 a 3/8 plg)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 a 4,75 mm (1 plg a N° 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 a 9,5 mm (¾ plg a 3/8 plg)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 a 4,75 mm (¾ plg a N° 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12,5 a 4,75 mm (½ plg a N° 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9,5 a 2,36 mm (3/8 plg a N° 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9,5 a 1,18 mm (3/8 plg a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9A	4,75 a 1,18 mm (N° 4 a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

([A]) El agregado de número de tamaño 9 está definido en el documento Terminology C 125 como un agregado fino. Está incluido como un agregado grueso cuando está combinado con un material de número de tamaño 8 para crear un número de tamaño 89, que es un agregado grueso según está definido por el documento Terminology C 1.

Nota: Se permitirá el uso de los agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida (NTP 400.037).

(**) NTP 400.037 Agregados " Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)" : se permitirá el uso de los agregados que no cumplan con las especificaciones especificas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida. Se debe de considerar como una EE.

Tabla 438-06

Requisitos del agregado grueso para pavimentos de concreto hidráulico

Ensayo		Norma MTC	Norma NTP	Requisito
Dureza				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles		MTC E 207	NTP 400.019 NTP 400.020	40
Durabilidad				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo≥ 3 000 msnm.	- Sulfato de sodio	MTC E 209	NTP 400.016	12
	- Sulfato de magnesio	MTC E 209	NTP 400.016	18
Limpieza				
Terrones de arcilla y partículas deleznables, % máximo		MTC E 212	NTP 400.015	3
Carbón y lignito, % máximo		MTC E 211	NTP 400.023	0,5
Geometría de las partículas				
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), % mínimo		MTC E 210	D – 5821 (*)	60
Partículas chatas y alargadas (relación 5:1) , % máximo		-.-	NTP 400.040	15
Características químicas				
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^=$, % máximo.		-.-	NTP 400.042	1,0
Contenido de cloruros, expresado como cl^-, % máximo.		-.-	NTP 400.042	0,1

(*) ASTM D-5821

6. Reactividad

Los agregados, tanto gruesos como finos, no deberán presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo, si al determinar su concentración de SiO_2 y la reducción de alcalinidad R, mediante la norma MTC E-217, se obtienen los siguientes resultados:

$$SiO_2 > R \quad \text{cuando } R \geq 70$$

$$SiO_2 > 35 + 0{,}5\,R \quad \text{cuando } R < 70$$

Si el agregado califica como potencialmente reactivo, en base a los criterios anteriores, no debe ser utilizado en la producción de concretos, a no ser que se demuestre que no es nocivo para el concreto, en base a evaluaciones complementarias, como las indicadas en el apéndice de la especificación NTP 400.011 (ASTM C 33), en especial las que hacen referencia a las normas NTP 339.067 (ASTM C 227), ASTM C 342 y NTP 334.110 (ASTM C 1260).

7. Aditivos

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad para modificar las propiedades del concreto, con la finalidad de adecuarlo a las condiciones especiales del pavimento por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con las dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin que se perturben las propiedades restantes de la mezcla, ni representen peligro para la armadura que pueda tener el pavimento.

Los aditivos por usar pueden ser los siguientes:

- Inclusores de aire, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 260. El agente inclusor de aire deberá ser compatible con cualquier aditivo reductor de agua que se utilice.
- Aditivos químicos, que pueden ser reductores de agua, acelerantes y retardantes de fraguado, los cuales deberán cumplir los requerimientos de la especificación ASTM C 494, incluyendo el ensayo de resistencia a la flexión. Los aditivos reductores de agua se deberán incorporar en la mezcla separadamente de los inclusores de aire, de conformidad con las instrucciones del fabricante.

La utilización de acelerantes o retardantes se debe evitar en la medida de lo posible; se podrán utilizar únicamente en casos especiales, previa evaluación por parte del Contratista y aprobación del Supervisor.

b. Acero

En el Proyecto se indicará el acero necesario para la construcción del pavimento, bien sea para los elementos de enlace o transferencia en las juntas o como refuerzo de las losas. Las barras de acero deberán cumplir con la especificación ASTM A 615.

1. Pasadores o barras pasajuntas

En las juntas transversales que muestren las especificaciones del Proyecto y/o en los sitios en que indique el Supervisor, se colocarán pasadores constituidos por barras lisas de hierro, como mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes.

Las barras serán de acero redondo y liso, con límite de fluencia (fy) mínimo de 420 MPa (4200 kg/cm^2); ambos extremos de los pasadores deberán ser lisos y estar libres de rebabas cortantes. En general, las barras deberán estar libres de cualquier imperfección o deformación que restrinja su deslizamiento libre dentro del concreto.

Los pasadores de barras lisas de acero se tratarán en un espacio comprendido entre la mitad y tres cuartos de su longitud con una película fina de algún producto que evite su adherencia al concreto. Cuando los pasadores se coloquen en juntas de dilatación, el extremo correspondiente a la parte tratada se protegerá con una cápsula de diámetro interior ligeramente mayor que el del pasador y una longitud mínima de 5 cm.

Las características y dimensiones de los pasadores y las varillas de unión serán las indicadas en el Proyecto.

Antes de su colocación, los pasadores se deberán revestir con una capa de grasa u otro material que permita el libre movimiento de ellos dentro del concreto e impida su oxidación.

El casquete para los pasadores colocados en las juntas transversales de dilatación deberá ser de metal u otro tipo de material aprobado y deberá tener la longitud suficiente para cubrir entre 5 cm y 7,5 cm del pasador, debiendo ser cerrado en el extremo y con un tope para mantener la barra al menos a 2,5 cm del fondo del casquete. Los casquetes deberán estar diseñados para que no se desprendan de los pasadores durante la construcción.

2. Barras de amarre

En las juntas que muestren las especificaciones técnicas del Proyecto y/o en los sitios en que indique el Supervisor, se colocarán barras de amarre, con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la

abertura de las juntas. Las barras serán corrugadas, con límite de fluencia (fy) de 420 MPa (4200 kg/cm^2).

En general, las barras de amarre no deberán ser dobladas y enderezadas; sin embargo, si por razones constructivas es absolutamente indispensable doblarlas y enderezarlas, con aprobación del Supervisor, se deberá utilizar un acero con límite de fluencia (fy) de 420 MPa (4200 kg/cm^2); en este caso, el Contratista deberá rediseñar el sistema de barras de amarre para acomodarlo a la nueva resistencia, rediseño que deberá ser verificado y aprobado por el Supervisor, cuando corresponda.

3. Refuerzo de las losas

Los documentos del Proyecto pueden requerir la colocación de una o 2 parrillas de refuerzo en todas o algunas de las losas del Proyecto, bien sea como parte integral del diseño o como sistema para controlar la aparición o el ensanche de grietas. Como guía general, se requerirá la colocación de, al menos, una parrilla de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (mayor dimensión en planta) superior a 24 veces el espesor de la misma.
- Losas con relación largo/ancho mayor que 1,4.
- Losas de forma irregular (diferente de la rectangular o cuadrada).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las de las losas adyacentes.

El acero de refuerzo de las losas estará constituido por barras con límite de fluencia (fy) de 420 MPa (4200 kg/cm^2). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización, etc., deberán quedar definidos en el Proyecto.

c. Productos de curado

El curado del concreto en obra se podrá llevar a cabo según la forma prevista en los documentos del Proyecto, mediante:

- Humedad.
- Productos químicos.

- Láminas para cubrir el concreto.

Si el curado se realiza mediante humedad, el agua utilizada deberá cumplir los requisitos de la **Subsección 438.02(a)(3)**. El material de cobertura deberá ser de un material con alta retención de humedad.

En el caso de los productos químicos, se empleará un producto de calidad certificada que, aplicado mediante aspersión sobre la superficie del pavimento garantice el correcto curado de éste. El producto por utilizar, debe satisfacer todas las especificaciones de calidad que indique su fabricante. La efectividad de los productos de curado se debe demostrar mediante experiencias previas exitosas o ensayos al inicio de la colocación del concreto. Deberán cumplir con la especificación ASTM C-309, tipo 2, clase B, o clase A sólo si la base es de parafina.

Las láminas de curado pueden ser de polietileno blanco o de papel de curado, que cumplan con la especificación ASTM C-171.

d. Membranas para la separación del pavimento

En caso que el Proyecto lo considere, para evitar la adherencia entre el concreto de las losas y el material de base o evitar el reflejo de fisuras de la base en las losas de concreto, se emplearán membranas de separación entre las losas y su capa de apoyo. Estas membranas deberán cumplir con la especificación ASTM C-171.

Es recomendable que al colocar este tipo de membranas, las losas de concreto se apoyen sobre bases de concreto sin o con juntas que no coincidan con las de las losas del pavimento.

e. Productos para las Juntas

1. Material de sello

En el Proyecto se especificará el tipo de material de sello a emplear en las juntas del pavimento, que podrá ser de los siguientes tipos:

- **Sello de silicona:** El material a emplear deberá cumplir tanto los requisitos establecidos en el Proyecto como las especificaciones de la **Tabla 438-07.**
- **Sello de aplicación en caliente:** El material a emplear deberá cumplir con los requisitos establecidos en la especificación ASTM D-3405.

Tabla 438-07

Requisitos para el material de sello de juntas en pavimento de concreto hidráulico

Propiedad	Norma de ensayo	Requisito
Esfuerzo de tensión a 150% de elongación (7 días de curado a 25ºC ± 5ºC y 45% a 55% de humedad relativa)	ASTM D 412	310 Kpa máximo
Flujo a 25ºC ± 5ºC	ASTM C 639 (15% Canal A)	No deberá fluir del canal
Tasa de extrusión a 25ºC ± 5ºC	ASTM C 603 (1/8'' a 50 psi)	75-250 gm/min
Gravedad específica	ASTM D 792 (Método A)	1,01 a 1,51
Dureza a -18ºC (7 días de curado a 25ºC ± 5ºC)	ASTM C 2240	10 a 25
Resistencia a intemperismo después de 5.000 horas de exposición continua	ASTM C 793	Sin agrietamiento, pérdida de adherencia o superficies polvorientas por desintegración
Superficie seca a 25ºC ± 5ºC y 45% a 55% de humedad relativa	ASTM C 679	Menor de 75 minutos
Elongación a la rotura después de 21 días de curado a 25ºC ± 5ºC y 45% a 55% de humedad relativa	ASTM D 412	750% mínimo
Fraguado al tacto a 25ºC ± 5ºC y 45% a 55% de humedad relativa	ASTM D 1640	Menos de 75 minutos
Vida en el contenedor a partir del día de embarque	-	6 meses mínimo
Adhesión a bloques de mortero	AASTHO T 132	345 kPa mínimo
Capacidad de movimiento y adhesión Extensión de 100% a 18ºC después de 7 días de curado al aire a 25ºC ± 5ºC, seguido por 7 días en agua a 25ºC ± 5ºC	ASTM C 719	Ninguna falla por adhesión o cohesión después de 5 ciclos

2. Tirilla o cordón de respaldo

La tirilla de respaldo deberá ser de espuma de polietileno extruida de celda cerrada y de diámetro aproximadamente 25% mayor que el ancho de la caja de junta. Deberá cumplir con la especificación ASTM D 5249.

3. Material de relleno para juntas de expansión

El material de relleno para juntas de expansión deberá ser suministrado en piezas de la altura y el largo requeridos para la junta. Previa aprobación del Supervisor, se podrán utilizar ocasionalmente 2 piezas para completar el largo (nunca la altura), caso en el cual los 2 extremos que se juntan deberán quedar adecuadamente asegurados, para garantizar la conservación de la forma requerida, sin moverse. Los materiales por emplear deberán cumplir con alguna de las especificaciones ASTM D 994, ASTM D 1751 ó ASTM D 1752.

f. Resina epóxica

Si se insertan barras dentro del concreto endurecido, en orificios elaborados mediante taladrado, su anclaje al pavimento se deberá asegurar empleando resina epóxica conforme con la especificación ASTM C 881, Tipo I, grado 3, clase C. Las clases A y B se pueden emplear, si la temperatura del concreto endurecido es inferior a 16ºC.

La resina epóxica que se utilice para la reparación de fisuras a edades tempranas del concreto, deberá ser del tipo IV, grado 1, de la especificación ASTM C-881, y la que se use como imprimante para la reparación de juntas astilladas, será del tipo III, grado 1, de la misma especificación.

Equipo

438.03

Todo el equipo necesario para la ejecución de los trabajos deberá cumplir con lo estipulado en la **Subsección 05.11**. Los principales equipos requeridos son los siguientes:

a. Equipos para la elaboración de agregados

Para el proceso de producción de los agregados pétreos se requieren equipos para su explotación, carguío, transporte y producción. La unidad de proceso consistirá en una unidad clasificadora y, de ser necesario, una planta de trituración provista de trituradoras primaria, secundaria y terciaria siempre que esta última se requiera, así como un equipo de lavado. La planta deberá estar provista de los filtros necesarios para controlar la contaminación ambiental de acuerdo con la reglamentación vigente.

b. Equipos para la elaboración del concreto

El concreto para la construcción del pavimento se fabricará en centrales de mezcla discontinua, capaces de manejar simultáneamente el número de fracciones de agregados que exija la Fórmula de Trabajo adoptada. La producción horaria de la central de fabricación deberá ser capaz de suministrar el concreto sin que se interrumpa la alimentación de la pavimentadora, cuando este equipo se utilice.

Las tolvas para agregados deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y estarán provistas de dispositivos para evitar intercontaminaciones; su número mínimo será función del número de fracciones de agregado pétreo que exija la Fórmula de Trabajo adoptada.

Para el cemento a granel se utilizará una balanza independiente de la utilizada para los agregados.

El mecanismo de carga deberá estar protegido contra un eventual cierre antes de que la tolva de pesada estuviera adecuadamente cargada. El de descarga, contra una eventual apertura antes que la carga del cemento en la tolva de pesada hubiera finalizado, y que la masa del cemento en ella difiera en ±1% de la especificada; además, estará diseñado de forma que permita la regulación de la salida del cemento sobre los agregados.

La dosificación de los agregados se podrá efectuar por pesadas acumuladas en una sola tolva o individualmente con una tolva de pesada independiente para cada fracción. En el primer caso, las descargas de las tolvas de alimentación y la descarga de la tolva de pesada estarán protegidas de forma que:

- No podrá descargar más de una tolva al mismo tiempo.
- El orden de descarga no podrá ser distinto al previsto.
- La tolva de pesada no se podrá descargar hasta que haya sido depositada en ella la cantidad requerida de cada uno de los agregados y estén cerradas todas las descargas de las tolvas.
- La descarga de la tolva de pesada deberá estar protegida contra una eventual apertura antes que la masa de agregado en la tolva, difiera en ±1% del acumulado de cada fracción.

Si se emplean tolvas de pesada independientes para cada fracción, todas ellas deberán poder ser descargadas simultáneamente. La descarga de cada tolva de pesada deberá estar protegida contra una eventual apertura antes que la masa de agregado en ella, difiera en ±2% de la especificada.

No se permitirá que se descargue parte alguna de la dosificación, hasta que todas las tolvas de los agregados y la del cemento estuvieran correctamente cargadas, dentro de los límites especificados.

Una vez comenzada la descarga, no se podrá comenzar una nueva dosificación hasta que las tolvas de pesada estén vacías, sus compuertas de descarga cerradas y los indicadores de masa de las balanzas a cero, con una tolerancia del ±0,3% de su capacidad total.

Los dosificadores ponderales deberán estar aislados de vibraciones y de movimientos de otros equipos de la central, de forma que, cuando éstos funcionen, sus lecturas, después de paradas las agujas, no difieran de la masa designada en ±1% para el cemento, ±1,5% para cada fracción del agregado o ±1% para el total de las fracciones, si la masa de éstas se determinase conjuntamente. Su precisión no deberá ser inferior al ±0,5% para los agregados, ni al ±0,3% para el cemento. El agua añadida se medirá en masa o volumen, con una precisión no inferior al ±1% de la cantidad total requerida.

Una vez fijadas las proporciones de los componentes, la única operación manual que se podrá efectuar para dosificar los agregados y el cemento de una amasada, será la de accionamiento de interruptores o conmutadores. Los mandos del dosificador deberán estar en un compartimento fácilmente accesible, que pueda ser cerrado con llave cuando así se requiera.

Si se prevé la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con precisión suficiente. Los aditivos en polvo se dosificarán en masa y los aditivos en forma de líquido o de pasta en masa o en volumen, con una precisión no inferior al ±3% de la cantidad especificada de producto.

El temporizador del amasado y el de la descarga del mezclador deberán estar protegidos de tal forma que, durante el funcionamiento del mezclador, no se pueda producir la descarga hasta que haya transcurrido el tiempo de amasado previsto.

La posibilidad de utilizar equipos de otras características para la fabricación de la mezcla, deberá ser definida en una especificación especial.

Para garantizar la uniformidad de la mezcla deben realizarse pruebas periódicas a la salida de la mezcladora.

c. Equipo de transporte

El transporte del concreto a la obra se realizará en camiones con elementos de agitación o en camiones cerrados de tambor giratorio (mixer), provistos de paletas, los cuales estarán equipados con cuentarrevoluciones.

El equipo de transporte antes indicado deberá ser capaz de proporcionar mezclas homogéneas y descargar su contenido sin que se produzcan segregaciones.

d. Equipos de puesta en obra del concreto

La mezcla de concreto se extenderá y se compactará por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, evitando la segregación y la aparición de vacíos y logrando alcanzar el espesor y la densidad adecuados y el contenido de aire especificado. La puesta en obra del Concreto se podrá realizar mediante extendido entre encofrados fijos, con equipos de encofrados deslizantes o con equipos de extensión manual.

1. Elementos necesarios para la puesta en obra del concreto empleando encofrados fijos.

El equipo mínimo necesario para la ejecución de las obras empleando encofrados fijos, estará integrado básicamente por los siguientes elementos:

- **Encofrados:**

  Los elementos para la construcción deberán tener una longitud no menor de 3 m y su altura será igual al espesor del pavimento por construir. Deberá tener la suficiente rigidez para que no se deforme durante la colocación del concreto y, si va servir como rieles para el desplazamiento de equipos, para no deformarse bajo la circulación de los mismos.

  En la mitad de su espesor y a los intervalos requeridos, los encofrados tendrán orificios para insertar a través de ellos las varillas de unión o anclaje, cuando ellas estén contempladas en el Proyecto.

  La fijación de los encofrados al suelo se hará mediante pasadores de anclaje que impidan cualquier desplazamiento vertical u horizontal, debiendo estar separados como máximo 1 m, y existiendo al menos uno en cada extremo de los encofrados o en la unión de aquellos.

  En las curvas, los encofrados se acomodarán a los polígonos más convenientes, pudiéndose emplear elementos rectos rígidos, de la longitud que resulte más adecuada.

  Se deberá disponer de un número suficiente de encofrados para tener colocada, en todo momento de la obra, una longitud por utilizar igual o mayor que la requerida para 3 horas de trabajo, más la cantidad necesaria para permitir que el desencofrado del concreto se haga a las 16 horas de su colocación.

  Todos los materiales utilizados en ésta actividad, deberán ser dispuestos en un lugar seguro, de manera que los clavos, fierros retorcidos, u otros no signifiquen peligro alguno para las personas que transitan por el lugar. De otro lado, todo el personal deberá tener necesariamente, guantes, botas y casco protector, a fin de evitar posibles desprendimientos y lesiones.

- **Equipo para la construcción del pavimento**

  Estará integrado por una extendedora o esparcidora que dejará el concreto fresco repartido uniformemente; una terminadora transversal con elementos de enrase, compactación por vibración y alisado transversal; y una terminadora longitudinal que realice el alisado en dicho sentido.

  Los vibradores superficiales deberán tener una frecuencia no inferior a 3.500 hz y los de inmersión de 5.000 hz. La amplitud de la vibración debe ser suficiente para ser visible en la superficie del concreto y generar una onda a 30 cm del vibrador.

  Para el acabado superficial, se utilizarán planchas con la mayor superficie posible, que permita obtener un acabado del pavimento al nivel correcto y sin superficies porosas.

Sólo se usarán vibradores de inmersión en áreas pequeñas, donde no sea posible usar reglas vibradoras.

Para la ejecución de las juntas en fresco, se empleará un equipo con cuchillas vibrantes o podrán emplearse dispositivos para la inserción de tiras continuas metálicas.

Si las juntas se ejecutan sobre el concreto endurecido, se emplearán sierras cuyo disco requiere la aprobación previa del Supervisor, en lo relacionado con el material, espesor y diámetro. El número necesario de sierras se determinará mediante ensayos de velocidad de corte del concreto empleado en la construcción del pavimento.

En caso de que el pavimento se vaya a curar con un producto químico que forme membrana, se debe disponer del equipo adecuado para que la aspersión sea homogénea en toda la superficie por curar y sin que se produzcan pérdidas por la acción del viento.

2. **Pavimentadora de encofrados deslizantes para la puesta en obra del concreto**

   La máquina pavimentadora de encofrados deslizantes deberá extender en el espesor de diseño, compactar y enrasar uniformemente el concreto, de manera de obtener mecánicamente un pavimento denso y homogéneo, salvo algunas operaciones de carácter manual.

La pavimentadora de encofrado deslizante debe estar equipada con un sistema de sensores de dirección y altura que garantice la geometría de la sección del pavimento.

La máquina estará dotada de encofrados móviles de dimensiones, forma y resistencia suficientes para sostener lateralmente el concreto durante el tiempo necesario para la construcción del pavimento, con la sección transversal requerida.

La pavimentadora compactará adecuadamente el concreto por vibración interna en todo el ancho colocado, mediante vibradores transversales o una serie de unidades de vibrado longitudinal; en este caso, la separación entre unidades de vibrado estará comprendida entre 50 cm y 75 cm, medidos centro a centro. Además, la separación entre el centro de la unidad de vibrado externa y la cara interna del encofrado correspondiente, no excederá de 15 cm.

La frecuencia de vibración de cada unidad no será inferior a 5.000 hz. y la amplitud de la vibración será suficiente para ser perceptible en la superficie de concreto a lo largo de la longitud vibrante y a una distancia mayor de 30 cm.

La longitud de la placa conformadora de la pavimentadora será la necesaria para que no se aprecien vibraciones en la superficie del concreto tras el borde posterior de la placa.

La ejecución de las juntas longitudinales con empleo de la pavimentadora de encofrado deslizante puede ser de construcción de manera que el ancho del carril estaría limitado por el de la pavimentadora, o para el caso de que el ancho de la pavimentadora contenga más de un carril (anchos superiores a 6 m) se emplearán equipos similares al de las juntas transversales en fresco.

Los productos de curado que se requieran serán los mismos que se exigen en caso de que el pavimento se construya entre encofrados fijos.

3. Equipos para la extensión o esparcido manual del concreto

En áreas localizadas de pequeñas dimensiones, inaccesibles al equipo convencional, el Supervisor podrá autorizar la extensión y compactación del concreto por medios manuales. En este caso, para

distribuir el concreto se emplearán palas y para enrasarlo se usará una regla vibratoria ligera.

e. Herramientas y elementos para el acabado

1. Flotador o enrasador

Esta herramienta manual de acabado superficial tendrá una superficie metálica, lisa y rígida, provista de un mango largo articulado. Su longitud deberá ser del orden de 3 m y su ancho de 15 cm; para áreas pequeñas, la longitud se puede reducir a 1,5 m y su ancho a 10 cm. Deberá tener sus bordes ligeramente curvos y chaflanados, evitando que se hunda en el concreto fresco, dejando surcos. Su sección transversal deberá tener forma de canal.

2. Tela de fique o yute

Será tejido de fibra vegetal de fique o yute que se pasará en sentido longitudinal a la vía, después de haber realizado el allanado. La tela no deberá tener costuras internas para no dejar marcas indeseables en la superficie del pavimento.

3. Cepillo de texturizado

Esta herramienta puede ser de manejo manual o puede ir montada sobre una máquina que sigue a la máquina pavimentadora, a una distancia determinada por la consistencia del concreto.

La herramienta constará de un cuerpo principal en forma de rastrillo o peine metálico cuya función es dejar una textura estriada transversal en la superficie del concreto, que debe medir aproximadamente 0,80 m de largo, con dientes metálicos flexibles y un mango.

Los dientes del peine deberán tener un ancho de cerda de 3 mm ±1 mm y las separaciones entre dientes deberán ser las adecuadas para minimizar el ruido. La huella que deja el peine en el concreto fresco deberá tener 3 mm y 6 mm de profundidad.

Los dientes deberán estar colocados aproximadamente a 45°, evitando así que ellos saquen los agregados a la superficie.

f. Equipos para el curado del concreto

En el caso de membranas de curado, su aplicación se deberá realizar por medio de equipos pulverizadores que aseguren un reparto uniforme y continuo del producto en toda la losa, inclusive en los costados

descubiertos. Estos equipos deberán estar provistos de dispositivos que proporcionen una adecuada protección del producto pulverizado contra el viento, así como de otro dispositivo dentro del tanque de almacenamiento del producto, cuya función es mantenerlo en agitación durante su aplicación.

En áreas reducidas o inaccesibles a dispositivos mecánicos, el Supervisor podrá autorizar el empleo de aspersores manuales.

g. Elementos para la ejecución de juntas

1. Equipos de corte

Para el corte de las juntas en el concreto endurecido, se deberán usar equipos con disco de diamante o de algún otro elemento abrasivo, que permita obtener resultados equivalentes; la calidad de los equipos y discos, así como la idoneidad del personal que los opera, deberá garantizar que la labor se desarrolle sin generar despostillamientos o agrietamientos en las zonas de corte. La potencia de cada equipo deberá ser, cuando menos, de 18 HP (13 428 watt (w).

Se requerirán discos de diferentes diámetros y anchos para realizar los cortes iniciales y el ensanche de los mismos. Los equipos podrán ser de discos sencillos o múltiples. Los equipos de corte disponibles deberán permitir cortar las juntas requeridas para un día de trabajo (incluida la junta longitudinal) en menos de 8 horas. Además, el Contratista deberá contar con máquinas de reemplazo en caso de daño.

2. Elementos para la ejecución de la juntas en fresco

Para la ejecución de las juntas en fresco, se empleará un equipo con cuchillas vibrantes o se podrán emplear dispositivos para la inserción de tiras continuas de plástico, con un espesor mínimo de 0,35 mm.

h. Equipos de lavado, secado y sellado de juntas

Serán los recomendados por el fabricante del sello y deberán contar con la aprobación del Supervisor, antes del inicio de las labores correspondientes.

i. Bombas de agua de bajo consumo y alta presión

El Contratista deberá garantizar la adecuada limpieza de la cavidad de corte de las juntas, proponiendo, para evaluación y aprobación del Supervisor, los equipos apropiados dentro de las restricciones ambientales que puedan existir.

Para el correcto lavado de las juntas se podrán utilizar bombas de agua de bajo consumo y de alta presión. La presión será, como mínimo, de 10 MPa (100 kg/cm^2).

j. Compresores de aire

El Contratista deberá garantizar el adecuado secado de la cavidad de corte. Para ello, deberá proponer, para evaluación y aprobación del Supervisor, los equipos más apropiados, dentro de las restricciones ambientales que puedan existir. Para el correcto secado de las juntas se podrán utilizar compresores de aire, de 1 MPa (10 kg/cm^2) y caudal de 70 l/s.

k. Equipos para la inserción del sello

Los equipos deberán ser los recomendados por los fabricantes del material de sello y aprobados por el Supervisor.

Requerimientos de construcción

438.04 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos empleados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados necesarios, requieren aprobación previa del Supervisor, lo cual no implica la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de esta especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de calidad uniforme. Si el Contratista no cumple con estos requerimientos, el Supervisor exigirá los cambios que considere necesarios.

Los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras, deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Contratista remodelará (nivelará) el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas.

Explotación de materiales y elaboración de agregados: las canteras deberán tener las señalizaciones adecuadas (de ubicación y camino de acceso), y al

cierre de la misma, se deberá escarificar el suelo, para posteriormente adecuar el terreno a la morfología existente de acuerdo a lo establecido en la **Sección 906**.

438.05 Estudio de la mezcla y obtención de la Fórmula de Trabajo

El Contratista entregará al Supervisor, muestras de los agregados, cemento, agua y eventuales aditivos por utilizar y el Diseño de Mezcla, avalados por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen su calidad, quien comprobará la calidad de los materiales, (cemento, agua, agregados y aditivos) y la correcta dosificación, por metro cúbico de concreto fresco, de acuerdo con la resistencia requerida a los 28 días.

Los materiales componentes del concreto deberán cumplir con lo estipulado en la **Subsección 438.02 (a)**

La cantidad de cemento por metro cúbico (m^3) de concreto no será inferior a trescientos (300) kilogramos. La relación agua/cemento no será superior a 0,50 y el asentamiento, medido con el Cono de Abrams (MTC E 705) deberá estar entre 50 mm y 75 mm (2" - 3").

La fórmula de trabajo deberá corregirse, cuando varíe alguno de los siguientes factores: El tipo, clase o categoría del cemento y su marca, el tamaño máximo del agregado grueso, el módulo de fineza del agregado, fino en más de dos décimas (0.2), la proporción de los aditivos y/o el método de puesta en obra.

438.06 Tramo de prueba

Para cada dosificación de posible aplicación en obra, determinada a partir de los ensayos previos de laboratorio, se efectuarán ensayos de resistencia sobre prismas rectangulares procedentes de seis amasadas diferentes, confeccionando 2 prismas por amasada, las cuales se ensayarán a la flexotracción a 7 días, obteniéndose el valor medio del Módulo de Rotura (M_R). Para cada serie de probetas se controlará la resistencia y, de ser necesario, el aire incluido, con los mismos métodos empleados para los ensayos previos. Si el valor medio de la resistencia obtenida a los siete días es igual o superior al 80% de las resistencias especificadas a los veintiocho días, y no se han obtenido resultados fuera de especificación para la consistencia o el aire

incluido, se efectuará un tramo de prueba con un concreto de dicha dosificación. En caso contrario, se harán los ajustes necesarios hasta conseguir un concreto que cumpla las exigencias de este numeral. El tramo de prueba tendrá una longitud ±20 m y su ancho será determinado por el Supervisor, fuera de la calzada por pavimentar. El tramo servirá para verificar que los medios de vibración disponibles son capaces de compactar adecuadamente el concreto en todo el espesor del pavimento, que se cumplen las limitaciones de regularidad y rugosidad establecidas por la presente especificación, que el proceso de curado y protección del concreto fresco es adecuado y que las juntas se realizan correctamente.

En caso que los resultados del primer tramo no sean satisfactorios, se construirán otros introduciendo variaciones en los equipos, métodos de ejecución o, incluso, en la dosificación, hasta obtener un pavimento con las condiciones exigidas. Logrado esto, se podrá proceder a la construcción del pavimento.

438.07 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga las características físicas, la densidad especificada, las cotas indicadas en los planos y hayan sido concluidos y aprobados todos los trabajos de drenaje, instalación de tuberías y de servicios que quedarán cubiertos por el pavimento, todo lo cual será aprobado por el Supervisor.

Antes de verter el concreto, se humedecerá ligeramente la superficie de apoyo de las losas sin que se presenten charcos o, si el Proyecto lo contempla, se cubrirá con papel especial o material plástico con traslapes no inferiores a 15 cm y plegándose lateralmente contra los encofrados, cuando éstas se utilicen. El traslape se hará teniendo en cuenta la pendiente longitudinal y transversal, para asegurar la impermeabilidad.

En todos los casos, se prohibirá circular sobre la superficie preparada, salvo las personas y equipos indispensables para la ejecución del pavimento.

En caso de efectuarse demoliciones y reconstrucciones, como consecuencia de la presencia de fisuras o defectos a edades tempranas, los escombros resultantes deberán ser eliminados por el Contratista, de acuerdo a lo establecido en la **Sección 209**.

438.08 Elaboración de la mezcla

a. Manejo y almacenamiento de los agregados pétreos

No se permitirá ningún método de manejo y almacenamiento de los agregados que pueda causar segregación, degradación, mezcla de distintos tamaños o contaminación con el suelo u otros materiales.

Todos los materiales a utilizarse en la obra deben estar ubicados de tal forma que no cause incomodidad a los transeúntes y/o vehículos que circulen en los alrededores.

b. Suministro y almacenamiento del cemento

El cemento en sacos se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo, en rumas de no más de 8 bolsas.

Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en silos apropiados aislados de la humedad.

No se permitirá el uso de cemento endurecido por diversas razones o cuya fecha de vencimiento haya expirado.

Esta frecuencia será disminuida en relación directa a la condición climática, de temperatura, humedad y/o condiciones de almacenamiento. Este examen incluirá pruebas de laboratorio para determinar su conformidad con los requisitos de la NTP 334.009 ó NTP 334.090.

c. Almacenamiento de aditivos

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los sacos de productos en polvo se almacenarán bajo cubierta y observando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del cemento. Los aditivos suministrados en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos. Estas recomendaciones no son excluyentes de las especificadas por los fabricantes.

Todos los materiales a utilizarse en la obra deben estar ubicados de tal forma que no cause incomodidad a los transeúntes y/o vehículos que circulen en los alrededores.

d. Dosificación del concreto

Los agregados y el cemento a granel para la fabricación del concreto se dosificarán por peso, por medio de equipos automáticos de dosificación.

En la Fórmula de Trabajo, las dosificaciones de los agregados se establecerán en peso de materiales secos, teniéndose en cuenta su humedad al ajustar los dispositivos de pesaje. En el momento de su dosificación, los agregados tendrán una humedad suficientemente baja para que no se produzca un escurrimiento de agua durante el transporte desde la planta de dosificación al dispositivo de mezclado.

El cemento a granel deberá ser pesado en una balanza independiente de la utilizada para dosificar los agregados. El mecanismo de descarga de la tolva de pesaje del cemento estará diseñado de tal manera, que permita la regulación de la salida del cemento sobre los agregados.

Los aditivos en polvo se medirán en peso y los aditivos líquidos o en pasta, se medirán en peso o en volumen, con una precisión de ±1% de la cantidad especificada.

e. Mezcla de los componentes

La mezcla se realizará en una planta central. En obras de pequeño volumen se podrá autorizar la mezcla en camiones mezcladores (mixer), cuyas características deben adaptarse a lo prescrito en "Elementos de Transporte" tratado antes en la presente especificación. Los componentes de la mezcla se introducirán en la mezcladora de acuerdo con una secuencia previamente establecida por el Contratista y aprobada por el Supervisor. Los aditivos en forma líquida o en pasta se añadirán al agua antes de su introducción en la mezcladora. Los aditivos en polvo se introducirán en la mezcla junto con el cemento o los agregados, excepto cuando el aditivo contenga cloruro de calcio, en cuyo caso se añadirá en seco mezclado con los agregados, pero nunca en contacto con el cemento; no obstante, en este último caso se prefiere agregarlo en forma de disolución. Estas recomendaciones no son excluyentes de las especificadas por los fabricantes.

Los materiales deberán mezclarse durante el tiempo necesario para lograr una mezcla íntima y homogénea de la masa, sin segregación. Su duración mínima se establecerá mediante pruebas de laboratorio y deberá contar con la aprobación del Supervisor.

438.09 Transporte del concreto

El transporte entre la planta y la obra se efectuará de la manera más rápida posible, empleando el equipo de transporte descrito en la **Subsección 438.03(c)**. El concreto se podrá transportar a cualquier distancia, siempre y cuando no pierda sus características de trabajabilidad y se encuentre en estado plástico en el momento de la descarga.

En el caso de construcción en tiempo caluroso, se cuidará de que no se produzca desecación de la mezcla durante el transporte. Si existe tal riesgo, se deberá utilizar retardadores de fraguado.

438.10 Colocación de encofrados

Cuando la obra se ejecute entre encofrados fijos, éstos podrán constituir por sí mismos el camino de rodadura de las máquinas de construcción del pavimento o podrán tener un carril para atender esa función. En cualquier caso, deberá presentar las características de rigidez, altura y fijación señaladas en la **Subsección 438.03(d) (1)**.

Las caras interiores de los encofrados aparecerán siempre limpias, sin restos de concreto u otras sustancias adheridas a ellas. Antes de verter el concreto, dichas caras se recubrirán con un producto antiadherente, cuya composición y dosificación deberán ser aprobadas previamente por el Supervisor.

Cuando la máquina utilice como encofrado un bordillo o una franja de pavimento construido previamente, éste deberá tener una edad de cuando menos 3 días.

438.11 Colocación de elementos de guía para pavimentadoras de encofrados deslizantes

El espaciamiento de los elementos (varillas de fijación) que sostienen el hilo guía no será mayor de 12 m; los apoyos de hilo en tales elementos tendrán la cota teórica y la flecha del hilo entre 2 varillas será menor de 2 mm.

Cuando se vierta concreto en una franja adyacente a otra existente, se tomarán las mismas precauciones que en el caso de trabajar entre encofrados fijos.

438.12 Colocación de los pasadores y de las barras de amarre

a. Colocación de los pasadores

Salvo que los pasadores se introduzcan por vibración en el pavimento mediante máquinas adecuadas para ello, deberán disponerse en su ubicación final con anterioridad al vertido de concreto sobre canastas de varillas metálicas, suficientemente sólidas y con uniones soldadas que se fijarán a la base de un modo firme.

Los pasadores se colocarán paralelos entre sí y al eje de la calzada, en la ubicación que se tenga prevista para la junta, de acuerdo con lo que establezca el Proyecto. Se deberá dejar una referencia precisa que defina dicha posición a la hora de completar la junta.

b. Colocación de las barras de amarre

Cuando el Proyecto contemple la colocación de barras de amarre, éstas se deberán instalar en forma perpendicular a la junta longitudinal, con la separación mostrada en los planos. Deberán quedar aproximadamente a mitad del espesor de la losa y en forma paralela a la superficie del pavimento, con una mitad a cada lado de la junta.

Cuando la pavimentación se realice entre encofrados fijos, las varillas se insertarán manualmente dentro de los encofrados, de manera que una mitad de ellas penetre dentro de la franja de concreto recién colocada.

Si la obra se realiza con pavimentadora de encofrado deslizante, las varillas se introducirán manualmente en la mitad del espesor del pavimento fresco, a las separaciones previstas en el Proyecto.

Si las barras de amarre se colocan en un pavimento endurecido, se efectuarán barrenos horizontales a la mitad del espesor de las losas y con una profundidad igual a la mitad de la longitud de las varillas, las cuales se insertarán manualmente, previamente lubricadas con la resina epóxica.

438.13 Colocación del concreto

Antes de vaciar el concreto, la superficie de apoyo se deberá encontrar preparada, de acuerdo con lo descrito en la **Subsección 438.07.**

La máxima caída libre de la mezcla desde el vehículo de transporte en el momento de la descarga, será de 1 m, procurándose que ello ocurra lo más

cerca posible del lugar definitivo de colocación, para reducir al mínimo las posteriores manipulaciones. Antes que empiece el fraguado inicial, el concreto deberá ser colocado, vibrado y recibir el acabado final.

Cuando la puesta en obra se realice entre encofrados fijos, el concreto se distribuirá uniformemente y una vez extendido se compactará por vibración y enrasará con elementos adecuados, de modo de tener una superficie uniforme, lisa y libre de irregularidades, marcas y porosidades. Cuando se empleen reglas vibratorias, la compactación de los bordes de la placa deberá completarse con un vibrador de aguja (de inmersión).

Los elementos vibratorios de las máquinas no se apoyarán sobre pavimentos terminados o encofrados laterales y en las pavimentadoras de encofrados deslizantes deberán dejar de funcionar en el instante en que éstos se detengan.

En los pavimentos de concreto armado, el vaciado se hará en una sola capa. Teniendo en consideración que el pavimento de concreto es vaciado por paños, cada una de estos debe vaciarse en una sola operación, no permitiéndose la creación de juntas de construcción en un mismo paño.

El proceso constructivo en casos especiales será tratado de una forma particular. El Contratista deberá seguir las indicaciones del Proyecto para adelantar la construcción de las losas de concreto en todos los casos especiales, tal el caso de losas irregulares, empates con estructuras fijas o con otros pavimentos de concreto, presencia de estructuras hidráulicas tales como pozos de inspección y sumideros o empalmes con pavimentos asfálticos, entre otros.

Las limitaciones a la ejecución de pavimentos de concreto hidráulico entre otros, son las siguientes:

- Los trabajos de construcción del pavimento de concreto hidráulico se deberán realizar en condiciones de luz natural. Sin embargo, el Supervisor podrá autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el Contratista garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte satisfactorio.
- No se realizará trabajos de vaciado del concreto durante precipitaciones pluviales.
- En zonas calurosas, se deberán extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Cuando la temperatura

ambiental exceda de 30ºC, se deberá contemplar el empleo de aditivos retardadores del fraguado.

- La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, no podrá ser inferior a 6ºC y se prohibirá la puesta en obra sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a 0ºC o cuando la temperatura ambiente sea inferior a 6ºC.
- El sellado de juntas en caliente se suspenderá cuando la temperatura ambiental baje de 6ºC, salvo autorización del Supervisor, o en caso de precipitaciones pluviales o viento fuerte.

Todas las losas deberán recibir una identificación, la cual se imprimirá en un sitio previsto para una de sus esquinas.

438.14 Colocación de armaduras

Cuando el Proyecto contemple la colocación de varillas de unión y la pavimentación se realice entre encofrados fijos, las varillas se insertarán dentro de los encofrados, de manera que una mitad de ellas penetre dentro de la franja de concreto recién colocada.

Si la obra se realiza con pavimentadora de encofrados deslizantes y ésta no posee dispositivos de colocación, las varillas se podrán introducir manualmente en la mitad del espesor del pavimento fresco, a las separaciones previstas en el Proyecto. No obstante, lo más adecuado es utilizar pavimentadoras con dispositivos preparados para colocar las varillas, tanto transversal como longitudinalmente. En cualquier caso, el método utilizado deberá ser aprobado por el Supervisor.

En los pavimentos de tipo armado con juntas, las armaduras se encontrarán libres de suciedad y óxido no adherente, se colocarán en los sitios y forma establecidos en el Proyecto, sujetándolas, para impedir todo movimiento durante la colocación del concreto.

Cuando sea necesario el traslape de armaduras, las varillas longitudinales se colocarán de acuerdo a lo indicado en el Proyecto.

Es indispensable que la armadura se coloque paralela a la superficie del pavimento, por lo que los tejidos del acero se deben suministrar en barras y no en rollos.

Las varillas transversales irán debajo de las longitudinales y el recubrimiento de éstas deberá encontrarse entre 6 cm y 9 cm.

438.15 Ejecución de las juntas

Las juntas longitudinales y transversales de construcción del pavimento de concreto se realizarán en las dimensiones, características y empleando los materiales que establezca el Proyecto.

Se tendrá especial cuidado que el concreto nuevo que se coloque a lo largo de la junta sea homogéneo y quede perfectamente compactado, especialmente cuando la junta sea del tipo machihembrado.

438.16 Acabado superficial

Salvo que se instale un equipo de iluminación que resulte idóneo a juicio del Supervisor, la colocación del concreto se suspenderá con suficiente anticipación para que las operaciones de acabado se puedan concluir con luz natural.

El acabado de pavimentos construidos entre encofrados fijos se realizará con una terminadora autopropulsada que pueda rodar sobre los encofrados o los carriles adyacentes. La disposición y movimiento del elemento enrasador serán los adecuados para obtener el perfil, sin superar las tolerancias prefijadas.

En lugares que por su forma o ubicación no permitan el empleo de máquinas, el enrasado podrá efectuarse con herramientas manuales.

El acabado de pavimentos construidos con pavimentadoras de encofrados deslizantes deberá ser efectuado por la misma máquina pavimentadora, la cual deberá disponer de los elementos necesarios para ello.

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores a 5 mm. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor, no siendo permitido el agregar o eliminar concreto para corregir irregularidades.

Terminadas las operaciones de acabado recién descritas y mientras el concreto aún esté fresco, se redondearán cuidadosamente los bordes de las losas mediante un procedimiento aprobado por el Supervisor.

438.17 Textura superficial

Después de comprobar el acabado superficial y cuando el brillo producido por el agua haya desaparecido, se le dará al pavimento una textura transversal homogénea, en forma de estriado, por la aplicación manual o mecánica de un cepillo con púas de plástico, alambre u otro material aprobado por el Supervisor, en forma sensiblemente perpendicular al eje de la calzada, de tal forma que las estrías tengan unos 2 mm de profundidad, o según se haya dispuesto en el Proyecto.

438.18 Protección del concreto

Durante el tiempo de fraguado, el concreto deberá ser protegido contra el lavado por lluvia, la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja.

En épocas lluviosas, el Contratista colocará materiales impermeables o de cobertura sobre el concreto fresco, hasta que adquiera la resistencia suficiente para que el acabado superficial no sea afectado. Cualquier deterioro que sufra la superficie por la causa indicada será de responsabilidad del Contratista.

Durante el período de protección, que en general no será inferior a 3 días a partir de la colocación del concreto, estará prohibido todo tipo de tránsito sobre él, excepto el necesario para el aserrado de las juntas cuando se empleen sierras mecánicas.

438.19 Curado del concreto

El curado del concreto se deberá realizar en todas las superficies libres, incluyendo los bordes de las losas, por un período no inferior a 7 días. Sin embargo, el Supervisor podrá modificar dicho plazo, de acuerdo con los resultados obtenidos sobre muestras del concreto empleado en la construcción del pavimento.

a. Curado con productos químicos que forman película impermeable

Cuando el curado se realice con componentes de este tipo, ellos se deberán aplicar inmediatamente hayan concluido las labores de colocación y acabado del concreto y el agua libre de la superficie haya desaparecido completamente. Sin embargo, bajo condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes vientos o lluvias, el producto deberá aplicarse antes de cumplirse dicho plazo.

El compuesto de curado que se emplee deberá cumplir las especificaciones dadas por el fabricante y la dosificación de estos productos se hará siguiendo las instrucciones del mismo. Su aplicación se llevará a cabo con equipos que aseguren su aspersión como un rocío fino, de forma continua y uniforme. El equipo aspersor deberá estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y tendrá un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

Cuando las juntas se realicen por aserrado, se aplicará el producto de curado sobre las paredes de ellas. También se aplicará sobre áreas en las que, por cualquier circunstancia, la película se haya estropeado durante el período de curado, excepto en las proximidades de las juntas cuando ellas ya hayan sido selladas con un producto bituminoso.

No se permitirá la utilización de productos que formen películas cuyo color sea negro.

b. Curado por humedad

Cuando se opte por este sistema de curado, la superficie del pavimento se cubrirá con telas de algodón, arena u otros productos de alto poder de retención de humedad, una vez que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para que no se vea afectado el acabado superficial del pavimento.

Mientras llega el momento de colocar el producto protector, la superficie del pavimento se mantendrá húmeda aplicando agua en forma de rocío fino y nunca en forma de chorro. Los materiales utilizados en el curado se mantendrán saturados todo el tiempo que dure el curado.

No se permite el empleo de productos que ataquen o decoloren el concreto.

c. Curado mediante membranas de polietileno o de papel

Cuando se adopte este método de curado, las membranas se colocarán cuando la superficie de concreto tenga la suficiente resistencia para que el pavimento no se vea afectado en su acabado. Durante el intervalo transcurrido mientras esto sucede, se aplicará agua en forma de rocío para mantener la superficie húmeda.

Se deberá asegurar la permanencia de las membranas durante todo el período previsto de curado, teniendo en cuenta traslapar las fajas al

menos 20 cm y asegurando con pesos los bordes y traslapes para impedir el levantamiento de las membranas por acción del viento.

No se permitirá la utilización de membranas de color negro.

438.20 Desencofrado

Cuando el pavimento se construya entre encofrados fijos, el desencofrado se efectuará luego de transcurridas por lo menos 16 horas a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el Supervisor podrá aumentar o reducir el tiempo, en función de la resistencia alcanzada por el concreto.

438.21 Aserrado de juntas

En las juntas transversales, el concreto endurecido se aserrará de forma y en instante tales, que el borde de la ranura sea limpio y antes de que se produzcan grietas de retracción en la superficie.

Las juntas longitudinales pueden aserrarse en cualquier momento, después de transcurridas 8 horas de construido el pavimento, siempre que se asegure que no circulará ningún tráfico, hasta que se haya hecho esta operación.

Hasta el momento de sellado de las juntas o hasta el instante de apertura al tránsito en el caso que las juntas se vayan a dejar sin sello, ellas se obturarán con cuerdas u otros elementos similares, con el objeto de evitar la introducción de cuerpos extraños.

438.22 Sellado de las juntas

El sistema de sellado de juntas deberá garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión; la resistencia al arrastre por las llantas de los vehículos; la resistencia a la acción del agua, a los solventes, a los rayos ultravioleta y a la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos.

a. Instante de aplicación del sello

Las juntas deberán ser selladas pasados 21 a 28 días de edad del concreto, tan pronto como las condiciones climáticas lo permitan y antes que el pavimento sea abierto al tránsito. En el momento de la aplicación del componente de sello, la temperatura ambiental deberá estar por encima de 6ºC y no debe haber precipitaciones pluviales.

El sello se deberá realizar, preferiblemente, en horas diurnas, En caso de que se requiera la aplicación del material de sello antes de la edad especificada, se deberán utilizar imprimantes que creen una barrera de vapor y garanticen una total adherencia del material sellante a los bordes de la junta.

b. Instalación del sello

Antes de sellar las juntas, el Contratista deberá demostrar que el equipo y los procedimientos para preparar, mezclar y colocar el sello producirán un sello de junta satisfactorio. El Supervisor deberá verificar que los procedimientos de instalación propuestos estén de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Antes de iniciar esta tarea en forma masiva, se ejecutarán dos pruebas de instalación en juntas, de 50 m cada una, las cuales deberán ser aprobadas por el Supervisor.

Para conservar un buen nivel de productividad y calidad, se deberán mantener durante el período total de la obra, las personas y los equipos de trabajo usados para estas pruebas. Los cambios del personal, materiales o equipos, deberán ser notificados al Supervisor e implican la realización de nuevos tramos de prueba.

Las juntas deberán ser verificadas en lo que corresponde a ancho, profundidad, alineamiento y preparación de la superficie de los bordes de junta, y el material de sello deberá tener la aprobación del Supervisor, antes que sea aplicado.

Para sellar las juntas se emplearán llenantes elastoméricos autonivelantes a base de poliuretano o siliconas vaciadas en frío.

Previamente al vaciado del material de sello, se deberá colocar una tirilla de respaldo, presionándola dentro de la junta con un instalador adecuado de rueda metálica, de manera que quede colocada a la profundidad requerida. La tirilla, que deberá cumplir los requisitos citados en la **Subsección 438.02(e) (2)**, no podrá ser estirada ni torcida durante la operación de colocación. Durante la jornada de trabajo, se deberá limitar la colocación de la tirilla de respaldo a las juntas que puedan ser selladas en el día.

Se deberá enrasar el sello pasando una herramienta en ambas direcciones, para asegurar una aplicación libre de aire. La superficie del sello deberá quedar 3 mm por debajo de los bordes de la junta.

El sello que no pegue a la superficie de la pared de junta, contenga huecos o falle en su tiempo de curado, será rechazado y deberá ser reemplazado por el Contratista, sin costo adicional alguno para la entidad contratante.

438.23 Apertura al tránsito

El pavimento se abrirá al servicio cuando el concreto haya alcanzado una resistencia del 80% de la especificada a 28 días y se haya procedido al sellado de juntas, las cuales también deben de ser capaces de funcionar correctamente en ese momento para evitar problemas con las contracciones y humedad del pavimento. A falta de esta información, el pavimento se podrá abrir al tránsito sólo después de transcurridos 10 días desde la colocación del concreto o cuando la resistencia a la flexión sea no menos de 3,86 MPa (38,6 kg/cm^2).

438.24 Defectos a edades tempranas

Si una losa presenta una sola fisura, paralela o perpendicular a una de las juntas, el Supervisor podrá autorizar la recepción provisional del pavimento, sólo si dicha fisura permite ser sellada efectivamente. Dicho sello será efectuado a cuenta, costa y riesgo del Contratista. En caso que el fisuramiento continúe, el Supervisor debe disponer el cambio del paño, previa demolición.

Si se presentan fisuras de otra naturaleza, como las de esquina, el Supervisor deberá ordenar su demolición y reconstrucción. Todas las operaciones a que haya lugar, correrán por cuenta del Contratista.

Si a causa de un aserrado prematuro se presentan descascaramientos en las juntas, deberán ser reparados por el Contratista, a su costo, con un mortero de resina epóxica aprobado por el Supervisor.

438.25 Conservación

El pavimento de concreto hidráulico deberá ser mantenido en perfectas condiciones por el Contratista, hasta la recepción definitiva de los trabajos.

Aceptación de los trabajos

438.26 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar la implementación para cada fase de los trabajos de lo especificado en la **Sección 103.**
- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Observar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación, compactación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas de concreto que constituyen el pavimento.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Establecer correlaciones entre la resistencia a la flexión y la resistencia para el concreto con el cual se construye el pavimento.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y la mezcla de concreto durante el período de ejecución de las obras.
- Tomar cotidianamente muestras de la mezcla que se elabore, para determinar su resistencia a la flexión.
- Tomar núcleos para determinar el espesor del pavimento.
- Realizar medidas para levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la uniformidad de la superficie.

Los orificios que dejen los núcleos tomados por el Supervisor para determinar el espesor del pavimento y otros controles a que haya lugar, serán rellenados por el Contratista, sin costo alguno para la entidad Contratante, con una mezcla de iguales características que la empleada

en la construcción del pavimento, la cual deberá ser correctamente compactada y enrasada.

b. Condiciones específicas y tolerancias para la aceptación

1. Calidad del cemento

El Supervisor efectuará los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento, especificado según Norma NTP 334.009 o NTP 334.090.

2. Calidad del agua

Se determinarán su pH y sus contenidos de materia orgánica, sulfatos y cloruros, así como sus características de calidad especificadas en la **Subsección 438.02(a)(3).**

3. Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados empleados en la construcción del pavimento de concreto hidráulico y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- El desgaste en la máquina de Los Ángeles.
- Las pérdidas en el ensayo de solidez (durabilidad) en sulfato de magnesio, principalmente en climas con ciclos de hielo y deshielo.
- El equivalente de arena del agregado fino.
- El contenido de materia orgánica del agregado fino mediante el ensayo colorimétrico.
- Además, cuando no existan antecedentes sobre los agregados por emplear, se efectuarán las pruebas de detección de sustancias perjudiciales.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenará acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, partículas alargadas o aplanadas o plasticidad y vigilará la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, efectuará las verificaciones de calidad y las frecuencias de control para los diversos agregados que se indican en la **Tabla 438-**

09, cuyos resultados deberán satisfacer los requisitos establecidos en la Subsección 503.03.

4. Calidad de pasadores, varillas de unión y mallas

El Supervisor efectuará las pruebas necesarias para verificar que la calidad del acero empleado responde a las exigencias del Proyecto.

5. Compuestos de curado, membranas y sellado de juntas

El Contratista deberá entregar al Supervisor certificaciones periódicas de estos productos, que garanticen su calidad.

6. Calidad del producto para el sellado de juntas

El Contratista deberá presentar certificaciones periódicas de los fabricantes ó proveedores de los productos por emplear en el sellado de las juntas, que garanticen la calidad para su utilización, para la revisión y aprobación de su uso por parte del Supervisor.

El Contratista deberá garantizar el sello contra defectos de los materiales y su instalación, por el período que establezca el Contrato.

c. Calidad de la mezcla

1. Consistencia

El Supervisor controlará la consistencia y densidad del concreto de cada carga transportada, para lo cual extraerá una muestra en el momento de la colocación del concreto para someterla al ensayo de asentamiento, cuyo resultado deberá encontrarse dentro de los límites indicados en la Subsección 438.05. En caso de no cumplirse este requisito, se someterán a observación las losas construidas con dicha carga.

2. Resistencia

Por cada 50 m³ se tomará una muestra compuesta por 4 especímenes con los cuales se ensayarán probetas según MTC E 709 para ensayos de resistencia a flexotracción, de las cuales se fallarán 2 a 7 días y 2 a 28 días, luego de ser sometidas al curado normalizado. Los valores de resistencia a siete días se emplearán únicamente para controlar la regularidad de la calidad de la producción del concreto, mientras que los obtenidos a 28 días se emplearán en la comprobación de la resistencia del concreto.

El promedio de la resistencia de los dos especímenes tomados simultáneamente de la misma mezcla, se considera como un ensayo.

Ningún valor de ensayo podrá estar a más de 0,2 MPa (2 kg/cm^2) por debajo de la resistencia a la flexión especificada en el Proyecto, y el promedio de cualquier grupo de cuatro ensayos consecutivos deberá ser igual o mayor que la resistencia a la flexión especificada en el Proyecto, más 0,2 MPa (2 kg/cm^2).

Si el promedio de los 4 ensayos se encuentra entre el valor especificado en el Proyecto, y ese valor más 0,2 MPa. (2 kg/cm^2), se podrá aceptar el pavimento con las sanciones que para este caso se prevea, salvo que el Contratista desee que, a sus expensas, se ejecuten los ensayos de información, los cuales consistirán en la toma de tres testigos cilíndricos para separaciones no mayores de 7 m entre sí y de 0,5 m de cualquier junta o borde de la superficie vaciada de la mezcla observada.

Estos testigos deberán ser tomados de preferencia antes de los 54 días de la puesta en obra del concreto y se ensayarán a flexión a la edad de 56 días, luego de haber sido conservados durante cuarenta y ocho horas en curado húmedo.

El valor medio de los resultados de estos ensayos se comparará con el valor medio obtenido con los testigos extraídos del tramo de prueba mencionado en la **Subsección 438.06.** Si el valor iguala o supera el obtenido en el tramo de ensayo, se considerará aceptable la resistencia del concreto bajo discusión.

Si el resultado de un ensayo es menor en más de 0,2 MPa. (2 kg/cm^2) que la resistencia de diseño o si el promedio de un grupo de 4 ensayos consecutivos resulta inferior a la resistencia de diseño, se demolerá el tramo del pavimento objeto de la controversia, a expensas del Contratista, quien lo reemplazará a su costo, con otro de calidad satisfactoria.

3. Contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, el Supervisor lo controlará (norma de ensayo MTC E-706) en cada uno de los 3 primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y en los 3 primeros después de cada interrupción, programada o no,

durante el curso de dicha jornada. Los resultados se deberán ajustar al valor establecido al definir la Fórmula de Trabajo, con las tolerancias que muestra la **Tabla 438-08**. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia, se tomará una segunda muestra del mismo camión y se repetirá el ensayo. Si este último se encuentra dentro de la tolerancia especificada, se aceptará el viaje. En caso contrario, se rechazará. Si se rechaza el concreto de los 3 camiones consecutivos por este motivo, se suspenderán la producción de la mezcla y la construcción del pavimento, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

Tabla 438-08

Tolerancias en el asentamiento y en el contenido de aire respecto de los definidos en la Fórmula de Trabajo

Característica	Construcción	Tolerancia
Asentamiento	Encofrados fijos	+25 mm a -38 mm
	Encofrados deslizantes	+13 mm a -38 mm
Aire	Encofrados fijos	+1,8%
	Encofrados deslizantes	+1,8%

d. Calidad del trabajo terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto.

La distancia entre el eje del Proyecto y el borde de la capa construida no podrá ser menor que la indicada en los planos o aprobada por el Supervisor.

La cota de cualquier punto del pavimento curado no deberá variar en más de 5 mm de la proyectada.

Además, el Supervisor deberá efectuar las siguientes verificaciones:

1. Espesor

La verificación de espesor se realizará subdividiendo la superficie del pavimento en zonas con un área de 3.500 m^2 cada una. Cada zona se subdividirá en sectores de 350 m^2 cada uno, debiendo extraerse de cada sector 2 testigos cilíndricos mediante equipos provistos de brocas rotativas. Los testigos se extraerán luego de transcurridos 15 días desde la colocación del concreto.

Si el espesor promedio de los 2 testigos correspondientes a un sector resulta inferior al espesor teórico de diseño (e_d) en más de 1,5 cm, el pavimento del sector será demolido y reconstruido por el Contratista con un concreto de las características especificadas y espesor adecuado, sin compensación alguna. Igual procedimiento se seguirá cuando el espesor de un testigo resulte inferior en más de 2 cm con respecto al teórico del diseño.

El retiro de los escombros correrá, también, por cuenta del Contratista.

Se considerará como espesor promedio de la zona (e_m), al promedio de las alturas de los testigos extraídos de ella, redondeados al mm. Cuando corresponda la demolición de un sector por los motivos expuestos en el párrafo anterior, las alturas de sus testigos no se considerarán en el cálculo del espesor promedio de la zona.

Si el espesor promedio de la zona es inferior al teórico de diseño en más de 2 mm hasta 10 mm, el pavimento, en cuanto a su espesor, el trabajo se aceptará con descuento por deficiencia de espesor. El descuento se aplicará a la zona de la cual se extrajeron los testigos, previa deducción de los sectores donde haya correspondido la demolición y la reconstrucción. El descuento (D), en porcentaje, por aplicar en el pago por metro cúbico (m^3) de pavimento en la zona así afectada (Z), se calculará con la expresión:

$$D = \left[1 - \frac{(e_m + 2)^2}{(e_d^2)}\right] * 100$$

e_m : espesor medio (mm) e_d : espesor de diseño (mm)

Cuando el espesor promedio de la zona (e_m) sea inferior al teórico de diseño (e_d) en más de 10 mm, el Contratista deberá demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir el pavimento a su costo, de modo de cumplir todas las exigencias de la presente especificación.

2. Uniformidad de la superficie

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no exista variación superior a 5 mm. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo

realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

3. Textura

Al día siguiente de ejecutados los trabajos que se indican en la **Subsección 438.17**, se determinará la profundidad de textura por medio del círculo de arena (MTC E 1005), al menos en 10 puntos aleatoriamente elegidos por día de trabajo, debiendo obtenerse una profundidad media no menor a 0,8 mm, con valores individuales no inferiores a 0,6 mm. Además, el coeficiente de resistencia al deslizamiento (MTC E-1004) deberá ser, cuando menos, de 45 centésimas. Si no se cumplen estas exigencias, se rechazará el tramo hasta que el Contratista presente soluciones para alcanzar los valores indicados, cuya implementación será a su exclusivo costo.

4. Rugosidad

La rugosidad superficial medida en unidades IRI no podrá ser mayor de 3,0 m/km.

Para la medición de la rugosidad se seguirá lo especificado en la **Subsección 423.18(e) (5).**

5. Defectos a edades tempranas

Al respecto, se aplicarán las exigencias de la **Subsección 438.24.**

Todas las áreas del pavimento de concreto hidráulico donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las indicaciones del Supervisor y con su aprobación.

6. Integridad

Siempre que se presenten losas agrietadas o astilladas, se procederá como se indica en la **Subsección 438.26(d)(5).**

7. Resistencia del pavimento terminado

Independientemente de que se hayan superado los requisitos indicados en la **Subsección 438.26(c)(2),** en relación con la resistencia de la mezcla de concreto, se deberá verificar la resistencia efectiva del concreto en el pavimento terminado.

Al efecto, se extraerán de cada lote, en sitios escogidos al azar sobre las losas elaboradas con las mezclas que presentaron los valores aceptables más bajos de resistencia de control, al menos 5 vigas prismáticas para determinar la resistencia a la flexión ó 5 núcleos cilíndricos para determinar la resistencia a compresión, según el tipo de resistencia que se haya adoptado para el control. Estos elementos se tomarán conforme lo indica la norma MTC E 707. Las dimensiones de las vigas serán 152x152x508 mm (6"x6"x20") y los núcleos deberán tener un diámetro de 15 cm. El pavimento del cual se extraen los elementos deberá tener una edad de, cuando menos, 28 días.

Los elementos extraídos se sumergirán en agua durante 48 horas y, a continuación, se someterán a rotura por flexión o compresión, según el caso.

Con los valores de resistencia obtenidos con estos especímenes se estimará una resistencia característica definitiva ($f_{ct,\ est\ definitiva}$ o $f_{c,\ est\ definitiva}$).

El lote será aceptado de manera definitiva, en relación con la resistencia del concreto, si la resistencia característica definitiva del pavimento terminado iguala o supera la resistencia característica de flexión del concreto a 28 días, correspondiente al valor promedio utilizado para el diseño estructural del pavimento (o su equivalente a la compresión según la correlación aprobada por el Supervisor):

$$f_{ct,\ est\ definitiva} \geq f_{ct,D}$$

o

$$f_{c,\ est\ definitiva} \geq f_{c,\ D}$$

Si esta condición de resistencia definitiva no se cumple, el Contratista deberá realizar una revisión analítica del diseño del pavimento, empleando el mismo método utilizado para el diseño original y adoptando para el lote el espesor promedio determinado (e_m) y el valor estimado de la resistencia característica definitiva a la flexión para el concreto del lote ($f_{ct,\ est\ definitiva}$). Si esta revisión indica, que el tránsito que puede soportar el pavimento es igual o superior al de diseño del

pavimento, se aceptará el lote de pavimento bajo discusión, en relación con los criterios de espesor y resistencia.

Si el tránsito calculado resulta inferior al de diseño, el Supervisor, podrá tomar alguna de las siguientes decisiones:

- Reforzar el pavimento representado por el lote.
- Demoler y reconstruir el pavimento representado por el lote.

En cualquiera de los dos casos, la eventual demolición del lote y los materiales y la ejecución de todos los trabajos de refuerzo o de reconstrucción correrán por cuenta exclusiva del Contratista, sin costo alguno para la entidad contratante. En caso de que se opte por el refuerzo, el diseño del mismo, que será de tipo rígido, correrá a cargo del Contratista y no se podrá implementar, mientras el Supervisor no lo apruebe.

Todas las obras de refuerzo o reconstrucción que se deban acometer, serán sometidas a los mismos controles descritos en esta Subsección para el pavimento original. La obligación de ejecutar estas correcciones, no podrá ser utilizada por el Contratista como excusa para incumplir el plazo de ejecución de las obras contratadas.

8. Densidad del concreto

A los testigos extraídos del pavimento terminado se les determinará su densidad, según la norma de ensayo ASTM C 642. Los resultados deberán ser reportados, pero no se emplearán como criterio para aceptación o rechazo del pavimento construido.

9. Módulo elástico del concreto

Sobre los núcleos cilíndricos extraídos del pavimento para el control de resistencia a la compresión **Subsección 438.26(d)(7)** se determinará el módulo de elasticidad, mediante el procedimiento descrito en la norma ASTM C 469.

El valor promedio de cada lote deberá ser reportado y se empleará, si corresponde, en la revisión de los diseños estructurales del pavimento, a los cuales se hace referencia en la **Subsección 438.26(d)(7).**

Si el control de resistencia se va a realizar mediante vigas sometidas a flexión, se deberá extraer el mismo número de núcleos cilíndricos, en las mismas losas, para la determinación del módulo de elasticidad.

Todos los orificios resultantes de la extracción de testigos para determinar la resistencia, la densidad y el módulo elástico del pavimento terminado, deberán ser rellenados, vibrados y curados por el Contratista, a la mayor brevedad posible y sin costo para la entidad contratante, con un concreto de igual o mayor resistencia que el extraído.

10. Alineación de los pasadores

La alineación de los pasadores en las juntas transversales se podrá verificar mediante tomografía magnética, empleando un dispositivo MIT Scan 2 u otro equipo aprobado por el Supervisor.

Si se advierten desviaciones superiores a las consideradas aceptables en la **Subsección 438.12(a),** el Contratista dispondrá de las siguientes opciones:

- Realizar, a su costo, los trabajos de realineación de las varillas desviadas, empleando un procedimiento validado por la experiencia y aceptado por el Supervisor.
- No realizar ninguna intervención.

Si acoge la segunda opción, de ello se dejará constancia en el acta de recepción definitivo de la obra y los registros respectivos se incluirán en el informe final de Supervisión. En tal evento, serán de responsabilidad exclusiva del Contratista los agrietamientos transversales que se presenten en las losas a causa de la falta de alineación, durante el período de vigencia de la garantía de estabilidad de la obra y, por lo tanto, estará obligado a reconstruir las losas afectadas y a reponer, a su costo, todo el sistema de transferencia de carga de ellas, a satisfacción completa de la entidad contratante, durante dicho período.

11. Transferencia de carga en las juntas

Se deberá comprobar la transferencia de carga, tanto en las juntas longitudinales como en las transversales, siguiendo las indicaciones del Proyecto. En ellos se fijarán también los valores mínimos admisibles y los procedimientos a seguir en caso de incumplimiento.

12. Proceso constructivo para casos especiales

El Contratista deberá seguir las indicaciones del Proyecto para adelantar la construcción de las losas de concreto en todos los casos especiales, tales como losas irregulares, empates con estructuras fijas o con otros pavimentos de concreto, estructuras hidráulicas (pozos de inspección y sumideros o empalmes con pavimentos asfálticos), etc.

13. Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de construcción del pavimento de concreto hidráulico se deberán realizar con luz natural. Sin embargo, el Supervisor podrá autorizar el trabajo en horas nocturnas, siempre y cuando el Contratista garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado para la realización de dichos trabajos.

El vaciado del concreto no se realizará en presencia de cuando haya precipitaciones pluviales.

En zonas calurosas, se deberán extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de 30ºC, se deberá contemplar el empleo de aditivos retardadores del fraguado.

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, no podrá ser inferior a 6ºC y se prohibirá la puesta en obra sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a 0ºC o cuando la temperatura ambiente sea inferior a 6ºC.

El sellado de juntas en caliente se suspenderá cuando la temperatura ambiente baje de 6ºC, salvo autorización del Supervisor, o en caso de precipitaciones pluviales o viento fuerte.

14. Manejo ambiental

Todas las labores requeridas para la construcción del pavimento de concreto hidráulico se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del Proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Al término de los trabajos de construcción del pavimento de concreto hidráulico, el Contratista deberá limpiar la superficie y retirar todo

material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo en un DME, según lo establecido en la **Sección 209.**

Siempre que se deban demoler y reponer losas, los productos de la demolición quedarán de propiedad del Contratista, quien deberá disponer de ellos de manera que no causen afectaciones ambientales ni se genere obligación de ninguna índole a la entidad contratante.

Medición

438.27

La unidad de medida del pavimento de concreto hidráulico será el metro cúbico (m³), aproximado al décimo de metro cúbico, de concreto suministrado, colocado, compactado y terminado, debidamente aprobado por el Supervisor.

El volumen se determinará multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje vial, por el ancho y el espesor especificados en el Proyecto y aprobados por el Supervisor.

No se medirán cantidades por fuera de estos límites.

Pago

438.28

El pago se hará al precio del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales y su acondicionamiento y la preparación de las zonas por explotar.

Deberá cubrir, también, todos los costos de explotación de dichas fuentes de materiales; la selección, trituración, eventual lavado y clasificación de los materiales pétreos; el suministro, almacenamiento, desperdicios, carga, transporte, descarga y mezcla de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya Fórmula de Trabajo se haya aprobado, incluidos los aditivos; el suministro, almacenamiento, desperdicios, carga, transportes, descarga y colocación de los pasadores, varillas de unión, mallas electrosoldadas,

elementos para separación del pavimento o curado y materiales para el sello de todas las juntas según lo contemple el Proyecto; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado, la ejecución de juntas, el acabado superficial y el curado requerido; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales; la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación; el tramo de prueba; y el período de curado, la demolición, retiro y disposición de las losas rechazadas y, en general todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados y lo especificado en la **Subsección 07.05**.

La preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por este concepto.

En el caso de que el Contrato emplee el concreto pre-mezclado, el pago correspondiente será por el Costo Unitario del m³ de la mezcla adquirida, el cual debe cumplir la norma AASHTO M-157, en cuyo caso todo lo indicado estará incluido en el precio unitario del concreto pre-mezclado.

Partida de pago	Unidad de pago
438.A Pavimento de Concreto Hidráulico	Metro cúbico (m³)

SECCION 439

SUMINISTRO DE CEMENTO PORTLAND

SECCIÓN 439

Suministro de cemento portland

Descripción

439.01

El cemento hidráulico es un producto obtenido por la pulverización del clinker portland con adición eventual de yeso natural. El clinker portland se forma tras la calcinación de la caliza y arcilla a temperatura que fluctúan entre 1350° y 1450°C.

Materiales

439.02

El cemento utilizado será Portland, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NTP 334.009, NTP 334.090, NTP 334.050, NTP 334.082 (ASTM 1157), AASHTO M85, M240, M307, M321 o ASTM-C150.

Según la NTP 334.009 el cemento Portland se clasifica en cinco tipos de acuerdo con sus propiedades:

- Cemento Portland Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- Cemento Portland Tipo II: Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Cemento Portland Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Cemento Portland Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Cemento Portland Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Nota: Algunos cementos son denominados con un tipo de clasificación combinada, como Tipo I/II, indicando que el cemento reúne los requisitos de los tipos señalados y es ofrecido como adecuado para su uso cuando cualquiera de los dos tipos son deseados.

439.03 Requisitos químicos del cemento portland

Cada uno de los 5 tipos de cemento Portland definidos deberán cumplir los respectivos requisitos químicos prescritos en la **Tabla 439-01**. Los requisitos químicos opcionales se indican en la **Tabla 439-02**.

Tabla 439-01

Requisitos Químicos

Composición química	Método de ensayo aplicable	Tipos de cemento				
		I	II	III	IV	V
Dióxido de Silicio(SiO_2), % mín.	334.086	-	20,0 **(C,D)**	-	-	-
Óxido de aluminio(Al_2O_3) % máx.		-	6,0	-	-	-
Óxido Férrico(Fe_2O_3)% máx.		-	6,0 **(C,D)**	-	6,5	-
Óxido de Mangnesio(MgO) % máx.		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Trióxido de Azufre(SO3)% máx.**(A)**						
Cuando C_3A ≤8%		3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
Cuando C_3A >8%		3,5	**(B)**	4,5	**(B)**	**(B)**
Pérdida por ignición,% máx.		3,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Residuo insoluble, % máx.		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Silicato Tricálcico (C_3S) %(máx) **(E)**	Véase Anejo C	-	-	-	35**(C)**	-
Silicato Dicálcico (C_2S) %(mín) **(E)**		-	-	-	40**(C)**	-
Aluminato Tricálcico (C_3A) %(máx) **(E)**		-	8	15	7**(C)**	5**(D)**
Alumino-ferrito tetracálcico más dos veces el Aluminato Tricálcico ($C_4AF+2(C_3A)$)) ó Solución Sólida (C_4AF+C_2F) máx.		-	-	-	-	25**(D)**

(A) Hay casos en los que él (SO3) óptimo (Determinado con el método de ensayo indicado en NTP 334.075) para un cemento particular está muy cerca o excede el límite de esta NTP. En estos casos, cuando las propiedades de un cemento pueden mejorarse con un exceso en el límite de SO3 dados en esta tabla, estos valore pueden permitirse con la condición que se haya demostrado mediante la NTP 334.093, que este cemento con exceso de SO3 no desarrollará expansión en agua que sobrepase el 0,020% a los 14 días. Cuando el fabricante suministra cemento bajo esta provisión, facilitará a solicitud del comprador datos sustentatorios.

(B) No aplicable

(C) No aplicable cuando se especifique el límite de calor de hidratación de la Tabla 4.

(D) No aplicable cuando se especifique la resistencia a los sulfatos límite de la Tabla 4.

(E) Véase Anejo C para el cálculo

Tabla 439-02

Requisitos Químicos Opcionales (A)

Constituyentes	Método de ensayo aplicable	Tipos de cemento					Observaciones
		I	II	III	IV	V	
Aluminato Tricálcico (C_3A) **(D)**, % (máx)	Véase Anejo C	-	-	8	-	-	Para moderada resistencia a los sulfatos
Aluminato Tricálcico (C_3A) **(D)**, % (máx)	Véase Anejo C	-	-	5	-	-	Para alta resistencia a los sulfatos
Suma (C_3S+C_3A),%(máx)	Véase Anejo C	-	58**(B)**	-	-	-	Para moderado calor de hidratación
Álcalis Equivalentes (Na_2O + 0,658K_2O), % máx.	NTP 334.086	0,60 **(C)**	0,60 **(C)**	0,60 **(C)**	0,60 **(C)**	0,60 **(C)**	Cemento de bajo alcali

Notas:

(A) Estos requisitos opcionales son aplicables sólo en el caso que sea solicitado específicamente

(B) Cuando se solicite este límite, el límite opcional de calor de hidratación de la Tabla 4 no debe ser requerido.

(C) Este límite debe especificarse cuando el cemento va a ser usado en concretos con agregados reactivos perjudiciales.

(D) Véase Anejo C para el cálculo.

439.04 Requisitos físicos del cemento portland

Cada uno de los 5 tipos de cemento Portland deberá cumplir con los requisitos físicos indicados en la **Tabla 439-03**. Si el Proyecto lo establece, el cemento Portland deberá cumplir con los requisitos físicos opcionales que se especifican en la **Tabla 439-04**.

Tabla 439-03

Requisitos Físicos

Características	Método de ensayo aplicable	Tipo de cemento				
		I	II	III	IV	V
Contenido del aire de mortero (A),% volumen						
máx.	NTP 334.048	12	12	12	12	12
min.		-	-	-	-	-
Finura Superficie Específica, (m^2/kg) (Métodos alternativos)(B)						
Ensayo de Turbidímetro (NTP 334.072), mín.	NTP 334.072	160	-	160	160	160
Ensayo de Permeabilidad (NTP 334.002),mín.	NTP 334.002	280	-	280	280	280
Expansión en autoclave (NTP 334.004), %, máx.	NTP 334.004	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Resistencia (NTP 334.051), no menor que los valores mostrados para las edades indicadas a continuación **(C)**	NTP 334.051					
Resistencia a la Compresión, MPa						
1 día		-	-	12,0	-	-
3 días		12,0	10,0 7**(F)**	24,0	-	8,0
7 días		19,0	17,0 12**(F)**	24,0	-	8,0
28 días		-	-	-	17,0	21,0
Tiempo de fraguado (Métodos alternativos) **(D)**						
Ensayo de Gilmore (minutos)	NTP 334.056					
Fraguado inicial: No menor que,mín.		60	60	60	60	60
Fraguado final: No mayor que,mín.		600	600	600	600	600
Ensayo de Vicat (NTP334.006) (minutos) (E)	NTP 334.006					
Tiempo de fraguado: No menor que,mín.		45	45	45	45	45
Tiempo de fraguado: No mayor que, mín.		375	375	375	375	375

(A) El cumplimiento con los requisitos de esta NTP, no necesariamente asegura que el contenido del aire deseado será obtenido en el concreto.

(B) Cualquiera de los métodos de ensayo pueden ser utilizados a opción del laboratorio de ensayo. Sin embargo, cuando la muestra no cumple con los requisitos del ensayo con la permeabilidad del aire, se usará el ensayo del Turbidímetro; por consiguiente regirán los requisitos dados en esta Tabla para el método turbidimétrico.

(C) Las resistencias ensayadas a cualquiera de las edades establecidas no serán menores que las alcanzadas a cualquier edad previa especificada.

(D) El comprador deberá especificar el tipo de ensayo de tiempo de fraguado requerido, en caso que no se especificara, regirán solamente los requisitos del ensayo de Vicat.

(E) El tiempo de fraguado es aquel descrito como tiempo de fraguado inicial en el método de ensayo de la NTP 334.006

(F) Cuando se especifique el requisito opcional de calor de hidratación o el límite químico de la suma del silicato tricálcico y aluminato tricálcico.

Tabla 439-04

Requisitos Físicos Opcionales (A)

Características	Método de ensayo aplicable	Tipos				
		I	II	III	IV	V
Falso fraguado, penetración final, mín., %	NTP 334.065	50	50	50	50	50
Calor de hidratación	NTP 334.064					
• 7 días, máx.,kJ/kg (cal/g)			290 **(B)** (70)		250 **(C)** (60)	
• 28 días máx.,kJ/kg (cal/g)					290 **(C)** (70)	
Resistencia a la compresión, MPa, 28 días	NTP 334.051	28,0	28,0 22,0 **(B)**			
Resistencia a Sulfatos, 14 días, máx., % de expansión	NTP 334.065	**(D)**	**(E)**			0,040

Notas:

(A) Estos requisitos opcionales son aplicables cuando sea expresamente solicitado.

(B) El límite opcional para la suma del silicato tricálcico y del aluminato tricálcico indicado en la tabla será requerido cuando se solicite este límite opcional. Estos requisitos de resistencia se aplican cuando sean solicitados, ya sea el calor de hidratación o la suma de silicato tricálcico y aluminato tricálcico

(C) Cuando se especifique el límite de calor de hidratación, éste se indicará en el lugar de los límites de C3S, C2S y C3A, SiO2 y Fe2O3 listados en la tabla1

(D) Cuando se especifique la resistencia a los sulfatos, éste se indicará en el lugar de los límites de C3A y C4AF+ 2C3A SiO2 y Fe2O3 listados en la tabla1

(E) El cemento que cumple el límite de alta resistencia a los sulfatos de tipo V, se considera que reúne el requisito de moderada resistencia a los sulfatos de tipo II.

439.05 Cemento Portland adicionado

Un cemento Portland adicionado contiene dos o más constituyentes inorgánicos, los cuales contribuyen a mejorar las propiedades del cemento con o sin otros aditivos (NTP 334.082).

a. Clasificación y uso

Las características de los cementos de este tipo están indicadas en la NTP 334, la cual establece la siguiente clasificación y uso.

Cementos Portland adicionados: Para usos en construcciones de concreto en general.

Tipo IP : Cemento Portland Puzolánico.

Tipo I (PM) : Cemento Portland Puzolánico modificado.

Tipo IS : Cemento Portland de escoria de altos hornos

Tipo ICo : Cemento Portland compuesto Tipo ICo

Los requisitos que deben cumplir este tipo de Cementos Portland Adicionados para uso en construcciones en general y/o especial, se establecen en la Norma Técnica Peruana NTP 334.090.CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos. Tabla Nº 1, 2, 3, 4.

b. Propiedades especiales

La moderada resistencia a los sulfatos, moderado calor de hidratación o ambas, puede ser especificada por adición de los sufijos, (MS) o (MH), respectivamente, al tipo de cemento especificado en el numeral 5.1.1 de la NTP 334.090.

Cuando se solicite cementos adicionados con bajo calor de hidratación, esto se debe especificar adicionando el sufijo (LH), al tipo de cemento que lo requiera.

NOTA 2: Para efectos de la comercialización y para proporcionamiento de mezclas de concreto, se deberá tomar en cuenta que la densidad de estos cementos es diferente a la de los cementos Portland normales, por lo que una masa dada de cemento adicionado, tiene un volumen absoluto mayor que la misma masa de cemento Portland.

NOTA 3: Las características especiales atribuibles a la escoria o puzolana pueden variar dependiendo de la cantidad contenida en el cemento adicionado.

c. Requisitos Químicos

Los cementos definidos en la NTP deben cumplir los requisitos químicos prescritos en la **Tabla 439-05.**

TABLA 439-05

Requisitos químicos

COMPOSICIÓN QUÍMICA	TIPOS DE CEMENTO Λ			
	IS(<70)	IS(≥70)	IP,I(PM)	ICo
Óxido de magnesio (MgO), %, máx.	---	---	6,0	6,0
Azufre como trióxido de azufre (SO_3), %, máx.	3,0	4,0	4,0	4,0
Azufre (S), %, máx.	2,0	2,0	---	---
Residuo insoluble, %, máx.	1,0	1,0	---	---
Pérdida por ignición, %, máx.	3,0	4,0	5,0	---

Λ Cuando se verifique mediante el método de la NTP 334.075, que el SO_3 óptimo presenta un valor de 0,5% menor que el límite de esta especificación, puede permitirse una cantidad adicional de SO_3 a condición que se haya demostrado mediante el método de ensayo de la NTP 334.078, que el sulfato de calcio en el mortero hidratado a 24 h ± ¼ h y expresado como SO_3 no exceda de 0,5 g/l.
El comprador podrá solicitar al fabricante la información sustentatoria.

Si el comprador solicita al fabricante la composición química del cemento adicionado, dicha composición comercial declara por el fabricante deberá cumplir con las siguientes tolerancias (Nota 7):

REQUISITOS	TOLERANCIA, + %
Dióxido de silicio (SiO_2)	3
Óxido de Aluminio (Al_20_3)	2
Óxido de Calcio CaO)	3

Nota 7: Esto significa que si la declaración del fabricante sobre la composición química dice "SiO_2: 32%, cuando se analice el cemento deberá contener entre 29% a 35 % de SiO_2.

d. Requisitos Físicos

Cemento Portland adicionado: Los cementos Portland adicionados deberán cumplir los requisitos físicos prescritos en la **Tabla 439-06.**

TABLA 439-06

Requerimientos fisícos

REQUISITOS FÍSICOS	TIPOS DE CEMENTO			
	IS (<70), IP, I(PM), ICo	IS(<70)MS, IP(MS)	IS(70)	IP(LH)
Finura	(A)	(A)	(A)	(A)
Expansión en autoclave %máx.	0,80	0,80	0,80	0,80
Contracción en autoclave % máx.	0,20	0,20	0,20	0,20
Tiempo de fraguado, Método Vicat :				
Fraguado en minutos, no menor de	45	45	45	45
Fraguado en horas, no mayor que	7	7	7	7
Contenido de aire del mortero, % Vol. Máx.	12	12	12	12
Resistencia a la comprensión Mpa mín.				
3 días	13,0	11,0	---	---
7 días	20,0	18,0	5,0	11,0
28 días	25,0	25,0	11,0	21,0
Calor de hidratación, kJ/kg (cal/g), máx				
7 días	290 (70)	290 (70)	---	250 (60)
28 días	330 (80)	330 (80)	---	290 (70)
Requerimiento de agua, % en peso de cemento, máx.	---	---	---	64
Contracción por secado, % máximo	---	---	---	0,15
Expansión del mortero:				
14 días, % máx.	0,020	0,020	0,020	0,020
8 semanas, % máx.	0,060	0,060	0,060	0,060
Resistencia al sulfato, expansión a los 180 días, % máx.	(0,10)	0,10	---	(0,10)

A = La finura obtenida sobre los resultados de los ensayos realizados a todos los molinos, deberá ser informada tanto por porcentaje de retenido sobre tamiz normalizado de 45 µm (N°. 325) vía húmeda, como por superficie específica, en m²/kg mediante el permeabilímetro de Blaine.

B = Los especímenes permanecerán firmes y duros, no deben mostrar signos de distorsión, rajaduras, grietas, picaduras o desmoronamiento cuando estén sometidos al ensayo de expansión en autoclave.

C = El tiempo de fraguado se refiere al del fraguado inicial, según el método señalado en la NTP 334.006. El tiempo de fraguado de cementos que contienen aditivos acelerantes o retardantes de tipo funcional, no necesariamente cumplirán con los límites de esta Tabla, pero deben ser establecidos por el fabricante.

D= Aplicable solamente cuando se requiera un moderado (MH) o un bajo (LH) calor de hidratación en este caso los requisitos de resistencia a la compresión podrán ser el 80% del valor indicado en la Tabla.

E= El ensayo de expansión del monto es un requisito opcional y se aplicará solamente a petición del solicitante y cuando el cemento se va usar con agregados álcali-reactivos.

F= El requisito opcional de resistencia a los sulfatos se aplica solamente si es específicamente solicitado.

G= Aplicable solamente cuando no se requiera altas resistencias a edades tempranas o cuando se especifica, bajo calor de hidratación.

Puzolana o escoria: La puzolana o escoria se deberá ensayar al mismo grado de finura que aquella a la que será adicionada. La puzolana deberá cumplir los requisitos de finura y actividad puzolánica indicados en la **Tabla 439-07**. La fabricación del cemento Portland de escoria de alto horno, Tipo IS (<25), deberá cumplir el requisito de actividad de la escoria de la **Tabla 439-07**. Las puzolanas o las escorias que van a molerse conjuntamente con el clinker de cemento Portland, se ensayarán primero para verificar el cumplimiento con los requisitos de la **Tabla 439-07**, y serán molidas en el laboratorio, a finura similar a la que tendrá en el cemento adicionado.

La puzolana utilizada en la fabricación de cemento Portland puzolánico I (PM), cumplirá los requisitos de la Norma Técnica Peruana NTP 334.090.CEMENTOS. Cementos Portland adicionados. Requisitos Tabla 3, cuando el cemento se ensaye para determinar la expansión de morteros de puzolana, según el método descrito en el apartado 11.1.13. Si el contenido de álcali del clinker a usarse en la producción por lotes cambia por más de 0,20 % del total como Na_2O equivalente, calculado como $Na_2O + 0{,}658\ K_2O$ de aquel clinker con el cual se efectuaron los ensayos de aceptación, la puzolana se reensayará para demostrar que cumple con los requisitos de la **Tabla 439-07.**

TABLA 439-07

Requisitos de la puzolana para usar en cemento adicionados y de la escoria para usar en cementos Portland de escoria de alto horno Tipo IS (<25)

Puzolana y Escoria, según sea aplicable	Requisitos
Finura: Retenido en malla 45 µm (N°. 325), % máx.	20,0
Reactividad alcalina de la puzolana para su uso en cemento Tipo I (PM), seis ensayos, expansión de la barra de mortero a 91 días, %máx.	0,05
Índice de actividad con cemento Portland a 28 días, % mín.	75

TABLA 439-08

Requisitos de gradación de agregados para ensayo de expansión de morteros

TAMICES N°		
Pasa	**Retiene**	**% Peso**
4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N°8)	10
2,36 mm N° 8)	1,18 mm (N°16)	25
1,18 mm (N° 16)	600 µm Π	
µ m (N°30)	300 µm Π	
µ m (N°50)	100 µm Π	

Equipo

439.06 Vehículos de trasporte

El cemento Portland podrá ser transportado a granel o en sacos. En ambos casos los vehículos deberán garantizar que el producto no estará expuesto al humedecimiento, sea por lluvia o por la humedad del ambiente.

Si el cemento se trasporta en sacos, los vehículos deberán tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.

439.07 Silos de almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento Portland transportado a granel se realizará en silos adecuados para tal fin, los que tendrán aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento. Así mismo, dispondrán de dispositivos adecuados para la toma de muestras y deberán ser herméticos para evitar el humedecimiento del cemento.

Requerimientos de construcción

439.08 Aspectos generales

El Contratista deberá suministrar el cemento Portland cumpliendo todas las disposiciones legales referentes a las dimensiones y pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental de los mismos.

A la llegada de cada vehículo al sitio de los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor una certificación expedida por el fabricante del cemento Portland, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer todas las condiciones establecidas en las **Subsecciones 438.02**, **438.03** y **438.04.** Dicha comprobación, en ningún caso exime la ejecución de ensayos de comprobación por parte del Supervisor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el Supervisor se abstendrá de aceptar el empleo de suministros de cemento Portland, que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

El Supervisor deberá comprobar, con la frecuencia que considere pertinente, los sistemas de transporte, y trasvase si la entrega es a granel, y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material y podrá ordenar la suspensión de la utilización del producto, mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes, de las características de calidad del cemento Portland.

El empleo del cemento Portland en la elaboración de las distintas unidades de obra de las que formará parte, se hará conforme lo establece la Sección correspondiente.

Aceptación de los trabajos

439.09 Condiciones generales

El Supervisor realizará los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del cemento Portland, el Contratista cumpla con la legislación vigente en relación con la materia ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.

- Verificar el estado y funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del cemento Portland.

439.10 Controles específicos y tolerancias para la aceptación

El Supervisor realizará las siguientes actividades:

- Realizar una vez por cada mes de ejecución de las obras y como mínimo 3 veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de 3 meses, los ensayos que considere necesarios para verificar las características del cemento utilizado en la obra, de aquellos especificados en las **Tablas 438-01**, **438-02**, **438-03** y **438-04.** La toma de muestras se realizará de acuerdo a la norma NTP 334.007 y los ensayos se efectuarán en un laboratorio certificado. No se admitirá tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en las Tablas enunciadas en esta sección o con los establecidos en la especificación particular del Proyecto, si fuese el caso. Por lo tanto, el incumplimiento de alguno de los ensayos implica el rechazo del producto.
- Efectuar los ensayos necesarios para determinar la cantidad de cemento Portland incorporado en las mezclas que haya aprobado.

Medida

439.11

La unidad de medida del cemento Portland será el kilogramo (kg), aproximando al kilogramo completo, incorporado en la base estabilizada con cemento, debidamente aprobada por el Supervisor.

Cuando el cómputo de la fracción decimal de cemento Portland resulte mayor o igual a ≥0,5 kg, la aproximación al entero que se realizará por exceso y si resulta <0,5 kg, la aproximación se realizará por defecto.

Pago

439.12

El cemento portland no se pagará en forma independiente, será incluido en el precio unitario de la partida correspondiente.

SECCION 440

PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO O PIEDRA

SECCIÓN 440

Pavimento de adoquines de concreto o piedra

Descripción

440.01

Este trabajo consiste en la colocación de una capa de adoquines de concreto de cemento portland o de piedra, confinados, sellados y asentados en una cama de arena, sobre una superficie debidamente preparada, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

440.02

Se utilizarán los siguientes materiales:

a. Arena para capa de soporte

La arena utilizada para la capa de apoyo de los adoquines, será de origen aluvial, sin trituración, libre de finos plásticos, materia orgánica u otras impurezas. Deberá, además, satisfacer los siguientes requisitos:

1. Granulometría

La granulometría de la arena deberá corresponder a lo dispuesto en la NTP 400.037: Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto, según lo indicado en la **Tabla 440-01**.

2. Limpieza

El equivalente de arena, determinado de conformidad con la NTP 339.146 o MTC E 114. Método de prueba estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino, deberá ser, cuando menos, el 60%.

Descarga de arena: Antes de ser descargada la arena, esta deberá estar ligeramente humedecida. Esta actividad será realizada preferentemente en las primeras horas de la mañana.

Tabla 440-01

Granulometría de la arena para soporte de los adoquines

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,50 mm (3/8")	100
4,75 mm (N°.4)	95-100
2,36 mm (N°.8)	80-100
1,18 mm (N°.16)	50-85
600 µm (N°.30)	25-60
300 µm (N°.50)	10-30
150 µm (N°.100)	2-10

b. Adoquines

Deberán cumplir los requisitos establecidos en el expediente técnico, los que deben estar en conformidad con la NTP 399.611 Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos: su espesor y resistencia a la compresión deben ser los que señale el Proyecto. Su microtextura debe ser capaz de proporcionar una superficie lisa y resistente al desgaste.

c. Arena para sello

La arena utilizada para el sello de las juntas entre los adoquines será de origen aluvial sin trituración, libre de finos plásticos, materia orgánica u otras impurezas. Su granulometría se ajustará a los siguientes límites, según lo indicado en la **Tabla 440-02**.

Tabla 440-02

Requisitos granulométricos para la arena de sello

Tamiz	Porcentaje que pasa
2,36 mm (N°. 8)	100
1,18 mm (N°. 16)	90-100
600 µm (N°. 30)	60-90
300 µm (N°. 50)	30-60
150 µm (N°. 100)	5-30
75 µm (N°. 200)	0-5

Equipo

440.03

Básicamente, el equipo necesario para la ejecución de los trabajos consistirá de elementos para el transporte ordenado de los adoquines que impida la alteración de calidad de las piezas, vehículos para el transporte de la arena, una vibrocompactadora de placa y herramientas manuales como rieles, reglas, enrasadoras, martillos de goma, palas, cepillos, etc, los que deberán contar con la aprobación del Supervisor.

Requerimientos de construcción

440.04 Generalidades

a. Preparación de la superficie existente

La capa de arena de soporte de los adoquines no se extenderá hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor.

Todas las irregularidades que excedan los límites que acepta la especificación correspondiente a dicha unidad de obra, se deberá corregir de acuerdo con lo establecido en ella, con aprobación del Supervisor.

b. Colocación y nivelación de la capa de arena

La arena se colocará seca y en un espesor uniforme tal que, luego de nivelado el pavimento, tenga un espesor entre 3 cm y 5 cm.

Si la arena ya colocada sufre algún tipo de compactación antes de colocar los adoquines, se someterá a la acción repetida de un rastrillo, para devolverle su carácter suelto y se enrasará de nuevo.

La capa de arena deberá irse extendiendo simultáneamente con la colocación de los adoquines, de manera que ella no quede expuesta al término de la jornada de trabajo.

c. Colocación de los adoquines

Los adoquines se colocarán directamente sobre la capa de arena nivelada, a tope unos con otros, de manera que generen juntas que no excedan de 3 mm.

La colocación seguirá un patrón uniforme, evitándose desplazamientos de los adoquines ya colocados, lo que se controlará con hilos para asegurar su alineamiento transversal y longitudinal. Si los adoquines son rectangulares con relación largo/ancho de 2/1, el patrón de colocación será de espina de pescado, dispuesto en cualquier ángulo sobre la superficie, patrón que se seguirá de manera continua, sin necesidad de alterar su rumbo al doblar esquinas o seguir trazados curvos. Si los adoquines se colocan en hileras, deberán cambiar de orientación para respetar la perpendicularidad a la dirección preferencial de circulación.

Los adoquines de otras formas se colocarán en hileras perpendiculares a la dirección preferencial de circulación, pero sin cambiarles el sentido al doblar esquinas o seguir trazados curvos.

Los adoquines no se nivelarán individualmente, pero sí se podrán ajustar horizontalmente para conservar el alineamiento.

Para zonas en pendiente, la colocación de los adoquines se hará preferiblemente de abajo hacia arriba.

d. Ajustes

Una vez colocados los adoquines enteros dentro de la zona de trabajo, se colocarán ajustes en las áreas que hayan quedado libres contra las estructuras de drenaje o de confinamiento.

Estos ajustes se harán, preferiblemente, partiendo adoquines en piezas con la forma necesaria. Los ajustes cuya área sea inferior a la cuarta parte del tamaño de un adoquín, se harán, después de la compactación final, empleando un mortero compuesto por una parte de cemento, 4 de arena y agua suficiente.

440.05 Compactación

a. Compactación inicial

Una vez terminados los ajustes con piezas partidas, se procederá a la compactación inicial de la capa de adoquines, mediante la pasada de una

vibrocompactadora de placa, cuando menos 2 veces en direcciones perpendiculares.

El área adoquinada se compactará hasta 1 m del borde del avance de la obra o de cualquier borde no confinado. Al terminar la jornada de trabajo, los adoquines deberán haber recibido, al menos, la compactación inicial, excepto en la franja de 1 m recién descrita.

Todos los adoquines que resulten partidos durante este proceso deberán ser extraídos y reemplazados por el Contratista, a su costo.

b. Compactación final y sello de juntas

Inmediatamente después de la compactación inicial, se aplicará la arena de sello sobre la superficie en una cantidad equivalente a una capa de 3 mm de espesor y se barrerá repetidamente y en distintas direcciones, con una escoba o cepillo de cerdas largas y duras. En el momento de su aplicación, la arena deberá encontrarse lo suficientemente seca para penetrar con facilidad por las juntas.

Simultáneamente, se aplicará la compactación final, durante la cual cada punto del pavimento deberá recibir al menos 4 pasadas del equipo, preferiblemente desde distintas direcciones.

Si el Supervisor lo considera conveniente, la compactación se completará con el paso de un rodillo neumático o uno liso de rodillos pequeños, con el fin de reducir las deformaciones posteriores del pavimento.

No se permitirá el tráfico de vehículo hasta que la compactación final y el sello de juntas hayan sido efectuados y aprobados por el Supervisor.

c. Confinamiento

Los pavimentos de adoquines deberán tener una estructura de confinamiento que impida su desplazamiento lateral a causa del empuje horizontal del tránsito vehicular.

Las estructuras de confinamiento deberán rodear completamente el área pavimentada y estar diseñadas para permanecer estáticas, aún cuando reciban impactos ocasionados por las llantas, asimismo deberán penetrar, por lo menos, 15 cm en la capa de base que se encuentre bajo la capa de arena y su nivel superior cubrirá, como mínimo, la mitad del espesor del adoquín después de compactado.

d. Apertura al tránsito

El tránsito automotor no se permitirá hasta que el pavimento haya recibido la compactación final y esté completamente confinado.

e. Cierre del tránsito

Deberá colocarse una apropiada señalización en los desvíos considerados en el proyecto. Estos desvíos no deberán pasar por lugares donde se ubican centros de salud, zonas de derrumbes, etc.

No debe permitirse el acceso de personas ajenas a la obra.

f. Limitaciones en la ejecución

Ninguna de las operaciones que forman parte de la construcción del pavimento de adoquines se realizará en presencia de precipitaciones pluviales. Si la capa de arena que sirve de apoyo a los adoquines ha soportado lluvia o agua de escorrentía, deberá ser levantada y reemplazada por una arena suelta de humedad baja y uniforme.

Si se tenían adoquines colocados sin compactar ni sellar, el Supervisor verificará si el agua ha producido erosión de la arena por debajo de las juntas y, en caso de que ello haya sucedido, el Contratista deberá retirar los adoquines y la capa de arena y repetir el trabajo, a su cuenta, costo y riesgo.

g. Manejo ambiental

Todas las labores para la construcción de pavimentos de adoquines se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

h. Conservación

Durante un lapso de cuando menos 2 semanas, se dejará un sobrante de arena esparcido sobre el pavimento terminado, de manera que el tránsito y las posibles lluvias ayuden a acomodar la arena en las juntas.

No se permitirá lavar el pavimento con chorro de agua a presión, antes ni después de su construcción.

Aceptación de los trabajos

440.06 Criterios

a. Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.
- Verificar el cumplimiento de lo especificado en la **Sección 103**.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Exigir la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Realizar medidas para levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

b. Condiciones específicas y tolerancias para la aceptación

1. Calidad de la arena

De cada procedencia de las arenas empleadas en la capa de soporte y en el sello y para cualquier volumen previsto, el Supervisor tomará 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinará:

- La plasticidad.
- El equivalente de arena.

Durante la etapa de producción, se realizarán las verificaciones periódicas de calidad indicadas en la **Tabla 440-03**.

Tabla 440-03

Verificaciones periódicas sobre las arenas de soporte y sello

Ensayo	Norma de ensayo	Frecuencia
Composición		
Granulometría	MTC E 107	1 por jornada
Limpieza		
Índice de plasticidad	MTC E 111	1 por jornada
Equivalente de arena (sólo a la arena de soporte)	MTC E 114	1 por semana

Los resultados de estas pruebas deben satisfacer los requisitos de la presente especificación, caso contrario el Supervisor rechazará aquellos materiales que no la cumplan.

2. Calidad de los adoquines

Los adoquines deberán ir acompañados de un certificado de calidad del fabricante, que garantice que el material suministrado cumple con los requisitos de calidad exigidos en la **Subsección 440.02 (b).**

3. Calidad del trabajo terminado

El pavimento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no podrá ser menor que la indicada en el Proyecto y aprobada por el Supervisor.

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada, por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores de 10 mm. Cualquier diferencia que exceda esta tolerancia, así como cualquier otra falla o deficiencia que presentase el trabajo realizado, deberá ser corregida por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo de acuerdo a las instrucciones y aprobación del Supervisor.

Medición

440.07

La unidad de medida del pavimento de adoquines de concreto y de piedra será el metro cuadrado (m^2), de pavimento colocado y terminado de acuerdo con esta especificación, aceptado y aprobado por el Supervisor.

El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje vial, por el ancho especificado en el Proyecto y aprobado por el Supervisor. No se incluirá en la medida, ninguna área por fuera de estos límites.

Pago

440.08

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato y por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación, aceptada y aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales, así como los costos de explotación, clasificación, carguío, transportes, desperdicios, almacenamiento y colocación de la arena para capa de soporte y arena para el sello conforme lo exige esta especificación.

También, deberá cubrir todos los costos de los adoquines, incluyendo su carguío, transportes, descargas, desperdicios, almacenamiento, colocación y compactación de ellos; las instalaciones provisionales, los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

La preparación de la superficie existente se considera incluida en el ítem referente a la ejecución de la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por lo tanto, no habrá lugar a pago separado por dicho concepto.

Partida de pago	Unidad de pago
440.A Pavimento de adoquines de concreto	Metro cuadrado (m^2)
440.B Pavimento de adoquines de piedra	Metro cuadrado (m^2)

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

MANUAL DE CARRETERAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN

EG-2013

TOMO II

Actualizado a Junio 2013

TOMO II

CAPITULO V 881

DRENAJE 881

Sección 501 Excavación para estructuras 885

Sección 502 Rellenos para estructuras 895

Sección 503 Concreto estructural 905

Sección 504 Acero de refuerzo 939

Sección 505 Tubería de concreto simple 949

Sección 506 Tubería de concreto reforzado 959

Sección 507 Tubería metálica corrugada 969

Sección 508 Tubería de polietileno de alta densidad 981

Sección 509 Subdrenes 991

Sección 510 Cunetas revestidas de concreto 1001

Sección 511 Geotextiles 1009

Sección 512 Subdrenes con geotextil y material granular 1023

Sección 513 Geotextil para pavimentación 1031

Sección 514 Capa Filtrante 1039

CAPITULO VI 1041

OBRAS COMPLEMENTARIAS 1041

Sección 601 Mampostería 1045

Sección 602 Gaviones 1055

Sección 603 Defensas ribereñas 1061

Sección 604 Demoliciones 1067

Sección 605 Delimitación y Señalización del Derecho de Vía 1079

CAPITULO VII 1083

TRANSPORTE 1083

Sección 700 Transporte 1087

CAPITULO VIII 1093

SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL 1093

Sección 800 Disposiciones generales 1097

Sección 801 Señales preventivas 1123

Sección 802 Señales reglamentarias 1127

Sección 803 Señales informativas 1131

Sección 804 Postes Delineadores 1135

Sección 804.A Tachas Retroreflectivas 1145

Sección 805 Marcas en el pavimento 1161

Sección 806 Barreras de Seguridad Vial 1173

Sección 807 Guardavías metálicos 1183

Sección 808 Barrera de seguridad de concreto 1193

Sección 809 Captafaros 1201

Sección 810 Postes de kilometraje 1207

CAPITULO IX 1211

PROTECCIÓN AMBIENTAL 1211

Sección 901 Capa superficial de suelo 1215

Sección 902 Árboles y arbustos para cobertura vegetal de terreno 1221

Sección 903 Herbáceas para cobertura vegetal de terreno 1231

Sección 904 Mallas y sistemas de confinamiento celular para el control de la erosión 1239

Sección 905 Fuentes de agua 1249

Sección 906 Recuperación ambiental de áreas afectadas 1255

ANEXOS 1259

Anexo 1 Proceso aleatorio para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo 1263

Anexo 2 Índice de partidas 1271

CAPITULO V

DRENAJE

SECCION 501

EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS

SECCIÓN 501

Excavación para estructuras

Descripción

501.01

Este trabajo consiste en la ejecución de excavaciones por encima o por debajo del nivel freático, para fundación de estructuras diversas, en materiales comunes (sueltos y/o rocas), para la cimentación de estructuras, alcantarillas, muros, zanjas de coronación, canales, cunetas y otras obras complementarias, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Las excavaciones para estructuras se clasificarán de acuerdo con las características de los materiales excavados y la posición del nivel freático.

- **Excavaciones para estructuras en roca en seco**: Comprende toda excavación de roca in situ de origen ígneo, metamórfico o sedimentario, bloques de los mismos materiales de volumen mayor a un metro cúbico, conglomerados que estuviesen tan firmemente cementados que presenten todas las características de roca sólida y, en general, todo material que se deba excavar mediante el uso sistemático de explosivos.
- **Excavaciones para estructuras en material común en seco**: Comprende toda excavación de materiales no cubiertos en el párrafo anterior, "Excavaciones para estructura en roca".
- **Excavaciones para estructura en roca bajo agua**: Comprende toda excavación de material cubierto por "Excavaciones para estructuras en Roca" en donde la presencia permanente de agua dificulte los trabajos de excavación.
- **Excavaciones para estructura en material común bajo agua**: Comprende toda excavación de material cubierta por "Excavaciones

para estructura en material común" en donde la presencia permanente de agua dificulte los trabajos de excavación.

Materiales

501.02

No se requieren materiales para la ejecución de los trabajos objeto de la presente Sección, excepto en el caso de excavación en roca que puede demandar el uso de explosivos.

Equipo

501.03

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de esta especificación.

El equipo deberá cumplir con las estipulaciones que se dan en la **Subsección 05.11.**

Requerimientos de construcción

501.04

En la zona de trabajo deberán efectuarse necesariamente actividades de desbroce y limpieza de acuerdo a lo especificado en la **Sección 201.**

Las excavaciones se deberán ceñir a los alineamientos, pendientes y cotas indicadas en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor. En general, los lados de la excavación tendrán caras verticales conforme a las dimensiones de la estructura, cuando no sea necesario utilizar encofrados para el vaciado del cimiento. Cuando la utilización de encofrados sea necesaria, la excavación se podrá extender hasta 45 cm fuera de las caras verticales del pie de la zapata de la estructura.

El Contratista deberá proteger la excavación contra derrumbes; todo derrumbe causado por error o procedimientos inapropiados del Contratista, se eliminará a su cuenta, costo y riesgo.

Todo material inadecuado que se halle al nivel de cimentación deberá ser excavado y reemplazado por material seleccionado o por concreto pobre, según lo determine el Supervisor.

El Contratista no deberá terminar la excavación hasta el nivel de cimentación, sino está preparado para iniciar la colocación del concreto o mampostería de la estructura, material seleccionado o tuberías de alcantarillas.

El Supervisor previamente debe aprobar la profundidad y naturaleza del material de cimentación. Toda sobre-excavación por debajo de las cotas autorizadas de cimentación, deberá ser rellenada por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con procedimientos aprobados por el Supervisor.

Todos los materiales excavados que sean adecuados y necesarios para rellenos deberán almacenarse en forma tal, de poderlos aprovechar en la construcción de éstos; no se podrán desechar ni retirar de la obra, para fines distintos a ésta, sin la aprobación previa del Supervisor.

El Contratista deberá preparar el terreno para las cimentaciones necesarias, de tal manera que se obtenga una cimentación firme y adecuada para todas las partes de la estructura. El fondo de las excavaciones que van a recibir concreto deberán nivelarse con herramientas manuales, hasta darle las dimensiones indicadas en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor. Las superficies así preparadas deberán humedecerse y apisonarse con herramientas o equipos adecuados hasta dejarlas compactadas, de manera que constituyan una fundación firme para las estructuras.

Las excavaciones en roca para estructuras se harán teniendo en consideración lo dispuesto en la **Subsección 05.05**; la ejecución de este tipo de voladuras deberá ser comunicada además al Supervisor, por lo menos con 24 horas de anticipación a su ejecución. Las técnicas usadas deberán garantizar el mantenimiento de las tolerancias indicadas en el Proyecto. La excavación próxima y vecina a la superficie definitiva, deberá hacerse de manera tal que el material de dicha superficie, quede prácticamente inalterado.

El Contratista deberá ejecutar todas las construcciones temporales y usar el equipo y métodos de construcción que se requieran para drenar las

excavaciones y mantener su estabilidad, tales como desviación de los cursos de agua, utilización de entibados y la extracción del agua por bombeo. Estos trabajos o métodos de construcción requerirán la aprobación del Supervisor, pero dicha aprobación no eximirá al Contratista, de su responsabilidad por el buen funcionamiento de los métodos empleados, ni por el cumplimiento de los requisitos especificados. El drenaje de las excavaciones se refiere tanto a las aguas de infiltración como a las aguas de lluvias.

El Contratista deberá emplear todos los medios necesarios para evitar accidentes de sus trabajadores, personas extrañas a la obra o vehículos.

Dichas medidas comprenderán el uso de entibados si fuere necesario, barreras de seguridad y avisos, y requerirán la aprobación del Supervisor.

Las excavaciones que presenten peligro de derrumbes que puedan afectar la seguridad de los obreros o la estabilidad de las obras o propiedades adyacentes, deberán entibarse convenientemente. Los entibados serán retirados antes de rellenar las excavaciones.

Los últimos 20 cm de las excavaciones, en el fondo de éstas, deberán hacerse con herramientas manuales, antes de iniciar la construcción de las fundaciones, salvo en el caso de excavaciones en roca.

Después de terminar cada una de las excavaciones, el Contratista deberá dar el correspondiente aviso al Supervisor y no podrá iniciar la construcción de obras dentro de ellas sin su autorización.

En caso de excavaciones que se efectúen sobre vías abiertas al tráfico se deberán disponer los respectivos desvíos y adecuada señalización en todo momento, incluyendo la noche hasta la finalización total de los trabajos, o hasta que se restituyan niveles adecuados de seguridad al usuario. Será aplicable en la ejecución de los trabajos de Excavación para Estructuras, lo indicado en la **Sección 103.**

Se debe proteger la excavación contra derrumbes que puedan desestabilizar los taludes y laderas naturales, provocar la caída de material de ladera abajo, afectando la salud de las personas y ocasionar impactos al medio ambiente. Para evitar daños en el medio ambiente como consecuencia de la construcción de muros, alcantarillas, subdrenes y cualquier otra obra que requiera excavaciones, se deberán cumplir entre otros, los siguientes requisitos:

- En el caso de muros y, principalmente, cuando en la ladera debajo de la ubicación de éstos existe vegetación, los materiales excavados deben ser depositados temporalmente en un lugar adecuado de la

plataforma de la vía, en espera de ser trasladado al lugar que designe el Supervisor.

- En el caso de la construcción de cunetas, subdrenes, etc., los materiales producto de la excavación no deben ser colocados sobre terrenos con vegetación o con cultivos; deben ser eliminados en los DME, de acuerdo a la **Sección 209**.
- Los materiales pétreos sobrantes de la construcción de cunetas revestidas, muros, alcantarillas de concreto y otros, no deben ser esparcidos en los lugares cercanos, sino trasladados y eliminados en los DME, de acuerdo a la **Sección 209**.

501.05 Uso de explosivos

El uso de explosivos será permitido únicamente con la aprobación por escrito del Supervisor y según lo indicado en la **Subsección 05.05**.

501.06 Utilización y eliminación de los materiales excavados

Los materiales provenientes de las excavaciones deberán utilizarse para el relleno posterior de las obras construidas, siempre que sean adecuados para dicho fin.

Los materiales sobrantes o inadecuados deberán ser retirados por El Contratista de la zona del Proyecto, hasta los sitios aprobados por el Supervisor, siguiendo las disposiciones de la **Sección 209**. Los materiales excedentes provenientes de las excavaciones, se depositarán en lugares que consideren las características físicas, topográficas y de drenaje de cada lugar.

Se debe evitar zonas inestables o áreas de importancia ambiental como humedales o áreas de alta productividad agrícola.

Se medirán los volúmenes de las excavaciones para ubicar las zonas de disposición final adecuadas a esos volúmenes.

Las zonas de depósito final de desechos se ubicarán lejos de los cuerpos de agua, para asegurar que el nivel de agua, durante precipitaciones pluviales, no sobrepase el nivel más bajo de los materiales colocados en el depósito. No se colocara el material en lechos de ríos, ni a 30 m de las orillas.

501.07 Tolerancias

En ningún punto la excavación realizada variará de la proyectada más de 2 cm en cota, ni más de 5 cm en la localización en planta.

Aceptación de los trabajos

501.08 Criterios

El Supervisor efectuará los siguientes controles:

- Verificar el cumplimiento de lo exigido en la **Sección 103.**
- Verificar el estado y funcionamiento del equipo a ser utilizado por el Contratista.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajos aceptados.
- Controlar que no se excedan las dimensiones de la excavación según se indica en la **Subsección 501.04**.
- Medir los volúmenes de las excavaciones.
- Vigilar que se cumplan con las especificaciones ambientales incluidas en esta **Sección 501**.

La evaluación de los trabajos de "Excavación para Estructuras" se efectuará según lo indicado en la **Subsección 04.11.**

Medición

501.09

Las medidas de las excavaciones para estructuras serán en volumen en metros cúbicos (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico en su posición original determinado dentro de las líneas indicadas en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor. En las excavaciones para estructuras y alcantarillas toda medida se hará con base en caras verticales. Las excavaciones ejecutadas fuera de estos límites y los derrumbes no se medirán para los fines del pago.

La medida de la excavación de acequias, zanjas u obras similares se hará con base en secciones transversales, tomadas antes y después de ejecutar el trabajo respectivo.

Pago

501.10

El pago se hará por metro cúbico (m^3), al precio unitario del Contrato, por toda obra ejecutada conforme a esta especificación y aprobada por el Supervisor, para los diferentes tipos de excavación para estructuras.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de excavación, eventual perforación y voladura; las obras provisionales y complementarias, tales como accesos, ataguías, andamios, entibados y desagües, bombeos, explosivos, la limpieza final de la zona de construcción y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

El transporte y la remoción de los materiales excavados, hasta los sitios de utilización o desecho se pagarán de acuerdo a lo establecido en la **Sección 700.**

Partida de pago		Unidad de pago
501.A	Excavaciones para estructuras en roca en seco	Metro cúbico (m^3)
501.B	Excavaciones para estructuras en roca bajo agua	Metro cúbico (m^3)
501.C	Excavaciones para estructuras en material común en seco	Metro cúbico (m^3)
501.D	Excavaciones para estructuras en material común bajo agua	Metro cúbico (m^3)

SECCION 502

RELLENOS PARA ESTRUCTURAS

SECCIÓN 502

Rellenos para estructuras

Descripción

502.01

Este trabajo consistirá en la construcción de capas compactadas de relleno para obras de concreto y drenaje, con materiales aprobados provenientes de excavaciones u otras fuentes, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

En los rellenos para estructuras se distinguirán las mismas partes que en los terraplenes, según la **Subsección 205.01.**

Materiales

502.02

Se utilizarán los mismos materiales que los empleados en terraplenes, según se establece en la **Subsección 205.02**.

Para la construcción de las capas filtrantes, el material granular deberá cumplir con alguna de las granulometrías que se indican en la **Tabla 502-01**, aprobado por el Supervisor.

Tabla 502-01

Requisitos de granulometría para filtros en estribos de puentes y muros de contención

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
150 mm (6")	100	-	-
100 mm (4")	90-100	-	-
75 mm (3")	80-100	100	-
50 mm (2")	70-95	-	100
25 mm (1")	60-80	91-97	70-90
12,5 mm (1/2")	40-70	-	55-80
9,5 mm (3/8")	-	79-90	-
4,75 mm (N°. 4)	10-20	66-80	35-65
2,00 mm (N°. 10)	0	-	25-50
0,60 mm (N°. 30)	-	0-40	15-30
150 µm (N°. 100)	-	0-8	0-3
75 µm (N°. 200)	-	-	0-2

El material, además, deberá cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

Tabla 502-02

Ensayo	Método de Ensayo MTC	Unidad de pago
Abrasión	MTC E 207	50% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio**		
-Agregado grueso	MTC E 209	18% máx.
-Agregado fino		15% máx.
CBR al 100% de MDS y 0,1" de penetración	MTC E 132	30% mín.
Índice de plasticidad	MTC E 111	N.P
Equivalente de arena	MTC E 114	45% mín.

** sólo para proyectos situados a una altitud superior a 3000 msnm

Para el traslado de materiales es necesario humedecerlo adecuadamente y cubrirlo con una lona para evitar emisiones de material particulado.

Los montículos de material almacenados temporalmente se cubrirán con lonas impermeables, para evitar el arrastre de partículas a la atmósfera y a cuerpos de agua cercanos.

Equipo

502.03

Los equipos de esparcido o extensión, humedecimiento y compactación de los rellenos para estructuras deberán ser los apropiados para garantizar la ejecución de los trabajos de acuerdo con las exigencias de esta Sección y lo especificado en la **Sección 06.01**.

El equipo deberá estar ubicado adecuadamente en sitios donde no perturbe a la población y al medio ambiente y contar además, con adecuados silenciadores, sobre todo si se trabaja en zonas vulnerables o se perturba la tranquilidad del entorno.

Requerimientos de construcción

502.04

El Contratista deberá notificar al Supervisor, con suficiente antelación al comienzo de la ejecución de los rellenos, para que éste verifique los trabajos topográficos y la calidad del suelo de cimentación, las características de los materiales por emplear y los lugares donde ellos serán colocados.

Antes de iniciar los trabajos, las obras de concreto o alcantarillas contra las cuales se colocarán los rellenos, deberán contar con la aprobación del Supervisor.

Cuando el relleno se vaya a colocar contra una estructura de concreto, sólo se permitirá su colocación después que el concreto haya alcanzado por lo menos el 80% de su resistencia.

Los rellenos estructurales para alcantarillas de tubería de concreto se podrán realizar luego que el mortero de la junta haya fraguado lo suficiente, para que no sufra ningún daño a causa de estos trabajos.

Siempre que el relleno se vaya a colocar sobre un terreno en el que existan corrientes de agua superficial o subterránea, previamente se deberán desviar las primeras y captar y conducir las últimas fuera del área donde se vaya a construir el relleno.

Todo relleno colocado antes que lo autorice el Supervisor, deberá ser retirado por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo.

502.05 Esparcido o extensión y compactación del material

Los materiales de relleno se extenderán en capas horizontales y de espesor uniforme, debiendo obtenerse en todos los casos el grado de compactación exigido.

Cuando el relleno se deba depositar sobre agua, las exigencias de compactación para las capas sólo se aplicarán una vez que se haya obtenido un espesor de 1 m de material relativamente seco.

Los rellenos alrededor de pilares y alcantarillas se deberán depositar simultáneamente a ambos lados de la estructura y aproximadamente a la misma elevación. En el caso de alcantarillas de tubos de concreto o metálicas se podrá emplear concreto tipo F en la sujeción hasta una altura que depende del tipo de tubo a instalar, por la dificultad de compactación de esta zona y luego que haya fraguado lo suficiente podrá continuarse con el relleno normal.

Durante la ejecución de los trabajos, la superficie de las diferentes capas deberá tener la pendiente transversal adecuada, que garantice la evacuación de las aguas superficiales sin peligro de erosión.

Una vez extendida la capa, se procederá a su humedecimiento y el contenido óptimo de humedad se determinará de acuerdo a los resultados que se obtengan en los ensayos de laboratorio realizados.

En los casos especiales en que la humedad del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, el Contratista deberá tomar las medidas adecuadas, pudiendo proceder a la desecación por aireación o a la adición y mezcla de materiales secos o sustancias apropiadas, como cal viva. En este último caso, deberá adoptar todas las precauciones que se requieran para garantizar la seguridad de los operarios.

Obtenida la humedad apropiada, se procederá a la compactación mecánica de la capa. En áreas inaccesibles para los equipos mecánicos, se autorizará el empleo de compactadores manuales que permitan obtener los mismos niveles de densidad del resto de la capa. La compactación se deberá continuar hasta lograr las densidades exigidas en la **Subsección 502.09(c) (1).**

La construcción de los rellenos se deberá hacer con el cuidado necesario para evitar presiones y daños a la estructura.

Las consideraciones a tomar en cuenta durante la extensión y compactación de material, están referidas a prevenir deslizamientos de taludes, erosión, y contaminación del medio ambiente.

502.06 Capas filtrantes

Se aplica lo establecido en la **Sección 514.**

502.07 Acabado

Al concluir cada jornada de trabajo, la superficie de la última capa deberá estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas de lluvia sin peligro de erosión.

502.08 Limitaciones en la ejecución

Los rellenos para estructuras sólo se llevarán a cabo cuando la temperatura ambiental no sea inferior a 6ºC y no exista presencia de precipitaciones pluviales, para evitar que la escorrentía traslade material y contamine o colmate fuentes de agua cercanas, humedales, etc.

Aceptación de los trabajos

502.09 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el cumplimiento de lo establecido en la **Sección 103**.
- Verificar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista.

- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en la **Subsección 502.02.**
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

Verificar la densidad de cada capa compactada. Este control se realizará en el espesor de cada capa realmente construida, de acuerdo con el proceso constructivo aprobado.

- Controlar que la ejecución del relleno contra cualquier parte de una estructura, solamente comience cuando la estructura adquiera la resistencia especificada.
- Medir los volúmenes de relleno y material filtrante colocados por el Contratista en acuerdo a la presente especificación.
- Vigilar que se cumplan con las especificaciones ambientales incluidas en esta Sección.

b. Calidad de los materiales

La calidad de los materiales de relleno se establecerá de conformidad con los ensayos indicados en la **Subsección 205.02**.

Sin embargo, teniendo en cuenta que los volúmenes de rellenos para estructuras suelen ser inferiores a los requeridos para el terraplén en la **Tabla 205-02**, el Supervisor aprobará la frecuencia de ejecución de las diversas pruebas de calidad.

c. Calidad del trabajo terminado

Los taludes terminados no deberán acusar irregularidades a la vista. La cota de cualquier punto de la subrasante en rellenos para estructuras, no deberá variar más de 10 mm de la proyectada.

En las obras concluidas no se admitirá ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas superficiales.

Adicionalmente, el Supervisor deberá efectuar las siguientes comprobaciones:

1. Compactación

Los niveles de densidad por alcanzar en las diversas capas del relleno son los mismos que se indican en la **Subsección 205.12(c) (1).**

Sin embargo, deben tener como mínimo 3, ensayos de densidad de campo por capa.

La compactación de las capas filtrantes se considerará satisfactoria cuando ellas presenten una impermeabilidad similar a la del relleno adjunto.

2. Protección de la superficie del relleno

Al respecto, se aplica el mismo criterio indicado en la **Subsección 205.12(c) (3)**, en relación con la protección de la corona de terraplenes.

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias, deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las instrucciones y aprobación del Supervisor.

La evaluación de los trabajos de "Relleno para Estructuras" se efectuará según lo indicado en la **Subsección 04.11.**

Medición

502.10

La unidad de medida para los volúmenes de rellenos será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de material compactado, aprobado por el Supervisor, en su posición final. No se considera los volúmenes ocupados por las estructuras de concreto, tubos de drenaje y cualquier otro elemento de drenaje cubierto por el relleno.

Los volúmenes serán determinados por el método de áreas promedios de secciones transversales del proyecto localizado, en su posición final, verificadas y aprobadas por el Supervisor antes y después de ser ejecutados los trabajos.

No habrá medida para los rellenos por fuera de las líneas del proyecto y aprobadas por el Supervisor, efectuados por el Contratista, ya sea por error o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Pago

502.11

El trabajo de rellenos para estructuras se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación y aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes de materiales, la extracción, preparación y suministro de los materiales, así como su carga, descarga, almacenamiento, colocación, humedecimiento o secamiento, compactación y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los rellenos para estructuras, de acuerdo con el proyecto, esta especificación, la aprobación del Supervisor y lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

El transporte se pagará de acuerdo a lo establecido en la **Sección 700**.

Partida de pago	Unidad de pago
502.A Rellenos para estructuras	Metro cúbico (m^3)

SECCION 503

CONCRETO ESTRUCTURAL

SECCIÓN 503

Concreto estructural

Descripción

503.01

Este trabajo consiste en el suministro de concreto de cemento Portland de diversas resistencias a la compresión, para la construcción de estructuras de drenaje, muros de contención, cabezales de alcantarillas, cajas de captación, aletas, sumideros y estructuras de puentes en general, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

503.02 Cemento

El cemento utilizado será Portland, el cual deberá cumplir lo especificado en la **Sección 438.02 (1).**

Si el proyecto no especifica lo contrario, se empleará el denominado Tipo I o Cemento Portland Normal.

503.03 Agregados

a. Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción que pase la malla de 4,75 mm (N°. 4). Provendrá de arenas naturales o de la trituración de rocas o gravas. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del 30% del agregado fino. El agregado fino deberá cumplir con los requisitos indicados en la **Tabla 503-01.**

Tabla 503-01

Requisitos del agregado fino para concreto estructural

Ensayo		Norma MTC	Norma NTP	Requisito
Durabilidad				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo ≥ 3 000 msnm	-Sulfato de sodio	MTC E 207	NTP 400.016	10
	-Sulfato de magnesio	MTC E 209	NTP 400.016	15
Limpieza				
Índice de plasticidad, % máximo		MTC E 111	NTP 339.129	No plástico
Equivalente de arena, % mínimo	f'c≤21 MPa (210 Kg/cm²)	MTC E 114	NTP 339.146	65
	f'c>21 MPa (210 Kg/cm²)	MTC E 114	NTP 339.146	75
Valor de azul de metileno, máximo			TP- 57 (*)	5
Terrones de arcilla y partículas deleznables, % máximo		MTC E 212	NTP 400.015	3
Carbón y lignito, % máximo		MTC E 211	NTP 400.023	0,5
Material que pasa el tamiz de 75 µm (n.º 200), % máximo		MTC E 202	NTP 400.018	3
Contenido de materia orgánica				
Color más oscuro permisible		MTC E 213	NTP 400.024 NTP 400.013	Igual a muestra patrón
Características químicas				
Contenido de sulfatos, expresado como SO_4, % máximo		-.-	NTP 400.042	1,2
Contenido de cloruros, expresado como cl-, % máximo		-.-	NTP 400.042	0,1
Absorción				
Absorción de agua, % máximo		MTC E 205	NTP 400.022	4

(*) AASHTO TP-57

El agregado fino deberá cumplir, además, con los siguientes requisitos:

1. Reactividad

El agregado fino no podrá presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento. Se considera que el agregado es potencialmente reactivo, si al determinar su concentración de SiO_2 y la reducción de alcalinidad R, mediante la norma ASTM C289, se obtienen los siguientes resultados:

$SiO_2 > R$, cuando $R \geq 70$ $\quad$ $SiO_3 > 35 + 0{,}5\ R$, cuando $R < 70$

Si en la mezcla se emplean arenas provenientes de escorias siderúrgicas, se comprobará que no contengan silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

Si el agregado califica como potencialmente reactivo con base a los criterios anteriores, no debe ser utilizado en la producción de concretos.

2. Granulometría

La curva granulométrica del agregado fino deberá encontrarse dentro de los límites que se señalan en la **Tabla 503-02**.

Tabla 503-02

Granulometría agregado fino

Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3 /8")	100
4,75 mm (N.º 4)	95-100
2,36 mm (N.º 8)	80-100
1,18 mm (N.º 16)	50-85
0,60 mm (N.º 30)	25-60
0,30 mm (N.º 50)	5-30
0,15 mm (N.º 100)	0-10

Fuente: ASTM C33

En ningún caso, el agregado fino podrá tener más del 45% de material retenido entre 2 tamices consecutivos. El Modulo de Finura se encontrará entre 2,3 y 3,1.

Durante el período de construcción no se permitirán variaciones mayores de 0,2 en el Módulo de Finura, con respecto al valor correspondiente a la curva adoptada para la fórmula de trabajo.

b. Agregado grueso

Se considera como tal, al material granular que quede retenido en el tamiz 4,75 mm (N°. 4). Será grava natural o provendrá de la trituración de roca, grava u otro producto cuyo empleo resulte satisfactorio, lo que será aprobado por el Supervisor. El agregado grueso deberá cumplir con los requisitos de la **Tabla 503-03.**

Tabla 503-03

Requisitos del agregado grueso para concreto estructural

Ensayo		NORMA MTC	NORMA NTP	Requisito
Dureza				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles, % máximo		MTC E 207	NTP 400.019 NTP 400.020	40
Durabilidad				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo≥ 3 000 msnm	-Sulfato de sodio	MTC E 209	NTP 400.016	12
	-Sulfato de magnesio	MTC E 209	NTP 400.016	18
Limpieza				
Terrones de arcilla y partículas deleznables, % máximo		MTC E 212	NTP 400.015	3
Carbón y lignito, % máximo		MTC E 211	NTP 400.023	0,5
Geometría de las partículas				
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), % mínimo		MTC E 210	D-5821 (*)	60
Partículas chatas y alargados (relación 5:1), % máximo		-.-	NTP 400.040	10
Características químicas				
Contenido de sulfatos, expresado como ión $SO_4^=$,% máximo		-.-	NTP 400.042	1,0
Contenido de cloruros, expresado como ión cl^-, % máximo		-.-	NTP 400.042	0,1

(*) ASTM D-5821

Los requisitos que debe cumplir el agregado grueso son los siguientes:

1. Reactividad

El agregado no podrá presentar reactividad potencial con los álcalis del cemento, lo cual se comprobará por idéntico procedimiento y análogo criterio que en el caso de agregado fino.

2. Granulometría

La gradación del agregado grueso deberá satisfacer una de las siguientes franjas, según se especifique en el proyecto y apruebe el Supervisor con base en el tamaño máximo de agregado a usar, de acuerdo a la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas.

3. Forma

Para concretos de f'c>21 MPa (210 Kg/cm²), los agregados deben ser 100% triturados.

c. Agregado ciclópeo

El agregado ciclópeo será roca triturada de buena calidad. El agregado será preferiblemente angular y su forma tenderá a ser cúbica. La relación entre las dimensiones mayor y menor de cada piedra no será mayor que (2:1).

El tamaño máximo admisible del agregado ciclópeo dependerá del espesor y volumen de la estructura de la cual formará parte. En cabezales, aletas y obras similares con espesor no mayor de 80 cm, se admitirán agregados ciclópeos con dimensión máxima de 30 cm. En estructuras de mayor espesor se podrán emplear agregados de mayor volumen, previa autorización del Supervisor y con las limitaciones establecidas en la **Subsección 503.10(c)** "Colocación del concreto".

d. Agua

El agua por emplear en las mezclas de concreto deberá estar limpia y libre de impurezas perjudiciales, tales como aceite, ácidos, álcalis y materia orgánica, que cumpla los requisitos establecidos en la **Subsección 438.02(a)(3).**

Tabla 503-04

Granulometría del agregado grueso para concreto estructural

Tamaño nominal (abertura tamices cuadrada)	% Porcentaje que pasa														
	AG- 1 (90 a 37.5 mm)	AG- 2 (63 a 37,5 mm)	AG-3 (50 a 25 mm)	AG-357 (50 a 4,75 mm)	AG- 4 (37,5 a 19,0 mm)	AG- 467 (37,5 a 4,75 mm)	AG- 5 (25 a 12,5 mm)	AG- 56 (25 a 9,5 mm)	AG- 57 (25 a 4,75 mm)	AG- 6 (19 a 9,5 mm)	AG- 67 (19 a 4,75 mm)	AG- 7 (12,5 a 4,75 mm)	AG- 8 (9,5 a 2,36 mm)	AG- 89 (9,5 a 1,18 mm)	AG- 9(*) (4,75 a 1,18 mm)
100 mm (4'')	100														
90 mm (3 ½'')	90-100														
75 (3'')		100													
63 mm (2 1/5'')	25-60	90-100	100	100											
50 mm (2'')		35-70	90-100	95-100	100	100									
37,5 mm (1½'')	0-15	0-15	35-70		90-100	95-100	100	100	100						
25,0 mm (1'')			0-15	35-70	20-55		90-100	90-100	95-100	100	100				
19,0 mm (¾'')	0-5	0-5			0-15	35-70	20-55	40-85		90-100	90-100	100			
12,5 mm (½'')			0-5	10-30			0-10	10-40	25- 60	20-55		90-100	100	100	
9,5 mm (3/8'')					0-5	10-30	0-5	0-15		0-15	20-55	40-70	85-100	90-100	100
4,75 mm (N°.4)				0-5		0-5		0-5	0-10	0-5	0-10	0-15	10-30	20-55	85-100
2,36 mm (N°.8)									0-5		0-5	0-5	0-10	5-30	10-40
1,18 mm (N°.16)													0-5	0-10	0-10
300 µm (N°.50)														0-5	0-5

(*) El tamaño de agregado número 9 (AG-9) se define en C 125 como agregado fino. Se incluye como agregado grueso cuando se combina con el tamaño número 8 (AG-8) creando el tamaño de material 89 (AG-89), es cual es un agregado de tamaño grueso definido en la C 125. Fuente: ASTM C 33.

(**) NTP 400.037 Agregados " Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto)" : se permitirá el uso de los agregados que no cumplan con las especificaciones especificas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida. Se debe de considerar como una EE.

e. Aditivos y adiciones

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad que cumplan con la norma ASTM C-494, NTP 334.087, NTP 334.088 y NTP 334.089 para modificar las propiedades del concreto, con el fin que sea adecuado para las condiciones particulares de la estructura por construir. Su empleo deberá definirse por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin perturbar las propiedades restantes de la mezcla, ni representar riesgos para la armadura que tenga la estructura. En las Especificaciones Especiales (EE) del proyecto, se definirán qué tipo de aditivos se pueden usar, los requerimientos que deben cumplir y los ensayos de control que se harán a los mismos.

f. Sellantes de juntas

Se podrá usar los sellantes de juntas y grietas de reconocida calidad aplicadas en caliente que cumplan con la Norma ASTM D-6690 (Especificación Técnica para sellantes, juntas y grietas, aplicados en caliente, para pavimentos de concreto y asfalto). Su empleo deberá definirse por medio de los métodos de ensayo por lo que se evaluarán los sellantes; así como la forma de muestreo, calentamiento, aplicación y que cumplan con la norma ASTM D 5329.

503.04 Clases de concreto

Para su empleo en las distintas clases de obra y de acuerdo con su resistencia mínima a la compresión, determinada según la norma MTC E 704, se establecen las siguientes clases de concreto, indicadas en la **Tabla 503-07.**

Tabla 503-07

Clases de concreto estructural

Clase	Resistencia mínima a la compresión a 28 días
Concreto pre y post tensado	
A	35 MPa (350 Kg/cm²)
B	32 MPa (320 Kg/cm²)
Concreto reforzado	
C	28 MPa (280 Kg/cm²)
D	21 MPa (210 Kg/cm²)
E	17,5 MPa (175 Kg/cm²)
Concreto simple	
F	14 MPa (140 Kg/cm²)
Concreto ciclópeo	Se compone de concreto simple Clase F y agregado ciclópeo, en proporción de 30% del volumen total, como máximo
G	14 MPa (140 Kg/cm²)

Equipo

503.05

Los principales elementos requeridos para la elaboración de concretos y la construcción de estructuras con dicho material, son los siguientes:

a. Equipo para la producción de agregados y la fabricación del concreto

Se aplica lo especificado en la **Subsección 438.03** en donde sea pertinente. Se permite, además, el empleo de mezcladoras portátiles en el lugar de la obra.

No se permitirá la mezcla manual para la elaboración del concreto.

b. Elementos de transporte

La utilización de cualquier sistema de transporte o de conducción del concreto deberá contar con la aprobación del Supervisor. Dicha aprobación no deberá ser considerada como definitiva por el Contratista, y se da bajo la condición de que el uso del sistema de conducción o

transporte se suspenda, si el asentamiento o la segregación de la mezcla exceden los límites especificados que señale el Proyecto.

Cuando la distancia de transporte sea mayor de 300 m, no se podrán emplear sistemas de bombeo, sin la aprobación del Supervisor.

Cuando el concreto se vaya a transportar en vehículos a distancias superiores a 600 m, el transporte se deberá efectuar en camiones mezcladores.

c. Encofrados y obra falsa

El Contratista deberá suministrar e instalar todos los encofrados necesarios para confinar y dar forma al concreto, de acuerdo con las líneas mostradas en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor. Los encofrados podrán ser de madera, metálicos u otro material debidamente aprobado por el Supervisor, que deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes y evitar desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Los encofrados de madera podrán ser de madera cepillada o de triplay, y deberán tener un espesor uniforme.

d. Elementos para la colocación del concreto

El Contratista deberá disponer de los medios de colocación del concreto que permitan una buena regulación de la cantidad de mezcla depositada, para evitar salpicaduras, segregación y choques contra los encofrados o el refuerzo.

e. Vibradores

Los vibradores para compactación del concreto deberán ser de tipo interno, y deberán operar a una frecuencia no menor de 117 Hz y ser de una intensidad suficiente para producir la plasticidad y adecuada consolidación del concreto, pero sin llegar a causar la segregación de los materiales.

Para estructuras delgadas, donde los encofrados estén especialmente diseñados para resistir la vibración, se podrán emplear vibradores externos de encofrado.

f. Equipos varios

El Contratista deberá disponer de elementos para usos varios, entre ellos los necesarios para la ejecución de juntas, la corrección superficial del concreto terminado, la aplicación de productos de curado, equipos para limpieza, etc.

Requerimientos de construcción

503.06 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Al respecto, todos los procedimientos, equipos, etc. requieren ser aprobados por el Supervisor de acuerdo al Proyecto, sin que esto exima al Contratista de su responsabilidad posterior.

503.07 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Contratista entregará al Supervisor, muestras de los materiales que se propone utilizar y el diseño de la mezcla, avaladas por los resultados de ensayos que demuestren la conveniencia de utilizarlos para su verificación. Si a criterio del Supervisor los materiales o el diseño de la mezcla resultan objetables, el Contratista deberá efectuar las modificaciones necesarias para corregir las deficiencias.

Una vez que el Supervisor manifieste su conformidad con los materiales y el diseño de la mezcla, éste sólo podrá ser modificado durante la ejecución de los trabajos, si se presenta una variación en alguno de los componentes que intervienen en ella. El Contratista definirá una Formula de Trabajo, la cual someterá a la aprobación del Supervisor. Dicha fórmula señalará:

- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que dé lugar dicha mezcla.
- Las dosificaciones de cemento, agregados grueso y fino y aditivos en polvo, en peso por metro cúbico de concreto. La cantidad de agua y aditivos líquidos se podrá dar por peso o por volumen.
- Cuando se contabilice el cemento por bolsas, la dosificación se hará en función de un número entero de bolsas.
- La consistencia del concreto, se deberá encontrar dentro de los límites, que se indica en la **Tabla 503-08**, al medirla según norma de ensayo MTC E 705.

Tabla 503-08

Rango de asentamientos permitidos en obras de concreto estructurales

Tipo de construcción	Asentamiento (")	
	Máximo	Mínimo
Zapata y muro de cimentación armada	3	1
Cimentaciones simples, cajones, y sub-estructuras de muros	3	1
Losas y pavimento	3	1
Viga y muro armado	4	1
Columna de edificios	4	1
Concreto ciclópeo	2	1

La Fórmula de Trabajo se deberá reconsiderar cada vez que varíe alguno de los siguientes factores:

- El tipo, clase o categoría del cemento o su marca.
- El tipo, absorción o tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de 0,2.
- La naturaleza o proporción de los aditivos.
- El método de puesta en obra del concreto.

El Contratista deberá considerar que el concreto deberá ser dosificado y elaborado para asegurar una resistencia a la compresión, acorde con el Proyecto, que minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor de resistencia a la compresión especificada en el proyecto. Los planos deberán indicar claramente la resistencia a la compresión para la cual se ha diseñado cada parte de la estructura.

Al efectuar las pruebas de tanteo en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deberán ser preparadas y curadas de acuerdo con la norma MTC E 702 y ensayadas según la norma de ensayo MTC E 704. Se deberá establecer una curva que muestre la variación de la relación agua/cemento (o el contenido de cemento) y la resistencia a la compresión a los 28 días.

La curva se deberá basar en no menos de 3 puntos y preferiblemente 5, que representen tandas que den lugar a resistencias por encima y por debajo de la requerida. Cada punto deberá representar el promedio de por lo menos 3 cilindros ensayados a los 28 días.

La máxima relación agua/cemento permisible para el concreto a ser empleado en la estructura, será la mostrada por la curva, que produzca la resistencia promedio requerida que exceda la resistencia de diseño del elemento, según lo indica la **Tabla 503-09.**

Tabla 503-09

Resistencia promedio requerida basada en datos estadísticos ACI 318

Resistencia a la Compresión Especificada (f'c), MPa	Resistencia a la Compresión Requerida Promedio (f'cr), Mpa
≤ 35	f'cr = f'c + 1.34 s
	f'cr = f'c + 2.33 s-3.45
	Usar el valor mayor
Más de 35	f'cr = f'c + 1.34 s
	f'cr = 0.90 f'c + 2.33 s
	Usar el valor mayor

s: Desviación estándar calculada en función a los registros de los resultados de ensayos de obras realizadas.

Si la estructura de concreto va a estar sometida a condiciones de trabajo muy rigurosas, la relación agua/cemento no podrá exceder de 0,50 si va a estar expuesta al agua dulce, ni de 0,45 para exposiciones al agua de mar o cuando va a estar expuesta a concentraciones perjudiciales que contengan sulfatos.

Cuando se especifique concreto con aire, el aditivo deberá ser de clase aprobada según se indica en la **Subsección 503.03 (e).** La cantidad de aditivo utilizado deberá producir el contenido de aire incorporado que muestra la **Tabla 503-10.**

Tabla 503-10

Requisitos sobre aire incluido

Resistencia de diseño a 28 días	Porcentaje aire incluido
28 MPa -35 MPa concreto normal	6-8
28 MPa -35 MPa concreto pre-esforzado	2-5
14 MPa-28 MPa concreto normal	3-6

La cantidad de aire incorporado se determinará según la norma de ensayo AASHTO-T152 o ASTM-C231.

La aprobación que dé el Supervisor al diseño, no implica necesariamente la aceptación posterior de las obras de concreto que se construyan en base a dicho diseño, ni exime al Contratista de su responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de las especificaciones y los planos. La aceptación de las obras para fines de pago dependerá de su correcta ejecución y de la obtención de la resistencia a compresión mínima especificada para la respectiva clase de concreto, resistencia que será comprobada en base a las mezclas realmente incorporadas en tales obras.

503.08 Preparación de la zona de los trabajos, encofrados y obra falsa

La excavación necesaria para las cimentaciones de las estructuras de concreto y su preparación para la cimentación, incluyendo su limpieza y apuntalamiento, cuando sea necesario, se deberá efectuar conforme al Proyecto y la **Sección 501**.

El Contratista deberá suministrar e instalar todos los encofrados necesarios para confinar y dar forma al concreto, de acuerdo con las líneas mostradas en el Proyecto y aprobados por el Supervisor. Las encofrados podrán ser de madera o metálicos y deberán ensamblarse firmemente, y deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes u otras desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni que permita el escurrimiento del mortero.

Los encofrados de madera podrán ser de madera cepillada y deberán tener un espesor uniforme.

La obra falsa o armazones provisionales deberán ser construidos sobre cimientos suficientemente resistentes para soportar las cargas sin asentamientos perjudiciales. Toda la obra falsa deberá ser diseñada y construida con la solidez necesaria que le permita soportar, sin sufrir deformación apreciable, las cargas a que estará sometida, las cuales deberán incluir, además del peso de la superestructura, las correspondientes a los encofrados, arriostres, carriles de tráfico y demás cargas que le puedan ser impuestas durante la construcción. La obra falsa deberá ser convenientemente apuntalada y amarrada para prevenir distorsiones y movimientos que puedan producir vibraciones y deformaciones en el encofrado de la superestructura.

503.09 Fabricación de la mezcla

a. Almacenamiento de los agregados

Cada tipo de agregado se acopiará por pilas separadas, las cuales se deberán mantener libres de tierra o de elementos extraños y dispuestos de tal forma, que se evite al máximo la segregación de los agregados.

Si los acopios se disponen sobre el terreno natural, no se utilizarán los 15 cm inferiores de los mismos.

Los acopios se construirán por capas de espesor no mayor de 1,50 m y no por depósitos cónicos.

b. Suministro y almacenamiento del cemento

El cemento en bolsas se deberá almacenar en sitios secos y aislados del suelo en rumas de no más de 8 bolsas.

Si el cemento se suministra a granel, se deberá almacenar en silos apropiados aislados de la humedad. La capacidad mínima de almacenamiento será la suficiente para el consumo de dos jornadas de producción normal.

Todo cemento que tenga más de 3 meses de almacenamiento en sacos o 6 en silos, deberá ser examinado y usado previa certificación de calidad autorizado por el Supervisor, quien verificará si aún es susceptible de utilización. No se utilizará cemento endurecido o cuya fecha de vencimiento haya expirado.

c. Almacenamiento de aditivos

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. Los sacos de productos en polvo se almacenarán bajo cubierta y observando las mismas precauciones que en el caso del almacenamiento del cemento. Los aditivos suministrados en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos. Ésta recomendaciones no son excluyentes de las especificadas por los fabricantes.

d. Elaboración de la mezcla

Cuando la mezcla se produce en una planta central, sobre camiones mezcladores o por una combinación de estos procedimientos, el trabajo se deberá efectuar de acuerdo con los requisitos aplicables de la especificación ASTM C-94.

1. Mezclado en plantas estacionarias en el lugar de la obra

Salvo indicación en contrario del Supervisor, la mezcladora se cargará primero con una parte no superior a la mitad del agua requerida para la tanda; a continuación se añadirán simultáneamente el agregado fino y el cemento y, posteriormente, el agregado grueso, completándose luego la dosificación de agua.

La mezcla se hará a la velocidad recomendada por el fabricante de la maquina y el tiempo de mezclado deberá ser no menor a 1,5 min, contados a partir del momento en que todos los materiales están dentro del tambor mezclador y hasta el instante en que se inicie la descarga. Se podrá reducir este tiempo, solamente si se demuestra que la mezcla es satisfactoria. En todo caso, el tiempo de mezclado no deberá exceder de 5 minutos.

Como norma general, los aditivos se añadirán a la mezcla de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

Antes de cargar nuevamente la mezcladora, se vaciará totalmente su contenido. En ningún caso, se permitirá el remezclado de concretos que hayan fraguado parcialmente, aunque se añadan nuevas cantidades de cemento, agregados y agua.

Cuando la mezcladora haya estado detenida por más de 30 minutos, deberá ser limpiada antes de verter materiales en ella. Así mismo, se

requiere su limpieza total, antes de comenzar la fabricación de concreto con otro tipo de cemento.

Cuando la mezcla se elabore en mezcladoras al pie de la obra, el Contratista, con la aprobación del Supervisor, solo para resistencias f'c menores a 21 MPa (210 Kg/cm²), podrá transformar las cantidades correspondientes en peso de la Fórmula de Trabajo a unidades volumétricas. El Supervisor verificará que existan los elementos de dosificación precisos para obtener las medidas especificadas de la mezcla.

2. Mezclado en planta central

Debe ajustarse, en todo lo pertinente, a lo indicado en la Subsección anterior para la mezcla en mezcladoras estacionarias.

3. Mezclado en camiones mezcladores (mixer)

Cuando se emplee un camión mezclador para mezclado completo, en tránsito o al llegar a la obra, cada bachada o tanda deberá ser mezclada por no menos de 70 ni más de 100 revoluciones de tambor o paletas a la velocidad de rotación fijada por el fabricante del equipo. El tiempo adicional de mezcla, cuando sea requerido, se debe completar a la velocidad de agitación especificada por el fabricante del mixer.

Todos los materiales incluyendo el agua, deben estar dentro del tambor mezclador, antes de iniciar el mezclado propiamente dicho y accionar el contador de revoluciones. El mezclado debe iniciar dentro de los 30 segundos siguientes al instante en que el cemento es puesto en contacto con los agregados dentro del tambor.

Cuando los agregados estén húmedos, haya agua dentro del tambor, la temperatura ambiente exceda de 30°C, se use un cemento de alta resistencia o se empleen aditivos aceleradores de fraguado, el tiempo citado en el párrafo anterior se podrá reducir a 15 segundos.

Cuando se trate de mezclado parcial en planta central, el tiempo de mezcla en la mezcladora estacionaria de la planta central se podrá reducir a 30 segundos, completando el mezclado en el camión mezclador en tránsito, en la forma indicada en este numeral.

Los camiones mezcladores no se deberán cargar a más del 63% del volumen del tambor para mezclado completo en tránsito o al llegar a la

obra, ni a más del 70% del volumen del tambor, cuando haya mezclado parcial en la planta central.

4. Mezclado manual

No se permitirá el mezclado manual en ningún caso.

5. Reablandamiento del concreto

No se deberá hacer ningún reablandamiento del concreto, agregándole agua o por otros medios, excepto que con la aprobación del Supervisor podrá añadirse agua adicional de mezcla al concreto transportado en camiones mezcladores o agitadores, siempre que dicho concreto, a su descarga, cumpla todos los requisitos exigidos, ni se excedan los tiempos de mezcla y transporte especificados en esta Sección.

503.10 Operaciones para el vaciado de la mezcla

a. Descarga, transporte y entrega de la mezcla

El concreto al ser descargado de mezcladoras estacionarias, deberá tener la consistencia, plasticidad, trabajabilidad y uniformidad requeridas para la obra. La descarga de la mezcla, el transporte, la entrega y colocación del concreto deberán ser completados en un tiempo máximo de 1 ½ h, desde el momento en que el cemento se añade a los agregados, salvo que el Supervisor fije un plazo diferente según las condiciones climáticas, el uso de aditivos o las características del equipo de transporte.

A su entrega en la obra, el Supervisor rechazará todo concreto que haya desarrollado algún endurecimiento inicial, determinado por no cumplir con el asentamiento dentro de los límites especificados, así como aquel que no sea entregado dentro del límite de tiempo aprobado.

El concreto que por cualquier causa haya sido rechazado por el Supervisor, deberá ser retirado de la obra y reemplazado por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, por un concreto que cumpla especificaciones del proyecto.

El material de concreto derramado como consecuencia de las actividades de transporte y colocación, deberá ser recogido inmediatamente por el Contratista a su cuenta, costo y riesgo, para lo cual deberá contar con el equipo necesario.

b. Preparación para la colocación del concreto

Por lo menos 24 horas antes de colocar concreto en cualquier lugar de la obra, el Contratista notificará por escrito al Supervisor al respecto, para que éste verifique y apruebe los sitios de colocación.

La colocación no podrá comenzar, mientras el Supervisor no haya aprobado el encofrado, el refuerzo, las partes embebidas y la preparación de las superficies que han de quedar en contacto con el concreto. Dichas superficies deberán encontrarse completamente libres de suciedad, lodo, desechos, grasa, aceite, partículas sueltas y cualquier otra sustancia perjudicial. La limpieza puede incluir el lavado, por medio de chorros de agua y aire, excepto para superficies de suelo o relleno, para las cuales este método no es obligatorio.

Se deberá eliminar toda agua estancada o libre de las superficies sobre las cuales se va a colocar la mezcla y controlar que durante la colocación de la mezcla y el fraguado, no se vierta agua que pueda lavar o dañar el concreto fresco.

Las fundaciones en suelo donde se coloque el concreto, deberán ser humedecidas, o recubrirse con una capa delgada de concreto, si así lo exige el Supervisor.

c. Colocación del concreto

1. Requisitos generales

Esta operación se deberá efectuar en presencia del Supervisor.

El concreto no se podrá colocar cuando existan precipitaciones pluviales, salvo que el Contratista suministre cubiertas que, a juicio del Supervisor, sean adecuadas para proteger el concreto desde su colocación hasta su fraguado.

En todos los casos, el concreto se deberá depositar lo más cerca posible de su posición final y no se deberá hacer fluir por medio de vibradores. Los métodos utilizados para la colocación del concreto deberán permitir una buena regulación de la mezcla depositada, evitando su caída con demasiada presión o chocando contra los encofrados o el refuerzo. Por ningún motivo se permitirá la caída libre del concreto desde alturas superiores a 1 m.

Al verter el concreto, se compactará enérgica y eficazmente, para que las armaduras queden perfectamente envueltas; cuidando especialmente los sitios en que se reúna gran cantidad de ellas, y procurando que se mantengan los recubrimientos y separaciones de la armadura.

A menos que el Proyecto establezca lo contrario, el concreto se deberá colocar en capas continuas horizontales cuyo espesor no exceda de 0,5 m. El Supervisor podrá exigir espesores aún menores cuando se estime conveniente, si los considera necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

2. Colocación por bombeo

Cuando se utilice equipo de bombeo, se deberá disponer de los medios para continuar la operación de colocación del concreto en caso que se dañe la bomba. El bombeo deberá continuar hasta que el extremo de la tubería de descarga quede completamente por fuera de la mezcla recién colocada.

No se permitirá la colocación de concreto al cual se haya agregado agua después de salir de la mezcladora. Tampoco se permitirá la colocación de la mezcla fresca sobre concreto total o parcialmente endurecido, sin que las superficies de contacto hayan sido preparadas como juntas, según se describe en la **Subsección 503.10 (f).**

4. Colocación del agregado ciclópeo

La colocación del agregado ciclópeo para el concreto clase G, se deberá ajustar al siguiente procedimiento. La piedra limpia y húmeda, se deberá colocar cuidadosamente, sin dejarla caer por gravedad, en la mezcla de concreto simple.

En estructuras cuyo espesor sea inferior a 80 cm, la distancia libre entre piedras o entre una piedra y la superficie de la estructura, no será inferior a 10 cm. En estructuras de mayor espesor, la distancia mínima se aumentará a 15 cm. En estribos y pilas no se podrá usar agregado ciclópeo en los últimos 50 cm debajo del asiento de la superestructura o placa. La proporción máxima del agregado ciclópeo será el 30% del volumen total de concreto.

Los escombros resultantes de las actividades implicadas, deberán ser eliminados únicamente en las áreas de disposición de material excedente, determinadas por el proyecto.

La zona de trabajo, deberá ser escarificada para adecuarla a la morfología existente.

d. Colocación del concreto bajo agua

El concreto no deberá ser colocado bajo agua, excepto cuando así se especifique en el Proyecto y/o lo apruebe el Supervisor, quien efectuará una supervisión directa de los trabajos. En tal caso, el concreto tendrá una resistencia no menor de la exigida para la clase D y contendrá un 10 % de exceso de cemento.

Dicho concreto se deberá colocar cuidadosamente en su lugar, en una masa compacta, por medio de un método aprobado por el Supervisor. Todo el concreto bajo el agua se deberá depositar en una operación continua.

No se deberá colocar concreto dentro de corrientes de agua y los encofrados diseñados para retenerlo bajo el agua, deberán ser impermeables. El concreto se deberá colocar de tal manera, que se logren superficies aproximadamente horizontales, y que cada capa se deposite antes que la precedente, haya alcanzado su fraguado inicial, con el fin de asegurar la adecuada unión entre las mismas.

Los escombros resultantes de las actividades implicadas, deberán ser eliminados únicamente en las áreas de disposición de material excedente, determinadas por el proyecto.

La zona de trabajo, deberá ser escarificada para adecuarla a la morfología existente.

e. Vibración

El concreto colocado se deberá consolidar mediante vibración, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos. Durante la consolidación, el vibrador se deberá operar a intervalos regulares y frecuentes, en posición vertical y con su cabeza sumergida totalmente dentro de la mezcla.

No se deberá colocar una nueva capa de concreto, si la precedente no está debidamente consolidada.

La vibración no deberá ser usada para transportar mezcla dentro de los encofrados, ni se deberá aplicar directamente a éstas o al acero de refuerzo, especialmente si ello afecta masas de mezcla recientemente fraguada.

f. Juntas

Se deberán construir juntas de construcción, contracción y dilatación, con las características y en los sitios indicados en el Proyecto o indicados por el Supervisor. El Contratista no podrá introducir juntas adicionales o modificar el diseño de localización de las indicadas en el Proyecto o aprobadas por el Supervisor, sin la autorización de éste. En superficies expuestas, las juntas deberán ser horizontales o verticales, rectas y continuas, a menos que se indique lo contrario.

En general, se deberá dar un acabado pulido a las superficies de concreto en las juntas, utilizando para las mismas los rellenos, sellos o retenedores indicados en el Proyecto.

g. Agujeros para drenaje

Los agujeros para drenaje se deberán construir de la manera y en los lugares señalados en los planos. Los dispositivos de salida, bocas o respiraderos para igualar la presión hidrostática, se deberán colocar por debajo de las aguas mínimas y también de acuerdo con lo indicado en los planos.

Los moldes para practicar agujeros a través del concreto pueden ser de tubería metálica, plástica o de concreto, cajas de metal o de madera. Si se usan moldes de madera, ellos deberán ser removidos después de colocado el concreto.

h. Remoción de los encofrados y de la obra falsa

Las operaciones de remoción de encofrados y soportes, se deben realizan cuidadosamente, en forma tal que permita al concreto tomar gradual y uniformemente los esfuerzos debidos a su propio peso.

Dada que las operaciones de campo son controladas por ensayos de resistencias de cilindros de concreto, la remoción de encofrados y demás soportes se podrán efectuar, al lograrse las resistencias fijadas en el

diseño. Los cilindros de ensayos deberán ser curados bajo condiciones iguales a las más desfavorables de la estructura que representan.

Excepcionalmente si las operaciones de campo no están controladas por pruebas de laboratorio la siguiente lista puede ser empleada como guía para el tiempo mínimo requerido antes de la remoción de encofrados y soportes:

- Estructuras para arcos: 14 días
- Estructuras bajo vigas: 14 días
- Soportes bajo losas planas: 14 días
- Losas de piso: 14 días
- Placa superior en alcantarillas de cajón: 14 días
- Superficies de muros verticales: 48 horas
- Columnas: 48 horas
- Lados de vigas: 24 horas

i. Curado

Durante el primer período de endurecimiento, se someterá el concreto a un proceso de curado que se prolongará a lo largo del plazo prefijado por el Supervisor, según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climáticas del lugar.

En general, los tratamientos de curado se deberán mantener por un período no menor de 14 días después de terminada la colocación de la mezcla de concreto; en algunas estructuras no masivas, este período podrá ser disminuido, pero en ningún caso será menor de 7 días.

1. Curado con agua

El concreto deberá permanecer húmedo en toda la superficie y de manera continua, cubriéndolo con tejidos de yute o algodón saturados de agua, o por medio de rociadores, mangueras o tuberías perforadas, o por cualquier otro método que garantice los mismos resultados.

No se permitirá el humedecimiento periódico; éste debe ser continuo.

El agua que se utilice para el curado deberá cumplir los mismos requisitos del agua para la mezcla.

2. Curado con compuestos membrana

Este curado se podrá hacer en aquellas superficies para las cuales el Supervisor lo autorice, previa aprobación de éste sobre los compuestos a utilizar y sus sistemas de aplicación.

El equipo y métodos de aplicación del compuesto de curado deberán corresponder a las recomendaciones del fabricante, esparciéndolo sobre la superficie del concreto, de tal manera que se obtenga una membrana impermeable, fuerte y continua que garantice la retención del agua, evitando su evaporación. El compuesto de membrana deberá ser de consistencia y calidad uniformes.

j. Acabado

Todas las superficies de concreto deberán recibir un acabado después del retiro de los encofrados. El tipo de acabado dependerá de las características de la obra construida.

1. Acabado ordinario

Es el procedimiento usado para la mayoría de las estructuras. Después de remover los encofrados, toda la rebaba y salientes irregulares de la superficie del concreto se deberán retirar para obtener una superficie uniforme. Todos los alambres y varillas que sobresalgan se deberán cortar, cuando menos 5 mm bajo la superficie. Todas las cavidades pequeñas se deberán limpiar cuidadosamente, saturarse con agua y rellenarse con un mortero compuesto por una parte de cemento Portland y 2 de arena, el cual deberá ser completamente apisonado en su lugar. En caso de cavidades mayores, se aplicara una capa delgada de pasta de cemento puro antes de colocar el mortero de relleno. Todos los remiendos deberán mantenerse húmedos por un periodo no menor de 5 días.

Para el relleno de cavidades grandes o profundas se deberá incluir agregado grueso en el mortero de relleno.

Las zonas con "cangrejeras" excesivas pueden ser causa de rechazo de la estructura, en cuyo caso el Contratista deberá demoler y reconstruir, a su costo, la parte afectada.

Todas las juntas de construcción y de dilatación en la obra terminada, deben quedar sin restos de mortero y concreto. El relleno de las juntas deberá quedar con los bordes limpios en toda su longitud.

2. Acabado por frotado de superficie

Tan pronto como se hayan removido las formaletas o encofrados y lo permita la condición del concreto, se iniciará el frotado, empapando las superficies con agua, y frotándolas luego con una piedra de carborundo de mediana aspereza, esmerilando la superficie hasta formar una pasta.

La operación de frotado se debe continuar hasta que todas las señales dejadas por los encofrados y demás salientes e irregularidades hayan sido removidas y la superficie presente una textura lisa y un color uniforme.

En este proceso no se deberá emplear ningún agua de cemento ni enlucido de mortero.

La pasta producida por el frotamiento debe ser cepillada cuidadosamente o extendida uniformemente en una capa delgada sobre la superficie, dejándose que vuelva a fraguar. El acabado final se obtiene mediante un segundo frotado con una piedra de carborundo más fina.

3. Acabado en los pisos de puentes

Si el piso va a ser cubierto con una capa asfáltica, basta con asegurar que la superficie de concreto sea correctamente nivelada para que presente las pendientes transversales indicadas en el Proyecto.

4. Acabado de losas de pisos

Si los documentos del proyecto no establecen otra cosa diferente, su acabado será como el descrito en la **Sección 438** para los pavimentos de concreto hidráulico.

5. Acabado en andenes de concreto

El concreto colocado y compactado deberá ser alisado con equipo similar al empleado en los pavimentos de concreto hidráulico. Los bordes y las juntas de dilatación deberán acabarse con una herramienta apropiada para ello.

Se deberá garantizar que la textura no sea resbaladiza cuando la superficie este mojada.

k. Limpieza final

Al terminar la obra, y antes de la aceptación final del trabajo, el Contratista deberá retirar del lugar toda obra falsa, materiales excavados o no utilizados, desechos, basuras y construcciones temporales, restaurando toda propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejar el lugar de la estructura limpio y presentable, lo cual deberá ser aprobado por el Supervisor.

l. Limitaciones en la ejecución

La temperatura de la mezcla de concreto, antes de su colocación, deberá estar entre 10ºC y 32°C.

Durante el vaciado la temperatura ambiental no sea inferior a 6°C. La temperatura durante la colocación no deberá exceder de 32°C, para que no se produzcan pérdidas en el asentamiento, fraguado falso o juntas frías. Cuando la temperatura de los encofrados metálicos o de las armaduras exceda de 50ºC, se deberán enfriar mediante rociadura de agua, antes de la colocación del concreto.

m. Deterioros

De acuerdo a la magnitud de las imperfecciones, todo concreto defectuoso o deteriorado deberá ser reparado o removido y remplazado por el Contratista, con la aprobación del Supervisor. Todos los recursos necesarios de mano de obra, equipo y materiales requeridos para la reparación del concreto, serán suministrados por el Contratista.

Aceptación de los trabajos

503.11 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura, transporte, colocación, consolidación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezcla de concreto durante el período de ejecución de las obras.
- Tomar, de manera cotidiana, muestras de la mezcla elaborada para determinar su resistencia.
- Realizar medidas para determinar las dimensiones de la estructura y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Medir, para efectos de pago, los volúmenes de obra satisfactoriamente ejecutados.

b. Calidad del cemento

El Supervisor dispondrá que se efectúen los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

c. Calidad del agua

El Supervisor realizará las pruebas necesarias para determinar su pH y los contenidos de materia orgánica, sulfatos y cloruros, además de la periodicidad fijada para los ensayos.

d. Calidad de los agregados

Se verificará mediante la ejecución de las mismas pruebas ya descritas en esta especificación. El Supervisor dispondrá la frecuencia de ejecución de los controles de calidad de los agregados, de acuerdo con la magnitud de la obra bajo control. De dicha decisión, se deberá dejar constancia escrita.

e. Calidad de aditivos y productos químicos de curado

El Supervisor deberá solicitar certificaciones a los proveedores de estos productos, que garanticen su calidad y conveniencia de utilización, disponiendo la ejecución de los ensayos de laboratorio para su verificación.

f. Calidad de la mezcla

1. Dosificación

La mezcla se deberá efectuar en las proporciones establecidas durante su diseño, admitiéndose las siguientes variaciones en el peso de sus componentes:

- Agua, cemento y aditivos: ±1%
- Agregado fino: ±2%
- Agregado grueso hasta de 38 mm: ±2%
- Agregado grueso mayor de 38 mm: ±3%

Las mezclas dosificadas por fuera de estos límites, serán rechazadas por el Supervisor.

2. Consistencia

El Supervisor controlará la consistencia de cada carga entregada, con la frecuencia indicada en la **Tabla 503-11**, cuyo resultado deberá encontrarse dentro de los límites indicados en la **Subsección 503.07**. En caso de no cumplirse este requisito, se rechazará la carga correspondiente.

3. Resistencia

El Supervisor verificará la resistencia a la compresión del concreto con la frecuencia indicada en la **Tabla 503-11.**

La muestra estará compuesta por nueve especímenes según el método MTC E 701, con los cuales se fabricarán probetas cilíndricas para ensayos de resistencia a compresión (MTC E 704), de las cuales se probarán 3 a 7 días, 3 a 14 días y 3 a 28 días, luego de ser sometidas al curado normalizado. Los valores de resistencia de 7 días y 14 días sólo se emplearán para verificar la regularidad de la calidad de la

producción del concreto, mientras que los obtenidos a 28 días se emplearán para la comprobación de la resistencia del concreto.

El promedio de resistencia de los 3 especímenes tomados simultáneamente de la misma mezcla, se considera como el resultado de un ensayo. La resistencia del concreto será considerada satisfactoria, si ningún espécimen individual presenta una resistencia inferior en más de 3,5 MPa (35 Kg/cm²), de la resistencia especificada y, simultáneamente, el promedio de 3 especímenes consecutivos de resistencia, iguala o excede la resistencia de diseño especificada en los planos.

Si alguna o las 2 exigencias así indicadas es incumplida, el Supervisor ordenará una revisión de la parte de la estructura que esté en duda, utilizando métodos idóneos para detectar las zonas más débiles y requerirá que el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, tome núcleos de dichas zonas, de acuerdo a la norma MTC E 707.

Se deberán tomar 3 núcleos por cada resultado de ensayo inconforme. Si el concreto de la estructura va a permanecer seco en condiciones de servicio, los testigos se secarán al aire durante 7 días a una temperatura entre 16ºC y 27ºC, y luego se probarán secos. Si el concreto de la estructura se va a encontrar húmedo en condiciones de servicio, los núcleos se sumergirán en agua por 48 horas y se probarán a continuación.

Se considerará aceptable la resistencia del concreto de la zona representada por los núcleos, si el promedio de la resistencia de los 3 núcleos, corregida por la esbeltez, es al menos igual al 85% de la resistencia especificada en los planos, siempre que ningún núcleo tenga menos del 75% de dicha resistencia.

Si los criterios de aceptación anteriores no se cumplen, el Contratista podrá solicitar que, a su cuenta, costo y riesgo, se hagan pruebas de carga en la parte dudosa de la estructura conforme lo especifica el reglamento ACI. Si estas pruebas dan un resultado satisfactorio, se aceptará el concreto en discusión. En caso contrario, el Contratista deberá demoler totalmente la estructura, y su posterior reconstrucción, sin costo alguno para la entidad contratante.

Tabla 503-11

Ensayos y frecuencias

Material o producto	Propiedades o características	Método De Ensayo		Frecuencia	Lugar de Muestreo
Agregado fino	Granulometría	MTC E 204		250 m^3 y no menos de uno cada 2 días	Cantera
	Material que pasa la malla n.º 200 (75 µm)	MTC E 202		1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Terrones de arcillas y partículas deleznables	MTC E 212	NTP 400.015	1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Equivalente de arena	MTC E 114	NTP 339.146	1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Reactividad alcali-agregado[1]	-		1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Cantidad de partículas livianas	MTC E 211	NTP 400.023	1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Contenido de sulfatos ($SO_4^=$)	AASHTO T290		1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Contenido de cloruros (Cl^-)	AASHTO T291		1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Durabilidad [2]	MTC E 209	NTP 400.016	1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
Agregado grueso	Granulometría	MTC E 204		250 m^3 y no menos de uno cada 2 días	Cantera
	Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	NTP 400.016	1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Partículas fracturadas	MTC E 210		500 m^3	Cantera
	Terrones de arcillas y partículas deleznables	MTC E 212	NTP 400.015	1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Cantidad de partículas livianas	MTC E 211	NTP 400.023	1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Contenido de sulfatos ($SO_4^=$)	AASHTO T290		1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Contenido de cloruros (Cl^-)	AASHTO T291		1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Contenido de carbón y lignito	MTC E 215		1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Reactividad alcali-agregado [1]	-		1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Durabilidad [2]	MTC E 209	NTP 400.016	1.000 m^3 y no menos de uno por semana	Cantera
	Porcentaje de partículas planas y alargadas (relac.largo espesor: 3:1)	MTC E 221		250 m^3 y no menos de uno cada 2 días	Cantera
	Resistencia al impacto [1]		NTP 400.037	500 m^3 y no menos de uno cada 3 días	Cantera
Concreto	Consistencia	MTC E 705		1 por carga [3]	Punto de vaciado
	Resistencia a Flexo – Tracción	MTC E 709		1 juego por cada 50 m^3, pero no menos de uno por día	Punto de vaciado

(1) Opcional

(2) Requerido para proyectos ubicados a más de 3000 msnm.

(3) Se considera carga al volumen de un camión mezclador. En casos de no alcanzar este volumen, se efectuará un ensayo por cada elemento estructura.

g. Calidad del trabajo terminado

1. Desviaciones máximas admisibles de las dimensiones laterales

- Vigas pretensadas y postensadas: -5 mm a +10 mm.
- Vigas, columnas, placas, pilas, muros y estructuras similares de concreto reforzado: -10 mm a +20 mm.
- Muros, estribos y cimientos: -10 mm a +20 mm.
- El desplazamiento de las obras, con respecto a la localización indicada en los planos, no podrá ser mayor que la desviación máxima (+) indicada.

2. Otras tolerancias

- Espesores de placas: -10 mm a +20 mm.
- Cotas superiores de placas y veredas: -10 mm a +10 mm.
- Recubrimiento del refuerzo: ±10%
- Espaciamiento de varillas: -10 mm a +10 mm.

3. Regularidad de la superficie

La superficie no podrá presentar irregularidades que superen los límites que se indican a continuación.

- Placas y veredas: 4 mm.
- Otras superficies de concreto simple o reforzado: 10 mm.
- Muros de concreto ciclópeo: 20 mm.

4. Curado

Toda obra de concreto que no sea correctamente curada, puede ser rechazada; si se trata de una superficie de contacto con concreto, deficientemente curada, el Supervisor podrá exigir la remoción de una capa como mínimo de 5 cm de espesor, por cuenta del Contratista.

Todo concreto donde los materiales, mezclas y producto terminado excedan las tolerancias de esta especificación deberá ser corregido por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las indicaciones del Supervisor y con su aprobación.

La evaluación de los trabajos de concreto se efectuará de acuerdo a lo indicado en la **Subsección 04.11.**

Medición

503.12

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), aproximado al décimo de metro cúbico, de mezcla de concreto realmente suministrada, colocada y consolidada en obra, aprobada por el Supervisor.

Pago

503.13

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aprobada por el Supervisor.

Deberá cubrir, también todos los costos de construcción o mejoramiento de las vías de acceso a las fuentes, los de la explotación de ellas; la selección, trituración, y eventual lavado y clasificación de los materiales pétreos; el suministro, almacenamiento, desperdicios, cargas, transportes, descargas y mezclas de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya Fórmula de Trabajo se haya aprobado, los aditivos si su empleo está previsto en el Proyecto o ha sido solicitado por el Supervisor.

El precio unitario deberá incluir, también, los costos por concepto de patentes utilizadas por el Contratista; suministro, instalación y operación de los equipos; la preparación de la superficie de las excavaciones, el suministro de materiales y accesorios para los encofrados y la obra falsa y su construcción y remoción; el diseño y elaboración de las mezclas de concreto, su carga, transporte al sitio de la obra, colocación, vibrado, curado del concreto terminado, ejecución de juntas, acabado, reparación de desperfectos, limpieza final de la zona de las obras y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados, las instrucciones del Supervisor y lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

Partida de pago	Unidad de pago
503.A Concreto Estructural (Clase A,B,….G)	Metro cúbico (m^3)

SECCION 504

ACERO DE REFUERZO

SECCIÓN 504

Acero de refuerzo

Descripción

Este material está constituido por barras de acero corrugadas, con límite de fluencia (fy) de 420 MPa (4200 kg/cm^2), que se colocan como refuerzo dentro de las diferentes estructuras permanentes de concreto, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

504.01

Los materiales que se proporcionen a la obra deberán contar con certificación de calidad del fabricante y de preferencia contar con certificación ISO 9000.

a. Barras de refuerzo

Deberán cumplir con la más apropiada de las siguientes normas, según se establezca en el proyecto: AASHTO M-31 y ASTM A-706.

Cuando en los planos del proyecto está prevista barras de refuerzo galvanizado, ésta debe cumplir la norma ASTM - A767.

b. Alambre y mallas de alambre

Deberán cumplir con las siguientes normas AASHTO, según corresponda: M-32, M-55, M-221 y M-225.

c. Pesos teóricos de las barras de refuerzo

Los pesos unitarios, se indican en la **Tabla 504-01**.

Tabla 504-01

Peso de las barras por unidad de longitud

Barra Nº	Diámetro Nominal en mm (pulg)	Peso Kg/m
2	6,35 (1/4″)	0,25
3	9,5 (3/8”)	0,56
4	12,7 (1/2”)	1,00
5	15,7 (5/8”)	1,55
6	19,1 (3/4”)	2,24
7	22,2 (7/8”)	3,04
8	25,4 (1”)	3,97
9	28,7 (1 1/8”)	5,06
10	32,3 (1 ¼”)	6,41
11	35,8 (1 3/8”)	7,91
14	43,0 (1 ¾”)	11,38
18	57,3 (2 ¼”)	20,24

Equipo

504.02

Se requiere de un equipo idóneo para el corte y doblado de las barras de refuerzo. Si se autoriza el empleo de soldadura, el Contratista deberá disponer del equipo apropiado para dicha labor.

Se requieren, además, elementos que permitan asegurar correctamente el refuerzo en su posición, así como herramientas menores.

Al utilizar el acero de refuerzo, los operarios deben utilizar guantes de protección.

Los equipos de corte y doblado de las barras de refuerzo no deberán producir ruidos por encima de los permisibles o que afecten a la tranquilidad del personal de obra y las poblaciones aledañas. El empleo de los equipos deberá contar con la aprobación del Supervisor.

Requerimientos de construcción

504.03 Planos y despiece

Antes de cortar el material a los tamaños indicados en los planos, el Contratista deberá verificar las listas de despiece y los diagramas de doblado.

Si los planos no los muestran, las listas y diagramas deberán ser preparados por el Contratista y aprobados por el Supervisor, pero tal aprobación no exime al Contratista de su responsabilidad por la exactitud de los mismos. En este caso, el Contratista deberá contemplar el costo de la elaboración de las listas y diagramas mencionados, en los precios de su oferta.

504.04 Suministro y almacenamiento

Todo envío de acero de refuerzo que llegue al sitio de la obra o al lugar donde vaya a ser doblado, deberá estar identificado con etiquetas en las cuales se indiquen la fábrica, el grado del acero y el lote correspondiente.

El acero deberá ser almacenado en forma ordenada por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros u otros soportes de material adecuado y deberá ser protegido, hasta donde sea posible, contra daños mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de la intemperie y ambientes corrosivos.

Se debe proteger el acero de refuerzo de los fenómenos atmosféricos, principalmente en zonas con alta precipitación pluvial. En el caso del almacenamiento temporal, se evitará dañar, en la medida de lo posible, la vegetación existente en el lugar, ya que su no-protección podría originar procesos erosivos del suelo.

504.05 Doblamiento

Las barras de refuerzo deberán ser dobladas en frío, de acuerdo con las listas de despiece aprobadas por el Supervisor. Los diámetros mínimos de doblamiento, medidos en el interior de la barra, con excepción de flejes y estribos, serán los indicados en la **Tabla 502-02**.

Tabla 504-02

Diámetro mínimo de doblamiento

Número de Barra	Diámetro mínimo
2 a 8	6 diámetros de barra
9 a 11	6 diámetros de barra
17 a 18	6 diámetros de barra

El diámetro mínimo de doblamiento para flejes u otros elementos similares de amarre, no será menor que 4 diámetros de la barra, para barras N°. 5 o menores. Para las barras mayores, se doblarán de acuerdo con lo que establece la **Tabla 504-02.**

504.06 Colocación y amarre

Al ser colocado en la obra y antes de producir el concreto, todo el acero de refuerzo deberá estar libre de polvo, óxido en escamas, rebabas, pintura, aceite o cualquier otro material extraño que pueda afectar la adherencia. Todo el mortero seco deberá ser retirado del acero.

Las varillas deberán ser colocadas con exactitud, de acuerdo con las indicaciones de los planos, y deberán ser aseguradas firmemente en las posiciones señaladas, de manera que no sufran desplazamientos durante la colocación y fraguado del concreto. La posición del refuerzo dentro de los encofrados deberá ser mantenida por medio de tirantes, bloques, soportes de metal, espaciadores o cualquier otro soporte aprobado. Los bloques deberán ser de mortero de cemento prefabricado, de calidad, forma y dimensiones aprobadas. Los soportes de metal que entren en contacto con el concreto, deberán ser galvanizados. No se permitirá el uso de cascajo, fragmentos de piedra o ladrillos quebrantados, tubería de metal o bloques de madera.

Las barras se deberán amarrar con alambre en todas las intersecciones, excepto en el caso de espaciamientos menores de 0,30 m, en el cual se amarrarán alternadamente. El alambre usado para el amarre deberá tener un diámetro equivalente de 1,5875 mm (N° 16) ó 2,032 mm (N° 12), o calibre equivalente. No se permitirá la soldadura de las intersecciones de las barras de refuerzo.

Además, se deberán obtener los recubrimientos mínimos especificados en la última edición del Código ACI-318.

Si el refuerzo de malla se suministra en rollos para uso en superficies planas, la malla deberá ser enderezada en láminas planas, antes de su colocación.

El Supervisor deberá revisar y aprobar el refuerzo de todas las partes de las estructuras, antes de que el Contratista inicie la colocación del concreto.

504.07 Traslapes y uniones

Los traslapes de las barras de refuerzo se efectuarán en los sitios mostrados en los planos o donde lo indique el Supervisor, debiendo ser localizados de acuerdo con las juntas del concreto.

El Contratista podrá introducir traslapes y uniones adicionales, en sitios diferentes a los mostrados en los planos, siempre y cuando: dichas modificaciones sean aprobadas por el Supervisor, los traslapes y uniones en barras adyacentes queden alternados según lo exija éste, y el costo del refuerzo adicional requerido sea asumido por el Contratista.

En los traslapes, las barras deberán quedar colocadas en contacto entre sí, amarrándose con alambre, de tal manera, que mantengan la alineación y su espaciamiento, dentro de las distancias libres mínimas especificadas, en relación a las demás varillas y a las superficies del concreto.

El Contratista podrá reemplazar las uniones traslapadas por uniones soldadas empleando soldadura que cumpla las normas de la American Welding Society, AWS D1.4. En tal caso, los soldadores y los procedimientos deberán ser precalificados por el Supervisor de acuerdo con los requisitos de la AWS y las juntas soldadas deberán ser revisadas radiográficamente o por otro método no destructivo que esté sancionado por la práctica. El costo de este reemplazo y el de las pruebas de revisión del trabajo así ejecutado, correrán por cuenta del Contratista.

Las láminas de malla o parrillas de varillas se deberán traslapar entre sí de acuerdo a lo especificado en el proyecto para mantener una resistencia uniforme, y se deberán asegurar en los extremos y bordes. El traslape de borde deberá ser, como mínimo, igual a 1 espaciamiento en ancho.

504.08 Sustituciones

La sustitución de las diferentes secciones de refuerzo sólo se podrá efectuar con aprobación del Supervisor. En tal caso, el acero sustituyente deberá tener un área y perímetro equivalentes o mayores que el área y perímetro de diseño.

Aceptación de los trabajos

504.09 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado por el Contratista.
- Solicitar al Contratista copia certificada de los análisis químicos y pruebas físicas realizadas por el fabricante a las muestras representativas de cada suministro de barras de acero.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Verificar que el corte, doblado y colocación del refuerzo se efectúen de acuerdo con los planos, esta especificación y sus instrucciones.
- Vigilar la regularidad del suministro del acero durante el período de ejecución de los trabajos.
- Verificar que cuando se sustituya el refuerzo indicado en los planos, se utilice acero de áreas y perímetros iguales o superiores a los de diseño.
- Efectuar las medidas correspondientes para el pago del acero de refuerzo correctamente suministrado y colocado.

b. Calidad del acero

Las barras y mallas de refuerzo deberán ser ensayadas en la fábrica y sus resultados deberán satisfacer los requerimientos de las normas respectivas de la AASHTO o ASTM correspondientes.

El Contratista deberá suministrar al Supervisor una copia certificada de los resultados de las pruebas físicas y mecánicas realizadas por el fabricante para el lote correspondiente a cada envío de acero de refuerzo a la obra.

En caso que el Contratista no cumpla este requisito, el Supervisor ordenará, a cuenta, costo y riesgo del Contratista, la ejecución de todos los ensayos que considere necesarios sobre el refuerzo, antes de aceptar su utilización.

Cuando se autorice el empleo de soldadura para las uniones, su calidad y la del trabajo ejecutado se verificarán de acuerdo con lo indicado en la **Subsección 504.07.**

Las varillas que tengan fisuras o hendiduras en los puntos de flexión, serán rechazadas.

c. Calidad del trabajo terminado

Se aceptarán las siguientes tolerancias en la colocación del acero de refuerzo:

1. Desviación en el espesor de recubrimiento

- Con recubrimiento ≤5 cm: 5 mm
- Con recubrimiento >5 cm: 10 mm

2. Área

No se permitirá la colocación de acero con áreas y perímetros inferiores a los de diseño.

Todo defecto de calidad o de instalación que exceda las tolerancias de esta especificación, deberá ser corregido por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con procedimientos establecidos y aprobados por el Supervisor.

Medición

504.10

La unidad de medida será el kilogramo (kg), aproximado al décimo de kilogramo, de acero de refuerzo para estructuras de concreto armado,

realmente suministrado y colocado en obra, debidamente aprobado por el Supervisor.

La medida no incluye el peso de soportes separados, soportes de alambre o elementos similares utilizados para mantener el refuerzo en su sitio, ni los empalmes adicionales a los indicados en el Proyecto.

Si se sustituyen barras a solicitud del Contratista y como resultado de ello se usa más acero del que se ha especificado, no se medirá la cantidad adicional.

La medida para barras se basará en el peso computado para los tamaños y longitudes de barras utilizadas, usando los pesos unitarios indicados en la **Tabla 504-01.**

La medida para malla de alambre será el producto del área en metros cuadrados de la malla efectivamente incorporada y aceptada en la obra, por su peso real en kilogramos por metro cuadrado.

No se medirán cantidades en exceso de las indicadas en el Proyecto y aprobada por el Supervisor.

Pago

504.11

El pago se hará al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, ensayos, transporte, almacenamiento, corte, desperdicios, doblamiento, limpieza, colocación y fijación del refuerzo necesario para terminar correctamente el trabajo, de acuerdo con los planos, esta especificación, con la aprobación del Supervisor y lo especificado en la **Subsección 07.05**.

Partida de pago	Unidad de pago
504.A Acero de Refuerzo	Kilogramo (kg)

SECCION 505

TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE

SECCIÓN 505

Tubería de concreto simple

Descripción

505.01

Este trabajo consiste en la instalación de tubos de concreto simple, debidamente aprobados para el paso de agua superficial y desagües pluviales transversales, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

505.02 Tubería

Los tubos deberán ser elaborados con una mezcla homogénea de concreto, de calidad tal, que cumplan los requisitos de resistencia al aplastamiento y absorción indicados en la **Tabla 505-01**, determinados de acuerdo con las normas de ensayo indicados.

En todo caso, el tamaño máximo nominal del agregado grueso no podrá exceder de 19,0 mm (¾") y la mezcla deberá ser de la clase definida en la **Sección 503** y no podrá contener menos de 330 kg de cemento por metro cúbico (m^3) de concreto.

Cada tubo deberá tener una longitud entre (0,80 m - 1,00 m) y sus extremos deberán estar diseñados de manera de obtener un encaje adecuado entre ellos, formando un conducto continuo con una superficie interior lisa y uniforme.

Todos los materiales a utilizarse deberán estar ubicados de tal forma que no cause incomodidad a los transeúntes y/o vehículos que circulen en los alrededores.

Tabla 505-01

Diámetro interno de diseño (mm)	Espesor mínimo de pared (mm)	Resistencia promedio N/m (kg/m)	MTC-E-901 Absorción Máxima (%) MTC-E-902	Ancho de solado (m)
450	38	32,4 (3300)	9,0	1,15
600	54	38,2 (3900)	9,0	1,30
750	88	44,1 (4500)	9,0	1,45

505.03 Material para solado y sujeción

El solado y sujeción para la tubería se ejecutarán en concreto simple, clase F, según lo especificado en la Subsección 503.04.

505.04 Mortero

El mortero para las juntas de la tubería deberá estar constituido por 1 parte de cemento Portland y 3 partes de arena, medidas por volumen en estado seco, con el agua necesaria para obtener una mezcla trabajable.

Alternativamente, se podrá emplear un mortero espeso de cemento Portland.

Equipo

505.05

Se requieren, principalmente, elementos para la producción de agregados pétreos, fabricación y curado de la mezcla de concreto, moldes para la fabricación de los tubos y equipos para su transporte y colocación en el sitio de las obras.

Requerimientos de construcción

505.06 Preparación del terreno base

Cuando el fondo de la tubería se haya proyectado a una altura aproximadamente igual o, eventualmente, mayor a la del terreno natural, éste se deberá limpiar, excavar, rellenar, conformar y compactar, de acuerdo con lo especificado en las Secciones 201, 501 y 205; de manera que la

superficie compactada quede por lo menos 15 cm debajo de las cotas proyectadas del fondo exterior de la tubería.

El material utilizado en el relleno deberá clasificar como corona según la **Tabla 205-01** y su compactación deberá ser, como mínimo, el 95% de la máxima obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo MTC E 115).

Cuando la tubería se vaya a colocar en una zanja excavada, ésta deberá tener caras verticales, cada una de las cuales deberá quedar a una distancia suficiente del lado exterior de la tubería, que permita la construcción del solado en el ancho mencionado en la **Tabla 505-01** o el aprobado por el Supervisor. El fondo de la zanja deberá ser excavado a una profundidad de no menos de 15 cm debajo de las cotas especificadas del fondo de la tubería.

Dicha excavación se realizará conforme se indica en la **Sección 501**, previo el desbroce y limpieza requeridos.

Cuando una corriente de agua impida la ejecución de los trabajos, el Contratista deberá desviarla hasta cuando se pueda conducir a través de la tubería.

Cuando exista la necesidad de desviar un curso natural, el contratista deberá previamente solicitar el permiso respectivo al Supervisor y a la autoridad competente. Así mismo, el curso abandonado deberá ser restaurado a su condición original.

No se permitirá el vadeo frecuente de arroyos con equipos de construcción, debiéndose utilizar puentes u otras estructuras donde se prevea un número apreciable de pasos del agua.

Los desechos ocasionados por la construcción de los pasos de agua, se eliminarán en los lugares señalados en el proyecto para éste fin.

No debe permitirse el acceso de personas ajenas a la obra.

505.07 Solado

Una vez preparada la superficie, se colocará el solado con el material especificado en la **Subsección 505.03**, ancho según la **Tabla 505-01** y un espesor no menor de 15 cm o según sea establecido y aprobado por el Supervisor.

505.08 Colocación de la tubería

La tubería se colocará mientras el concreto del solado esté fresco, en forma ascendente, comenzando por el lado de salida y con los extremos acampanados o de ranura dirigidos hacia el cabezal o caja de entrada de la obra. El fondo de la tubería se deberá ajustar a los alineamientos y cotas señalados en el proyecto.

Cuando las tuberías y demás obras de drenaje de una construcción confluyan directamente a un río, éste deberá estar provisto de obras civiles que permitan la decantación de sedimentos.

Las tuberías deben conducirse siguiendo la menor pendiente hacia los cursos naturales protegidos. En caso que esto no sea posible, se deben construir obras civiles de protección mecánica para el vertimiento de las aguas, tales como estructuras de disipación de energía a la salida del terreno para evitar la erosión.

505.09 Juntas

Las juntas de los tubos deberán ser humedecidas completamente antes de hacer la unión con mortero. Previamente a la colocación del tubo siguiente, las mitades inferiores de las campanas o ranuras de cada tubo, deberán ser llenadas con mortero de suficiente espesor para permitir que la superficie interior de los tubos quede a un mismo nivel. Después de colocar el tubo, el resto de la junta se llenará con el mortero, usando una cantidad suficiente para formar un anillo exterior alrededor de la junta. El interior de la junta deberá ser limpiado y alisado.

Después del fraguado inicial, el mortero de los anillos exteriores deberá ser protegido contra el aire y el sol con una cubierta de tierra saturada o una arpillera húmeda.

Para las juntas con mortero de cemento, se deberán emplear moldes u otros medios aprobados por el Supervisor, para retener el mortero vertido o bombeado.

505.10 Sujeción

Tan pronto se hayan asentado los tubos en la mezcla, y una vez endurecido el mortero de las juntas, se sujetarán a los lados, con una mezcla igual a la

utilizada en el solado, hasta una altura no menor de un cuarto del diámetro exterior del tubo.

505.11 Relleno

Una vez que la sujeción haya curado suficientemente, se efectuará el relleno de la zanja conforme a lo señalado la **Sección 502.**

505.12 Limpieza

Terminados los trabajos, el Contratista deberá limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aprobados por el Supervisor, de acuerdo con la **Sección 209**.

Aceptación de los trabajos

505.13 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar que el Contratista emplee el equipo aprobado y comprobar su estado de funcionamiento.
- Verificar el cumplimento de lo especificado en la **Sección 103.**
- Comprobar que los tubos y demás materiales y mezclas por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Verificar que el alineamiento y pendiente de la tubería estén de acuerdo con los requerimientos de los planos.
- Medir las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Contratista.

b. Calidad de la tubería

El Supervisor no aceptará el empleo de tubos que presenten:

- Fracturas o grietas que atraviesen la pared del tubo.
- Defectos que indiquen dosificación, mezcla o moldeo inadecuados.
- Defectos superficiales tales como cangrejeras y textura abierta.

- Extremos dañados que impidan la construcción de juntas aceptables.
- Cualquier grieta continua que tenga un ancho en superficie igual o superior a ≥0,3 mm y se extienda en una longitud mayor de 300 mm, en cualquier sitio del tubo.
- Sonido que no sea claro al colocarlos en posición vertical y golpearlos ligera y secamente con un martillo liviano.

El Contratista deberá suministrar al Supervisor, sin costo para la entidad contratante, muestras para ensayo hasta el medio por ciento (0,5%) del número de tubos de cada diámetro incluidos en la obra, sin que en ningún caso sean menos de dos ejemplares. Los tubos deberán encontrarse sanos y tener la longitud completa.

Para determinar la sanidad del tubo, se colocará verticalmente y se golpeará con un martillo, debiendo dar un timbre metálico. Si ello no sucede o si en el tubo se advierten grietas u otros defectos de forma o dimensiones en exceso de los límites aceptados por esta especificación, se descartará y se reemplazará por una muestra adicional del mismo embarque que sea sana, sin que dicho reemplazo implique costo alguno para la entidad contratante.

El ensayo de resistencia al aplastamiento, se efectuará sobre por lo menos el 75% de los tubos recibidos para ensayo. La tubería se considerará satisfactoria, si todos los tubos de prueba igualan o exceden la resistencia mencionada en la **Tabla 505-01.**

Si uno o más tubos no cumplen este requisito, el Contratista deberá suministrar, a su costo, dos tubos por cada tubo insatisfactorio y el embarque sólo será aceptado cuando todos los tubos adicionales cumplan el requisito de resistencia.

De cada tubo satisfactorio, se tomará una muestra para el ensayo de absorción, la cual deberá tener un área entre 77 cm^2 – 129 cm^2, un espesor igual al de la pared del tubo y estar exenta de grietas visibles. El embarque sólo se considerará satisfactorio si todas las muestras ensayadas cumplen el requisito de absorción.

c. Tolerancias en las dimensiones de los tubos

1. Diámetro interno

Se aplicara lo indicado en la **Tabla 505-02.**

Tabla 505-02

Diámetro de diseño (mm)	Diámetro mínimo (mm)	Diámetro máximo (mm)
450	450	465
600	600	620
750	750	775

2. Espesor de pared

El espesor de la pared no podrá ser menor que el indicado en la **Tabla 505-01**. Tampoco podrá exceder en más 3 mm el espesor mínimo en los tubos de 45 cm y 60 cm, ni en más de 5 mm en los tubos de 750 mm.

Se admitirán tubos con variaciones localizadas de espesor por fuera de estos límites, si cumplen los requisitos de los ensayos físicos indicados en la **Subsección 505.103(b).**

3. Longitud

Ningún elemento individual podrá tener una longitud que varíe en más de 13 mm respecto de la indicada en el Proyecto.

d. Concreto para solado

En relación con la calidad de los ingredientes para la mezcla, se aplicarán los criterios expuestos en **Subsecciones 503.11(b)**, **(c)**, **(d)**, **(e)** y **(f).**

En relación con la calidad de la mezcla elaborada, se aplicará lo descrito en la **Subsección 503.11(f),** excepto lo pertinente a la ejecución de pruebas de carga a cuenta y costo del Contratista.

El Supervisor no autorizará la colocación del concreto para solado, si la superficie de apoyo no se encuentra correctamente preparada.

e. Calidad del trabajo terminado

La tubería será objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamiento de más de 1 cm/m.

El Supervisor tampoco aceptará los trabajos, cuando las juntas estén deficientemente elaboradas.

Todos los materiales defectuosos y los desperfectos en los trabajos ejecutados deberán ser reemplazados y subsanados por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las instrucciones y aprobación del Supervisor.

La evaluación de los trabajos de "Tubería de Concreto Simple" se efectuará de acuerdo a lo indicado en la **Subsección 04.11.**

Medición

505.14

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de tubería de concreto simple suministrada y colocada de acuerdo con el Proyecto, esta especificación y aprobada por el Supervisor.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería. No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada fuera de los límites aprobados por el Supervisor.

Pago

505.15

El pago se hará al precio unitario del tubo de concreto simple, según el diámetro de la tubería, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá incluir todos los costos por concepto de suministro en el lugar de los tubos y su instalación; el suministro de los demás materiales y mezclas requeridos; la ejecución de las juntas; la colocación, vibrado y curado de las mezclas de concreto para el solado y la sujeción; las conexiones a cabezales, cajas de entrada y aletas; la limpieza de la zona de los trabajos; el transporte, disposición de los materiales sobrantes y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados y lo indicado en la **Subsección 07.05**.

La excavación de las zanjas y el relleno se pagarán de acuerdo a lo establecido en las **Subsecciones 501.10** y **502.11** respectivamente.

Partida de pago	Unidad de pago
505.A Tubería de concreto simple de diámetro interior (…) mm	Metro lineal (m)

SECCION 506

TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO

SECCIÓN 506

Tubería de concreto reforzado

Descripción

506.01

Este trabajo consiste en la instalación de tubos de concreto reforzado, aprobados para el paso de agua superficial y desagües pluviales transversales, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

506.02 Tubería

La tubería deberá cumplir los requisitos de materiales, diseño y manufactura establecidos en la especificación AASHTO M-170M. La clase de tubería y su diámetro interno, se deberán indicar en el Proyecto. Los extremos de los tubos y el diseño de las juntas deberán ser tales, que se garantice un encaje adecuado entre secciones continuas, de manera de formar un conducto continuo, libre de irregularidades en la línea de flujo.

El concreto para la tubería deberá ser de clase C definida en la **Sección 503.**

506.03 Material para solado y sujeción

El solado y la sujeción se construirán con material para sub-base granular, cuyas características deberán satisfacer lo establecido en la **Sección 402.**

506.04 Sello para juntas

Las juntas para las uniones de los tubos se sellarán con empaques flexibles que cumplan la especificación AASHTO M-198, mortero o lechada de cemento. Si se emplea mortero, éste deberá ser una mezcla volumétrica de una parte de cemento Portland y tres de arena aprobada, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable.

Equipo

506.05

Básicamente, se requieren los mismos elementos mencionados en la **Subsección 505.05**, así como herramientas adecuadas para la correcta colocación del refuerzo.

Requerimientos de construcción

506.06 Preparación del terreno base

El terreno base se preparará de acuerdo con lo indicado en la **Subsección 505.06**.

Cuando la tubería se vaya a colocar en una zanja excavada, el ancho total de ésta deberá ser igual al diámetro exterior de los tubos más 60 cm por lo menos, salvo que los planos indiquen un valor diferente.

506.07 Solado

Sobre el terreno natural o el relleno preparado se colocará una capa o solado de material granular, que cumplan con las características de material para subbase, de por lo menos 15 cm de espesor compactado, y un ancho igual al diámetro exterior de la tubería más 60 cm por lo menos. La superficie acabada de dicha capa deberá coincidir con las cotas especificadas del fondo exterior de la tubería y su compactación mínima será la que se especifica para la corona en la **Subsección 205.12(c) (1).**

506.08 Colocación de la tubería

La tubería se colocará sobre el solado de material granular conformado y terminado, comenzando en el extremo de descarga, con el extremo de la ranura colocado en la dirección del nivel ascendente y con todo el fondo de la tubería ajustado con los alineamientos, las cotas y la posición que indiquen los planos.

En instalaciones múltiples de tubería, la línea central de cada una deberá ser paralela a las demás. Si los planos no indican otra cosa, la distancia libre entre 2 líneas de tubería deberá ser igual a 1/2 diámetro, y nunca inferior a 60 cm.

Cualquier tubo que no quede correctamente alineado o que presente asentamiento después de su colocación, deberá ser removido y vuelto a colocar correctamente, a cuenta y costo del Contratista.

506.09 Juntas

Las juntas se sellarán de acuerdo con materiales y procedimientos adecuados para el tipo de tubería usada, tal como lo contemplen en el Proyecto. Si se emplea mortero o lechada de cemento, se aplicarán las indicaciones establecidas en la **Subsección 505.08**.

506.10 Sujeción

Una vez colocada y asentada la tubería sobre el lecho de material granular, éste se deberá aumentar y compactar en capas a los lados de la tubería y hacia arriba, al mismo nivel de densidad exigido para el solado, hasta una altura no menor a 1/6 del diámetro exterior de ella.

Si las juntas de la tubería se han sellado con lechada o mortero, la sujeción sólo se efectuará cuando el sello haya endurecido lo suficiente para que no sea dañado.

506.11 Relleno

El relleno posterior a lo largo de la tubería satisfactoriamente colocada, se hará de acuerdo con lo especificado en la **Sección 502.**

506.12 Limpieza

Terminados los trabajos, el Contratista deberá limpiar la zona de las obras y retirar los materiales sobrantes, transportarlos y disponerlos en los DME, de acuerdo a la **Sección 209**.

Aceptación de los trabajos

506.13 Criterios

a. Controles

El Supervisor efectuará los mismos controles generales indicados en la **Subsección 505.13(a).**

b. Calidad de la tubería

El Supervisor no aprobará el empleo de tubos que presenten:

- Fracturas o grietas.
- Defectos de forma o moldeo.
- Defectos superficiales tales como cangrejera o textura abierta.
- Extremos dañados que impidan la construcción de juntas adecuadamente.

El Contratista deberá suministrar, sin costo para la entidad contratante, el número requerido de tubos para los ensayos, los cuales serán elegidos al azar. Los tubos se someterán al ensayo de resistencia al aplastamiento según la norma de ensayo MTC E 901 y la carga necesaria para producir una grieta de 0,3 mm o la carga última, no podrá ser inferior a la prescrita en la tabla que corresponda de la especificación AASHTO M-170M. La tubería será aceptable bajo los ensayos de resistencia, si todas las muestras probadas cumplen los requisitos. En caso contrario, el Contratista, a su cuenta, costo, y riesgo, suministrará para reensayo dos muestras adicionales por cada muestra que haya fallado y la tubería se considerará aceptable solamente cuando todas las muestras reensayadas cumplan los requisitos de resistencia.

De cada tubo satisfactorio por resistencia se tomará una muestra para el ensayo de absorción según la norma MTC E 902, la cual deberá tener una masa mínima de 1 kg, estará libre de grietas y representará el espesor total del tubo. Si ningún valor de absorción excede del 9%, el lote se considerará satisfactorio. Si la absorción de algún tubo supera dicho límite, se tomará otra muestra del mismo tubo y su resultado reemplazará al anterior. Si el valor vuelve a superar el límite admisible, se rechazará el lote representado por el conjunto de tubos ensayados.

En adición a las pruebas anteriores, el Supervisor efectuará ensayos de compresión, según la norma MTC E 704, para verificar el cumplimiento de la resistencia de diseño. Los cilindros se curarán de la misma manera que los tubos. La resistencia promedio de todos los cilindros (R_c) deberá ser igual o mayor que la de diseño (R_d), ($R_c \geq R_d$). Simultáneamente, no más del 10% de los cilindros podrá tener resistencia inferior a la especificada y ninguno podrá presentar una resistencia menor al 80% de ésta.

Si el anterior requisito se incumple, se podrán tomar núcleos de paredes de los tubos representados por dicho concreto si la armadura lo permite, y la resistencia de cada núcleo deberá ser por lo menos igual a la de diseño.

Si algún núcleo no satisface este requisito, se tomará otro del mismo tubo y se repetirá la prueba. Si el resultado de ésta tampoco es satisfactorio, se rechazará el lote representado por el conjunto de tubos ensayados.

c. Tolerancias en las dimensiones de los tubos

1. Diámetro interno

En ningún caso se aceptarán tubos cuyo diámetro interno sea inferior al de diseño. Tampoco se aceptarán aquellos cuyo diámetro interno exceda los siguientes límites, indicados en la **Tabla 506-01.**

Tabla 506-01

Diámetro interno de diseño (mm)	Diámetro interno máximo (mm)
900	925
1.000	1.080
1.200	1.230
1.350	1.385
1.500	1.540
1.800	1.850

Para diámetros diferentes, deberá consultarse la Tabla 6 de la especificación AASHTO M-170M.

2. Espesor de pared

No podrá variar ±5% o de 5 mm, el que resulte mayor, respecto del espesor de diseño indicado en la tabla correspondiente de la especificación AASHTO M-170M, de acuerdo con la clase de tubería empleada.

3. Longitud

Ningún tubo se aceptará si tiene una longitud que varíe en más de 13 mm respecto de la indicada en los planos.

d. Tolerancias en el refuerzo

1. Posición

La máxima variación admisible en la posición del refuerzo, será el mayor valor entre ±10% del espesor de diseño de la pared o ±13 mm.

2. Área de refuerzo

Se considerará que el refuerzo satisface los requerimientos de diseño si el área, calculada sobre la base del área nominal de las varillas empleadas, iguala o excede los requerimientos de la respectiva tabla de diseño de la especificación AASHTO M-170M.

e. Material de solado y sujeción

En relación con su calidad, se deberán cumplir los requisitos del material de Subbase, de acuerdo a lo indicado en la **Sección 402.**

En cuanto a la compactación, el número de verificaciones, si así, no lo estableciera el Proyecto será determinado por el Supervisor.

f. Calidad del trabajo terminado

La tubería será objeto de rechazo si en tramos rectos presenta variaciones de alineamientos superiores a 1 cm/m**.**

El Supervisor tampoco aprobará los trabajos, si las juntas están deficientemente elaboradas.

La evaluación de los trabajos de "Tubería de Concreto Reforzado se efectuará de acuerdo a lo indicado en las **Subsecciones 04.11.**

Medición

506.14

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de tubería de concreto reforzado suministrada y colocada de acuerdo con el Proyecto, esta especificación, y la aprobación del Supervisor.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería.

No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada por fuera de los límites aprobados por el Supervisor.

Pago

506.15

El pago se hará al precio unitario del contrato, según el diámetro interno de la tubería, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto del suministro de los materiales requeridos para construir los tubos, incluido el acero de refuerzo, la elaboración y curado de los tubos, su transporte y correcta colocación; el suministro de los materiales requeridos para las juntas y la elaboración de éstas; el suministro, colocación y compactación de los materiales granulares requeridos para el solado y la sujeción; las conexiones de cabezales, cajas de entrada y aletas; la limpieza de la zona de los trabajos; el transporte y disposición de los materiales sobrantes y, en general, todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados y lo indicado en la **Subsección 07.05**.

Las excavaciones de las zanjas y el relleno se pagarán de acuerdo a lo establecido en **Subseccion 501.10** y **502.11** respectivamente.

Partida de pago	Unidad de pago
506.A Tubería de concreto reforzado de diámetro interior (…) mm	Metro lineal (m)

SECCION 507

TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA

SECCIÓN 507

Tubería metálica corrugada

Descripción

507.01

Este trabajo consiste en la instalación de tubería de acero corrugado galvanizado, para el paso de agua superficial y desagües pluviales transversales, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

507.02

Los materiales para la instalación de tubería corrugada deben satisfacer los siguientes requerimientos:

a. Tubos conformados estructuralmente de planchas o láminas corrugadas de acero galvanizado en caliente

Para los tubos, circulares y/o abovedados y sus accesorios (pernos, tuercas) de corruga (68mm x 13mm), del rango de las dimensiones corresponden a 900 mm y 2100 mm de diámetro, se seguirá la especificación ASTM A-929 y AASHTO M-36 / ASTM A-760.

Las planchas o láminas deberán cumplir con los requisitos establecidos en la especificación ASTM A-929 y AASHTO M-36 / ASTM A-760. Los pernos deberán cumplir con la especificación ASTM A-449 / F568 y ASTM A 307 Grado A y las tuercas con la especificación ASTM A-563 Grado C.

El corrugado, perforado y formación de las planchas deberán ser de acuerdo a la especificación ASTM A-929 y AASHTO M-36 / ASTM A-760.

El recubrimiento de los pernos, tuercas, deberán cumplir con la especificación ASTM A-153.

Los espesores mínimos para las tuberías con los respectivos diámetros serán los indicados en la **Tabla 507-01.**

Tabla 507-01

Espesores Mínimos de Alcantarillas Circulares y Abovedadas

CIRCULAR			ABOVEDADA				
Diámetro		Espesor min	Luz		Flecha		Espesor min
mt	Pulg	mm	mt	Pulg	mt	Pulg	mm
0.60	24	1.80	0.60	24	0.40	16	1.80
0.90	36	2.00	0.90	36	0.57	22.5	2.00
1.20	48	2.50	1.20	48	0.75	29.5	2.50
1.50	60	3.00	1.50	60	0.92	36.5	3.00
1.80	72	3.30	1.80	72	1.11	44.0	3.30

b. Estructuras conformadas por planchas o láminas corrugadas de acero galvanizado en caliente

Para las estructuras y sus accesorios (pernos, tuercas) de más de 1,98 m de diámetro o luz, las planchas o láminas deberán cumplir con los requisitos establecidos en la especificación ASTM A-123, ASTM A-761, ASTM A-1011, y AASHTO M-167 y pernos con la especificación ASTM A-449 y ASTM A-307 Grado A, y las tuercas deben cumplir con la norma ASTM A 563 Grado C, según lo indicado en la ASTM A-761.

El corrugado, perforado y formación de las planchas deberán ser de acuerdo a la especificación ASTM A-761, AASHTO M-167 y ASTM A-1011.

c. Galvanizado de planchas o láminas

El galvanizado de las planchas o láminas deberá cumplir con los requisitos establecidos en las normas ASTM A-761 y ASTM A-929, poniéndose énfasis en las siguientes consideraciones:

- El baño de zinc por inmersión en caliente deberá ser al menos del tipo "Prime Western" de acuerdo a la especificación ASTM B6.

- El peso del total de recubrimiento de zinc por ambas caras del producto galvanizado por inmersión en caliente, debe ser entre 610 y 915 g/m^2 como promedio. Ver **Tabla 507-02.**

- La medida del espesor de la plancha deberá ser tomada a no menos de 10 mm del borde de la plancha. En la plancha corrugada, la medición deberá ser tomada en la tangente de las corrugaciones, según las normas ASTM A-90 y ASTM A-123.

Tabla 507-02

Recubrimiento en peso de Zinc, de acuerdo al espesor del acero base

Espesor Especificado en acero (mm)	Peso de Zinc Es la sumatoria de recubrimiento en ambos lados de la plancha	
	g/m^2	Onz/ft^2
1,80	610	2,00
2,00	610	2,00
2,50	610	2,00
3,00	610	2,00
3,30	610	2,00
3,50	610	2,00
4,00	610	2,00
4,50	915	3,00
5,00	915	3,00
5,50	915	3,00
6,00	915	3,00
6,40	915	3,00
7,00	915	3,00
8,00	915	3,00

d. Tubos de planchas y estructuras de planchas con recubrimiento bituminoso

Deberán cumplir los requisitos indicados en la especificación AASHTO M-190 y las normas y especificaciones que se deriven de su aplicación.

Salvo que el Proyecto establezca lo contrario, el recubrimiento será del tipo A.

e. Conformación estructural

Deberán cumplir los requisitos indicados en la especificación ASTM A–796 y las normas y especificaciones que se deriven de su aplicación, incluyendo instalaciones múltiples.

f. Material para solado y sujeción

El solado y la sujeción se construirán con material para subbase granular, cuyas características estarán de acuerdo con lo establecido en la Sección 402.

Equipo

507.03

Se requieren, básicamente, elementos para el transporte de los tubos, para su colocación y ensamblaje, así como los requeridos para la obtención de materiales, transporte y construcción de una subbase granular, según se indica en la Subsección 402.03. Cuando el Proyecto requiera apuntalamiento de la tubería, se deberá disponer de "gatas" para dicha labor y cables de acero para el tensado.

Requerimientos de construcción

507.04 Calidad de los tubos y del material

a. Certificados de calidad y garantía del fabricante de los tubos

Antes de comenzar los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor un certificado original de fábrica, indicando el nombre, marca e identificación del lote del producto que suministrará y un análisis mecánico y químico típico de la materia prima indicando las normas aplicables y del producto final indicando su descripción (diámetro, luz, flecha, espesor), galvanizado (micras, g/m^2, método de medida y norma aplicable), control dimensional (corruga, diámetro, perforaciones si las tuviera, norma aplicable), para cada clase de tubería.

Además, le entregará el certificado de garantía del fabricante estableciendo que todo el material que suministrará satisface las especificaciones requeridas, que llevará marcas de identificación, y que reemplazará, sin costo alguno para la entidad contratante, cualquier metal que no esté de conformidad con el análisis, resistencia a la tracción, espesor y recubrimiento galvanizado, especificados.

Ningún tubo será aceptado, sino hasta que los certificados de calidad de fábrica y de garantía del fabricante hayan sido recibidos y aprobados por el Supervisor.

b. Inspección y muestreo en la fábrica o el taller

Se deberá tener en consideración lo indicado en la **Sección 03.**

c. Reparación de revestimientos dañados

Aquellas unidades donde el galvanizado haya sido quemado por soldadura, o dañado por cualquier otro motivo durante la fabricación, deberán ser rechazadas y reemplazadas por una tubería nueva a costo del Contratista. Manejo, transporte, entrega y almacenamiento

Los tubos se deberán manejar, transportar y almacenar usando métodos que no los dañen. Los tubos averiados serán rechazados.

507.05 Preparación del terreno base

El terreno base se preparará de acuerdo con la norma ASTM A-807 y lo indicado en la **Subsección 505.06**. La excavación deberá tener una amplitud tal, que el ancho total de la excavación tenga 1,5 veces el diámetro del tubo.

507.06 Solado

El solado se construirá de acuerdo con la especificación ASTM A-807, empleando material de subbase granular según la **Sección 402**, en el ancho indicado en la **Sección 506**, y de acuerdo con el procedimiento descrito en la **Subsección 506.07**.

507.07 Ensamblado e Instalación de la tubería

La tubería de acero corrugado y las estructuras de planchas deberán ser ensambladas de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

La tubería se colocará sobre el lecho de material granular, conformado y compactado, iniciándose en el extremo de aguas abajo, cuidando que las

pestañas exteriores circunferenciales y longitudinales de los costados se coloquen frente a la dirección aguas arriba. Previamente, sobre la superficie del solado granular, se deberá extender una capa de arena suelta de 12 mm de espesor aproximadamente, con el propósito de dar un mejor contacto de las corrugas de la tubería al solado.

Cuando el Proyecto indique apuntalamiento, éste se hará alargando el diámetro vertical en el porcentaje indicado en aquel y manteniendo dicho alargamiento con puntales, trozos de compresión y amarres horizontales. El alargamiento se debe hacer de manera progresiva de un extremo de la tubería al otro, y los amarres y puntales se deberán dejar en sus lugares hasta que el relleno esté terminado y consolidado.

507.08 Relleno

La zona de terraplén adyacente al tubo, con las dimensiones indicadas en el Proyecto, se ejecutará de acuerdo a la especificación ASTM A-807 y lo indicado en la **Sección 502**. Su compactación se efectuará en capas horizontales de 15 cm a 20 cm de espesor compacto, alternativamente a uno y otro lado del tubo, de forma que el nivel sea el mismo a ambos lados y con los cuidados necesarios para no desplazar ni deformar los tubos.

La compactación en las capas del relleno no será inferior a las que se indican en la **Subsección 205.12(c) (1**) y la frecuencia de control será la que indique el Proyecto o apruebe el Supervisor.

507.09 Limpieza

Terminados los trabajos, el Contratista deberá limpiar, la zona de las obras y sobrantes, transportarlos y disponerlos en los DME, según lo indicado en la **Sección 209.**

507.10 Aguas y Suelos agresivos

Si las aguas que han de conducir los tubos presentan un pH menor de 5.8, o que los suelos circundantes presenten sustancias agresivas, será necesario proteger la tubería cuyo producto y procedimiento será acorde al Proyecto o aprobación del Supervisor, y el costo deberá quedar incluido en el precio unitario de la tubería.

Aceptación de los trabajos

507.11 Criterios

a. Controles

El Supervisor efectuará los mismos controles generales indicados en la Subsección 505.13(a).

b. Marcas

No se aceptará ningún tubo, a menos que el metal esté identificado por un sello en cada sección que indique:

- Nombre del fabricante de la lámina
- Marca y clase del metal básico
- Calibre o espesor
- Peso del galvanizado

Las marcas de identificación deberán ser colocadas por el fabricante de tal manera, que aparezcan claramente en la parte exterior de cada sección del tubo.

c. Calidad de la tubería

Constituirán causal de rechazo de los tubos, los siguientes defectos:

- Traslapes desiguales.
- Forma defectuosa.
- Variación de la línea recta central.
- Bordes dañados.
- Marcas ilegibles.
- Láminas de metal abollado o roto.
- Defectos o daños del galvanizado.

La tubería metálica deberá satisfacer los requisitos de todas las pruebas de calidad mencionadas en la especificación ASTM A-924.

Además, el Supervisor tomará, al azar, muestras cuadradas de lado igual a 57,1 mm±0,3 mm, para someterlas a análisis químicos y determinación del peso del galvanizado, cuyos resultados deberán satisfacer las

exigencias de la especificación ASTM A-924. El peso del galvanizado se determinará en acuerdo a la norma ASTM A-653. Las muestras para estos ensayos se podrán tomar de la tubería ya fabricada o de láminas o rollos del mismo material usado en su fabricación.

d. Calidad del recubrimiento bituminoso

Cuando los planos requieran la colocación de tubería con revestimiento bituminoso, tanto en la superficie exterior como interior dicho material deberá satisfacer las exigencias de calidad impuestas por la especificación AASHTO M-190.

e. Tamaño y variación permisibles

La longitud especificada de la tubería será la longitud neta del tubo terminado, la cual no incluye cualquier material para darle acabado al tubo. En el caso de que la longitud total no corresponda al múltiplo de la medida de cada alcantarilla formada, esta deberá completarse con una fracción de ella.

f. Solado y relleno

La instalación deberá cumplir lo previsto en las **Subseccion 507.05**, **507.06**, **507.07** y **507.08**. El material para el solado y relleno debe satisfacer los requisitos establecidos para la Subbase Granular y relleno, además de las pruebas establecidas en la **Sección 502**.

La frecuencia de las verificaciones de compactación será establecida por el Proyecto o aprobado por el Supervisor, quien no recibirá los trabajos si todos los ensayos que efectúe, no superan los límites mínimos indicados para el solado y el relleno.

Todos los materiales que resulten defectuosos de acuerdo con lo prescrito en esta especificación deberán ser reemplazados por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, de acuerdo con las instrucciones y previa aprobación del Supervisor.

La evaluación de los trabajos de "Tubería Metálica Corrugada" se efectuará según lo indicado en las **Subseccion 04.11.**

Medición

507.12

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de tubería metálica corrugada, suministrada y colocada de acuerdo con el Proyecto, esta especificación y la aprobación del Supervisor.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería.

No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada por fuera de los límites autorizados por el Supervisor.

Pago

507.13

El pago se hará al precio unitario del contrato, según el diámetro y espesor o calibre de la tubería, por toda obra ejecutada de acuerdo con el Proyecto, esta especificación y la aprobación del Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, patentes e instalación de las tuberías; el apuntalamiento de éstas cuando se requiera; el suministro, colocación y compactación del solado de material granular; el revestimiento bituminoso de los tubos que lo requieran, incluido el suministro del material; las conexiones a cabezales, cajas de entrada y aletas; la limpieza de la zona de ejecución de los trabajos al término de los mismos; el transporte y adecuada disposición de los materiales sobrantes y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados y lo indicado en la **Subsección 07.05**.

La excavación de las zanjas y el relleno se pagarán de acuerdo a lo establecido en las **Sección 501** y **502** respectivamente.

Partida de pago	Unidad de pago
507.A Tubería corrugada de acero galvanizado circular de diámetro (…) m	Metro lineal (m)
507.B Tubería corrugada de acero galvanizado abovedada (…) m de luz y (…) m de flecha	Metro lineal (m)

SECCION 508

TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

SECCIÓN 508

Tubería de polietileno de alta densidad

Descripción

508.01

Este trabajo consiste en la instalación de tubería de polietileno de alta densidad (PAD o HDPE), para el paso de agua superficial y desagües pluviales transversales, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

508.02

Los materiales para la instalación de la tubería PAD o HDPE deben satisfacer los siguientes requerimientos:

a. Tubos de polietileno de alta densidad (PAD o HDPE)

Es una tubería estructural con superficie interior lisa integrada y pared exterior corrugada. El interior debe ser liso, circunferencialmente rodeado de costillas circulares formadas simultáneamente en la fabricación. Debe cumplir con la guía AASHTO, clasificación tipo "S".

Para los fines de drenaje vial, los tubos de PAD o HDPE deben cumplir con los requerimientos de métodos de prueba, dimensiones y marcas encontradas en la especificación técnica del AASHTO M294. Los tubos y sus piezas especiales deben ser fabricados con resina virgen de PAD o HDPE, conforme a los requerimientos de la especificación ASTM D3350.

El valor mínimo de rigidez, según la prueba de platos paralelos, hechos de acuerdo con la especificación ASTM D2412 para:

- Diámetro 900 mm debe ser 152 kPa (22 psi)
- Diámetro 1050 mm debe ser 138 kPa (20 psi)

- Diámetro 1200 mm debe ser 124 kPa (18 psi)
- Diámetro 1500 mm debe ser 97 kPa (14 psi)

b. Calidad de los tubos de polietileno de alta densidad (PAD o HDPE)

Antes del inicio de los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor un certificado original del fabricante, donde indique el nombre y marca del producto y un análisis típico del mismo para la tubería y para cada lote de materiales.

Además, le entregará el certificado de garantía del fabricante estableciendo que todo el material que suministrará satisface las especificaciones requeridas, que llevará marcas de identificación, y que reemplazará, sin costo alguno para la entidad contratante, cualquier tubería que no esté de conformidad con el análisis, resistencia a la tracción, espesor y rigidez especificados.

Ningún tubo será aceptado, sino hasta que los certificados de calidad de fábrica y de garantía del fabricante hayan sido recibidos y aprobados por el Supervisor.

c. Inspección, muestreo y rechazo del material

El Supervisor deberá inspeccionar el lote de materiales llegados a obra antes de su ensamblaje. El Supervisor realizará por muestreo ensayos que acrediten el cumplimiento de las especificaciones, en laboratorio reconocidos y a costo del Contratista. Los ensayos serán de una muestra como máximo por lote de materiales.

Todas aquellas unidades que presenten deformaciones irrecuperables, fisuras, quemaduras o defectos, serán rechazadas por el Supervisor.

d. Material para cama de asiento

Se denomina cama de asiento a la capa de material granular que estará en contacto con el fondo de la estructura.

La cama de asiento estará constituida por arena gruesa, la cual será conformada en capas de no más de 0,15 m de espesor, y a todo lo ancho de la excavación. La cama de asiento y la sujeción lateral se construirán con material granular cuyas características estarán de acuerdo con lo establecido en la **Subsección 400.02** y la **Sección 301**.

Equipo

508.03

Se requieren, básicamente, elementos para el transporte de los tubos, para su colocación y ensamblaje, así como los requeridos para la obtención de materiales, transporte y construcción de un material granular, según se indica en la **Subsección 400.03.** Cuando el Proyecto requiera apuntalamiento de la tubería, se deberá disponer de "gatas" para dicha labor.

Requerimientos de construcción

508.04 Preparación del terreno y excavación

El terreno base se preparará de acuerdo con lo indicado en la **Subsección 505.06.**

La excavación deberá tener una amplitud tal, que su ancho total sea 2 veces el diámetro del tubo y se ejecutará según lo indicado en la **Sección 501.**

508.05 Preparación de la cama de asiento del tubo

Previa a la colocación del material de base se deberá verificar las cotas de cimentación, asimismo, que el fondo de la excavación se encuentre perfilado, compactado y libre de raíces, piedras salientes, oquedades u otras irregularidades.

El asiento del tubo será construido en capas de 0,15 m a todo el ancho de la excavación.

El espesor estará entre 0,15 m y 0,30 m, no se admitirá espesores menores a 0,15 m. Esta capa de material granular será colocada sobre cualquier tipo de suelo de fundación, con excepción de suelos de baja capacidad portante o rocosos, en cuyo caso el espesor será de 0,30 m.

Cualquier reemplazo de material por debajo del nivel de 0,30 m, para efectos de mejoramiento, no forma parte del material de la cama de asiento.

508.06 Armado y colocación de tubería

La tubería de polietileno de alta densidad (PAD o HDPE) será ensamblada en su emplazamiento final, siguiendo las instrucciones de ensamblaje del

fabricante. Los tubos serán colocados en las zanjas mediante un sistema seguro que evite daños y ensamblados en la misma zanja.

El transporte y manipuleo de la tubería se realizará de manera que no se abollen o rompan y en ningún caso se permitirá el arrastre sobre el suelo.

La tubería se colocará cuidadosamente sobre el material de base o asiento, siguiendo el alineamiento indicado por 2 estacas en línea, cuya colocación será aprobada por el Supervisor; de igual manera verificará y dará su conformidad a las cotas de cimentación. Todo tubo de Polietileno de Alta Densidad (PAD o HDPE) mal alineado, indebidamente asentado o dañado en su colocación, será rechazado y reemplazado por tubería nueva a costo del Contratista.

508.07 Colocación del relleno alrededor de la estructura

El material de relleno deberá cumplir con las especificaciones indicadas en la **Sección 502**.

La colocación del relleno a los costados de la tubería, se realizará en capas alternadas de 0,15 m a ambos lados de la tubería, para permitir un buen apisonamiento. El relleno se colocará en forma simétrica conservando siempre la misma altura en ambos lados de la tubería. Se deberá tener especial cuidado en la colocación y compactación de las rinconeras, es decir bajo los tubos.

El relleno deberá compactarse hasta alcanzar una densidad mayor al 95% de la Máxima Densidad Seca-M.D.S. del Próctor Modificado y en el caso que el relleno se vaya a construir hasta el nivel de subrasante, los 0,30 m superiores del relleno serán compactados a una densidad mínima del 100% de la M.D.S.

El equipo de compactación será mecánico, pudiendo ser: apisonadores mecánicos, rodillos apisonadores o compactadores vibratorios. La elección del equipo dependerá de las condiciones existentes en el lugar y se deberá evitar que el equipo golpee la estructura. No será aceptable la compactación del relleno por medio de anegación o chorros de agua.

La colocación de las tuberías deberá efectuarse cuando los trabajos de explanaciones hayan alcanzado el nivel de subrasante, por consiguiente el relleno de estructuras alrededor de la tubería deberá alcanzar el mismo nivel. La altura de relleno mínimo desde la clave de la tubería hasta el nivel de la subrasante será de 0,30 m.

En caso excepcional y previa aprobación de la Supervisión, las tuberías podrán colocarse antes que los trabajos de explanaciones hayan concluido.

508.08 Protección de la estructura durante la construcción

No se deberá permitir la imposición de cargas concentradas fijas o móviles muy superiores a las que soportaría la estructura. Por lo que el equipo y vehículos pesados no deberán circular sobre la estructura antes que la altura de relleno mínima sobre la misma sea de 0,30 m. En caso del paso de equipo muy pesado se deberá proteger la estructura colocando material adicional encima del relleno.

No forman parte del relleno estructural los materiales colocados con el fin de dar protección a la estructura para el mantenimiento del tránsito por lo que no serán reconocidos como tales.

508.09 Limpieza

Terminados los trabajos, el Contratista deberá limpiar, la zona de las obras y sobrantes, transportarlos y disponerlos en los DME, según lo indicado en la **Sección 209.**

Aceptación de los trabajos

508.10 Criterios

a. Controles

El Supervisor efectuará los mismos controles generales indicados en la **Subsección 505.13(a).**

b. Marcas

No se aceptará ningún tubo, sin marca o identificación, está podrá ser un sello en cada sección que indique:

- Nombre del fabricante del tubo
- Marca del tubo PAD
- Diámetro
- Norma ASTM o AASHTO que cumple.

Las marcas de identificación deberán ser colocadas por el fabricante de tal manera, que aparezcan en la parte exterior de cada tubo.

c. Calidad de la tubería

Constituirán causal de rechazo de los tubos, los siguientes defectos:

- Traslapes desiguales
- Forma defectuosa
- Variación de la línea recta central
- Bordes dañados
- Marcas ilegibles
- Abolladuras, fisuras o roturas.

La tubería deberá satisfacer los requisitos de todas las pruebas de calidad mencionadas en la **Subsección 508.02(a)** y **(b)**.

d. Tamaño y variación permisibles

La longitud especificada de la tubería será la longitud neta del tubo terminado, la cual no incluye cualquier material para darle acabado al tubo.

e. Cama de asiento y relleno

El material para la cama de asiento deberá satisfacer los requisitos establecidos en la **Sección 301.**

El material de relleno, debe satisfacer los requisitos establecidos en la **Sección 502**.

La frecuencia de las verificaciones de compactación será la establecida en el Proyecto, el Supervisor no recibirá los trabajos si los ensayos que efectúa, no superan los límites mínimos indicados para la cama de asiento y el relleno.

Todos los materiales que resulten defectuosos de acuerdo con lo prescrito en esta especificación deberán ser rechazados por El Supervisor.

La evaluación de los trabajos de "Tubería de Polietileno de Alta Densidad" se efectuará según lo indicado en las **Subsecciones 04.11.**

Medición

508.11

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de tubería de Polietileno de Alta Densidad (PAD o HDPE), suministrada y colocada de acuerdo con el Proyecto, esta especificación y la aprobación del Supervisor.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería.

No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada por fuera de los límites aprobados por el Supervisor.

Pago

508.12

El pago se hará al precio unitario del contrato, según el diámetro de la tubería, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación, aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, patentes e instalación de las tuberías; el apuntalamiento de éstas cuando se requiera; el suministro, colocación y compactación de la cama de asiento de material granular-afirmado; las conexiones a cabezales, cajas de entrada y aletas; la limpieza de la zona de ejecución de los trabajos al término de los mismos; el transporte y adecuada disposición de los materiales sobrantes y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados y lo indicado en la **Subsección 07.05**.

La excavación de las zanjas y el relleno se pagarán de acuerdo a lo establecido en las **Secciones 501** y **502** respectivamente.

Partida de pago	Unidad de pago
508.A Tubería de Polietileno (PAD o HDPE) de diámetro (…) mm	Metro lineal (m)

SECCION 509

SUBDRENES

SECCIÓN 509

Subdrenes

Descripción

509.01

Este trabajo consiste en la construcción de estructuras drenantes del pavimento o subsuelo con la finalidad de captar y evacuar aguas subterráneas, utilizando materiales filtrantes, tales como: piedra, grava, tubería perforada, geotextiles y otros debidamente aprobados, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

509.02 Generalidades

Los subdrenes a construir que no estén considerados en el Proyecto, serán definidos y aprobados por el Supervisor en función a las condiciones particulares encontradas en el terreno. Los subdrenes tendrán la siguiente clasificación:

a. Subdrenes para pavimentos

Generalmente tienen la función de drenar y evacuar el agua que afecta a las capas de base y subbase, por lo que se ubican inmediatamente por debajo de la capa drenante más baja de la estructura del pavimento en contacto con la subrasante. Este tipo de dren no es adecuado para drenar flujos de corrientes de agua subterránea que se puedan hallar por debajo del nivel en que son colocados. Este subdren por lo general es de tubería perforada de 10 cm de diámetro, filtro granular y/o geotextil; sin embargo, cada caso debe ser diseñado y aprobado por el Supervisor.

b. Subdrenes profundos

Tienen por finalidad drenar y evacuar el agua proveniente de flujos subterráneos. Estos subdrenes pueden o no llevar tubería perforada. En todos los casos, los subdrenes serán diseñados específicamente indicando el dimensionamiento y los elementos que lo componen, y deben contar con aprobación del Supervisor.

Materiales

509.03

Los materiales para los subdrenes consistirán de lo siguiente:

a. Material filtrante

Podrá ser natural, provenir de la trituración de piedra o roca, o ser una mezcla de ambos y estará constituido por fragmentos duros y resistentes.

Deberá, además, cumplir los siguientes requisitos:

1. Granulometría

Para casos en que no se utilice geotextil en el recubrimiento del subdrén el material filtrante deberá estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz de 100 mm (4") y el de 0,149 mm (N°. 100). Se requiere en éste caso una gradación especial, para impedir el movimiento del suelo hacia el material filtrante debiendo cumplirse las siguientes condiciones:

$$\frac{d_{15}del\ Filtro}{d_{85}del\ suelo} \leq 5\ \ Y\ \ \frac{d_{50\ del\ Filtro}}{d_{50\ del\ suelo}} \leq 25$$

En caso que el terreno natural tenga granulometría uniforme se sustituirá la primera relación por:

$$\frac{d_{15}del\ Filtro}{d_{85}del\ suelo} \leq 4$$

Y para asegurar la capacidad del filtro:

$$\frac{d_{15}del\ Filtro}{d_{15}del\ suelo} \geq 5$$

Si el subdrén va cubierto por un geotextil se permitirá granulometría con fragmentos de un solo tamaño.

En caso que el subdrén lleve tubería con perforaciones circulares se deberá cumplir:

$$\frac{d_{15}del\ Filtro}{Diámetro\ del\ orificio} > 1{,}0$$

En caso que el subdrén lleve tubería con ranuras se deberá cumplir:

$$\frac{d_{15}del\ Filtro}{Diámtro\ de\ ranura} > 1{,}2$$

En caso de terrenos cohesivos, el límite superior para d_{15} del filtro, se establecerá en 0,1 mm. Cuando sea preciso, deberán utilizarse en el proyecto dos o más materiales de filtros. Ordenados éstos desde el terreno natural a la tubería, deben satisfacer, cada uno con respecto al contiguo, las condiciones exigidas anteriormente entre el material filtro y el suelo a drenar.

Donde d_x es el tamiz por el que pasa el x% del material.

2. Resistencia a la abrasión

Medido en la máquina de Los Ángeles, según la norma de ensayo MTC E 207. El desgaste no podrá ser mayor de 40%.

b. Geotextil

Se utilizarán geotextiles que cumplan las exigencias que se especifican en las **Tablas 511-1** y **511-2**.

Como la permeabilidad del geotextil debe ser compatible con la del suelo, su coeficiente de permeabilidad y su tamaño de abertura aparente serán indicados en el Proyecto o aprobados por el Supervisor.

1. Características del Geotextil.

Se aplica lo que se especifica en la **Sección 511.**

c. Tubería

La tubería perforada a instalar, será la especificada en el Proyecto y en caso contrario será la aprobada por el Supervisor.

Equipo

509.04

Se deberá disponer de los equipos necesarios para explotar, procesar, cargar, transportar y colocar el material filtrante, así como para los trabajos de instalación del subdrén.

Requerimientos de construcción

509.05 Generalidades

El Contratista ejecutará los trabajos con una adecuada coordinación entre las actividades de apertura de la zanja y construcción del filtro, de manera que aquella quede expuesta el menor tiempo posible y que las molestias a los usuarios sean mínimas.

Será de responsabilidad del Contratista, la colocación de elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, la que deberá ser visible durante las 24 del día. El diseño de la señalización requerirá la aprobación del Supervisor y cumplirá con lo dispuesto en la **Sección 103.**

Los trabajos se efectuarán de acuerdo a lo siguiente:

a. Preparación del terreno

La construcción del filtro será autorizada por el Supervisor, cuando la excavación haya sido terminada de acuerdo con las dimensiones, pendientes y rasantes indicadas en el Proyecto o aprobadas por el Supervisor.

La excavación se deberá ejecutar de acuerdo con lo indicado en la **Sección 501.**

b. Colocación del geotextil

El geotextil cuando lo establezca el Proyecto o lo apruebe el Supervisor, se deberá colocar cubriendo totalmente el perímetro de la zanja, acomodándolo lo más ajustado posible a la parte inferior y a las paredes laterales de ésta y dejando por encima la cantidad de tela necesaria para que, una vez se acomode el material filtrante, se cubra en su totalidad, con un traslape mínimo de 0,30 m.

Las franjas sucesivas de geotextil se traslaparán longitudinalmente 0.45 m. como mínimo. No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir.

De preferencia, se coserá el geotextil, de manera que se garantice la continuidad del elemento filtrante.

c. Colocación del material filtrante

El material filtrante, se colocará dentro de la zanja en capas con el espesor indicado en el Proyecto o aprobado por el Supervisor, empleando un método que no genere daños en el geotextil o en las paredes de la excavación.

El relleno se llevará a cabo hasta la altura indicada en el proyecto o aprobada por el Supervisor.

d. Tubería

La tubería se colocará sobre un solado de 10 cm de espesor como mínimo. El material del solado deberá cumplir con lo especificado en la **Subsección 506.07.** No deberá contener partículas que puedan producir daño en la tubería.

Aceptación de los trabajos

509.06 Criterios

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará las siguientes acciones principales:

a. Controles

- Cumplimiento de lo especificado en la **Sección 103.**
- Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado por el Contratista.
- Verificar que las excavaciones tengan las dimensiones y pendientes señaladas en el Proyecto u ordenadas por él.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados, durante el período de ejecución de las obras.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado, en cuanto a la elaboración y colocación de los agregados, la colocación del geotextil, la instalación de la tubería y la colocación de la capa de sello de filtro.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Efectuar ensayos de control sobre el geotextil, los agregados pétreos del filtro y el material de la capa de sello.

b. Calidad de los agregados del filtro

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro muestras y de cada fracción de ellas se determinará el ensayo de Los Ángeles, cuyos resultados deberán satisfacer las especificaciones indicadas en la **Subsección 509.03(a) (2)**.

Durante la etapa de producción, el Supervisor examinará las descargas de los acopios y ordenará el retiro de los agregados que, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica y tamaños superiores o inferiores al máximo y mínimo especificado. Además efectuará, cuando menos, una determinación de la granulometría por jornada de trabajo, que deberá cumplir con los requisitos especificados en la **Subsección 509.03(a) (1)**.

c. Calidad del geotextil

Cada despacho de geotextil deberá venir acompañado de una certificación del fabricante, que garantice que el producto satisface las exigencias de calidad indicadas en el Proyecto y en la **Subsección 509.03(b)**. El Supervisor, efectuará las pruebas especificadas y rechazará el geotextil si no cumple la calidad requerida.

d. Calidad del trabajo terminado

El Supervisor aceptará el subdrén construido en zanjas cuyas dimensiones, alineamientos y pendientes se ajusten a los requerimientos del Proyecto y cuyos materiales y procedimientos de ejecución cumplan lo establecido en las presentes especificaciones.

Medición

509.07

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de subdrén concluido de acuerdo al Proyecto y aprobado por el Supervisor.

Pago

509.08

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con el Proyecto y aprobado por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, colocación y acabados de los materiales en forma integral (filtro, geotextil, tubería perforada, etc.), así como la obtención de permisos y derechos para su explotación; su almacenamiento, clasificación, carga, transportes, descarga y colocación en la zanja. Se excluye la excavación de las zanjas, la cual se pagará de acuerdo con la **Sección 501.**

Partida de pago	Unidad de pago
509.A Subdrenes	Metro lineal (m)

SECCION 510

CUNETAS REVESTIDAS DE CONCRETO

SECCIÓN 510

Cunetas revestidas de concreto

Descripción

510.01

Este trabajo consiste en el acondicionamiento del terreno de las cunetas y su recubrimiento con concreto, para evitar filtraciones y facilitar el escurrimiento de las aguas, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

510.02

Los materiales para las cunetas revestidas deberán satisfacer los siguientes requerimientos:

a. Concreto

El concreto será de la clase definida en el Proyecto o aprobado por el Supervisor.

b. Material de relleno para el acondicionamiento de la superficie

Todos los materiales de relleno requeridos para el acondicionamiento de las cunetas, serán seleccionados de los cortes adyacentes o de las fuentes de materiales indicados en el Proyecto y aprobados por el Supervisor.

c. Sellante para juntas

Para el sello de las juntas se empleará material asfáltico o premoldeado, cuyas características se establecen en las especificaciones AASHTO M-89, M-33, M-153 y M-30.

d. Traslado de concreto y material de relleno

Desde la zona de préstamo al lugar de las obras, se deberá humedecer adecuadamente los materiales y cubrirlos con una lona para evitar emisiones de material particulado.

Los montículos de material almacenados temporalmente se cubrirán con lonas impermeables, para evitar el arrastre de partículas a la atmósfera y a cuerpos de agua cercanos.

Equipo

510.03

Es aplicable todo lo que resulta pertinente de la **Subsección 503.05** y además, se deberá disponer de elementos para su conformación, para la excavación, carga y transporte de los materiales, así como equipos manuales de compactación.

Requerimientos de construcción

510.04 Acondicionamiento de la cuneta en tierra

El Contratista deberá acondicionar la cuneta en tierra, de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en el Proyecto o aprobadas por el Supervisor.

Los procedimientos para cumplir con esta actividad incluyen la conformación, suministro, colocación y compactación de los materiales de relleno que se requieran, para obtener la sección típica prevista en el Proyecto. Dichos procedimientos deben estar de acuerdo con lo estipulado en la **Subsección 501.04.**

Se deberá tener en consideración los residuos que generen las obras de excavación y depositar los excedentes en lugares de disposición final (DME). Se debe proteger la excavación contra derrumbes que puedan desestabilizar los taludes y laderas naturales, provocando la caída del material.

510.05 Colocación de encofrados

Acondicionadas las cunetas en tierra, el Contratista instalará los encofrados de manera que las cunetas queden construidas con las secciones y espesores señalados en el Proyecto o aprobados por el Supervisor.

Para las labores de encofrado se utilizaran madera, aserradas, de acuerdo a las dimensiones indicadas en el Proyecto.

510.06 Elaboración del concreto

El Contratista deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborarla con la resistencia exigida, transportarla y entregarla, conforme se establece en la **Subsección 503.09**.

510.07 Construcción de la cuneta

Previo el retiro de cualquier materia extraña o suelta que se encuentre sobre la superficie de la cuneta en tierra, se procederá a colocar el concreto comenzando por el extremo inferior de la cuneta y avanzando en sentido ascendente de la misma.

Durante la construcción, se deberán dejar juntas a los intervalos y con la abertura que indiquen el Proyecto o apruebe el Supervisor. Sus bordes serán verticales y normales al alineamiento de la cuneta.

El concreto deberá ser compactado y curado conforme lo establecen las **Subsecciones 503.10(i).**

El Contratista deberá nivelar cuidadosamente las superficies para que la cuneta quede con las verdaderas formas y dimensiones indicadas en el Proyecto.

El material excedente de la construcción de la cuneta, será depositado en los DME adecuados a este tipo de residuos, según se indica en la **Sección 209**.

Aceptación de los trabajos

510.08 Criterios

a. Controles

En adición a los descritos en la **Subsección 503.11(a),** el Supervisor deberá exigir que las cunetas en tierra queden correctamente acondicionadas, antes de colocar el encofrado y vaciar el concreto.

En relación con la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios expuestos en las **Subsecciones 503.02**; **503.03(a)**; **503.03(b)**; **503.03(d)** y **503.03(e)** respectivamente.

En cuanto a la calidad del producto terminado, el Supervisor sólo aceptará cunetas cuya forma y dimensión corresponda a la indicada en el Proyecto o aprobadas por él.

Tampoco aceptará trabajos terminados con depresiones excesivas, traslapes desiguales o variaciones apreciables en la sección de la cuneta, que impidan el normal escurrimiento de las aguas superficiales. Las deficiencias superficiales serán corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo.

La evaluación de los trabajos de "Cunetas revestidas en Concreto" se efectuará de acuerdo a lo indicado en las **Subsecciones 04.11.**

Los ensayos y frecuencias de control son lo establecido en **Tabla 503-03**.

Además el Supervisor efectuará los siguientes controles:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo a ser utilizado por el contratista.
- Verificar que se realice el traslado de los excedentes a los lugares de disposición final de desechos. Así también, verificará que se limpie el lugar de trabajo y los lugares que hayan sido contaminados.
- En el caso de las cunetas y otras obras de drenaje que confluyen directamente a un río o quebrada, se deberán realizar obras civiles para decantar los sedimentos.
- Verificar se cumplan con las demás consideraciones ambientales incluidas en esta sección.

Medición

510.09

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al décimo de metro, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor.

La longitud se determinará midiendo en forma paralela a las líneas netas de las cunetas señaladas en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor, en los tramos donde el trabajo haya sido aceptado por éste. Dentro de la medición se deberán incluir, también, los desagües de agua revestidos en concreto.

El Supervisor no autorizará el pago de trabajos efectuados por fuera de los límites especificados.

Pago

510.10

El pago se hará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de explotación, suministro, transporte, colocación y compactación de los materiales de relleno necesarios para el acondicionamiento previo de la superficie; la elaboración, suministro, colocación y retiro de encofrados; la explotación de agregados, incluidos todos los permisos y derechos para ello; el suministro de todos los materiales necesarios para elaborar la mezcla de concreto, su diseño, elaboración, descarga, transporte, entrega, colocación, vibrado y curado; la ejecución de las juntas, incluyendo el suministro y colocación del material sellante; el suministro de materiales, elaboración y colocación del mortero requerido para las pequeñas correcciones superficiales; todo equipo y mano de obra requeridos para la elaboración y terminación de las cunetas y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

Partida de pago	Unidad de pago
510.A Cunetas revestidas en concreto	Metro lineal (m)

SECCION 511

GEOTEXTILES

SECCIÓN 511

Geotextiles

Descripción

511.01

El geotextil son mallas de fibras sintéticas de polipropileno y poliéster, que se utilizan con la finalidad de evitar posibles erosiones, cumplir funciones de drenaje y separar tierras de diferente granulometría estabilizando el terreno.

511.02

Las condiciones para ejecución de los trabajos serán presentadas en las especificaciones especiales (EE) dentro del Proyecto.

Materiales

511.03 Generalidades

Los materiales están constituidos por polímeros sintéticos, tejidos o no tejidos, de las características señaladas en estas especificaciones.

Los geotextiles tejidos podrán ser fabricados con cintas planas o con cintas fibriladas, para obtener en estos últimos, geotextiles de alto módulo.

Los geotextiles no tejidos podrán ser fabricados con fibras largas o fibras cortas punzonadas o termo fundidas, dependiendo del uso requerido.

Todos los parámetros exigidos en esta norma corresponden a valores mínimos promedios del rollo (VMPR) a excepción del Tamaño de Apertura Aparente (TAA), en la dirección principal más débil; los valores para el TAA representan valores máximos promedios por rollo. Su uso es de carácter obligatorio, por lo tanto no se permite el uso de valores promedios o típicos. El Contratista presentará al Supervisor para su aprobación los certificados de calidad correspondientes al lote suministrado por el proveedor.

511.04 Requerimientos generales de resistencia de los geotextiles

Los geotextiles usados en los trabajos especificados en este artículo deben cumplir los requerimientos que se presentan en la **Tabla 511-01**.

Estos requerimientos están dados en valores mínimos promedios del rollo (VMPR) y no en valores típicos o promedios.

Tabla 511-01
Geotextiles
Requerimientos para las propiedades de resistencia de los geotextiles

Propiedad	Ensayo	Unidad	Requerimientos					
			Clase de Geotextil (1) (2)					
			Clase 1		Clase 2		Clase 3	
			Elongación < 50% (3)	Elongación > 50% (3)	Elongación < 50% (3)	Elongación > 50% (3)	Elongación < 50% (3)	Elongación > 50% (3)
Resistencia Grab	ASTM D 4632	N	1.400	900	1.100	700	800	500
Resistencia de la costura **(4)**	ASTM D 4632	N	1.260	810	990	630	720	450
Resistencia al rasgado	ASTM D 4533	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia punzonado	ASTM D 6241	N	2.750	1.925	2.200	1.375	1.650	990
Permitividad	ASTM D 4491	S^{-1}	**(5)**	**(5)**	**(5)**	**(5)**	**(5)**	**(5)**
Tamaño de abertura aparente	AST, D 4751	Mm	**(5)**	**(5)**	**(5)**	**(5)**	**(5)**	**(5)**
Estabilidad ultravioleta	ASTM D 4355	%	**(5)**	**(5)**	**(5)**	**(5)**	**(5)**	**(5)**

(1) La clase requerida de geotextil esta designada en las Tablas 511-2, 3, 4, 5, 6 o 7, para las aplicaciones indicadas. La severidad de las condiciones de instalación para la aplicación generalmente requiere una clase de geotextil. Clase 1 esta especificada para las condiciones de instalación más severa, donde existe un gran potencial de daño del geotextil, y clases 2 y 3, son especificadas para condiciones menos severas.

(2) Todos los valores numéricos representan el VMPR (Valor Mínimo Promedio por Rollo), en la dirección más débil (Ver Sección 8.1.2).

(3) Medido de acuerdo al ASTM D4632.

(4) El VMPR requerido para resistencia al Rasgado Trapezoidal, para geotextiles tejidos de monofilamentos, es de 250 Newtons.

(5) Los valores mínimos de las propiedades para la Permitividad, TAA y Estabilidad UV están basados en la aplicación para el geotextil. Refiérase a la Tabla 511-2 para el drenaje subsuperficial, las Tablas 511-3 y 4 para la Separación, la Tabla 511- 5 para la Estabilización y la Tabla 511-6 para el Control Permanente de Erosión.

511.05 Geotextiles usados en subdrenaje

El geotextil usado en subdrenaje debe cumplir con los requerimientos de la Tabla 511-02 y lo indicado en el Proyecto. Los geotextiles tejidos de película cortada (por ejemplo, geotextiles hechos de hilos o cintas de forma plana) no serán aceptados para esta aplicación. Todos los valores numéricos de la Tabla 511-02, excepto el TAA representan el VMPR en la dirección principal más débil. Los valores del TAA representan valores máximos promedios por rollo.

Los valores de las propiedades de la Tabla 511-02 representan valores por defecto que suministran una propiedad suficiente del geotextil bajo la mayoría de las condiciones de construcción. La nota 2 de la Tabla 511-02 tiene en cuenta una reducción en los requerimientos mínimos de las propiedades cuando hay suficiente información disponible sobre la propiedad. El Contratista también puede especificar propiedades diferentes de aquellas enunciadas en la Tabla 511-02 basado en el diseño, su criterio y debiendo contar con la aprobación del Supervisor.

Tabla 511-02

Geotextiles usados en subdrenaje-requerimientos

Propiedad	Ensayo	Unidad	Requerimientos		
			Porcentaje de Suelo in Situ que pasa Tamiz Nº 200 (0,075 mm) (1)		
			< 15	15-50	>50
Clase de Geotextil			Clase 2 de la tabla 650-1 (2)		
Permitividad (3) (4)	ASTM D 4491	S^{1}	0,5	0,2	0,1
Tamaño de Abertura Aparente (3) (4)	ASTM D 4751	mm	0,43 Valores máx. prom. por rollo	0,25 Valores máx. prom. por rollo	0,22 (5) Valores máx. prom. por rollo
Estabilidad Ultravioleta (Resistencia Mantenida)	ASTM D 4355	%	50% después de 500 horas de exposición		

(1) Basado en el análisis granulométrico del suelo in-situ de acuerdo con la AASHTO T 88

(2) Selección por omisión del geotextil. El Contratista puede especificar un geotextil Clase 3 de la Tabla 511-01 para aplicaciones de drenaje en trincheras basado en uno o más de los siguientes conceptos:

a) El Contratista ha encontrado que los geotextiles Clase 3 tienen una supervivencia suficiente basada en la experiencia en campo.

b) El Contratista ha encontrado que los geotextiles Clase 3 tienen una supervivencia suficiente basada en ensayos de laboratorio y la inspección visual de una muestra de geotextil removida de una sección de ensayo en el campo construida anticipadamente bajo unas condiciones de campo.

c) La profundidad del subdren es menor de 2.0 m, el diámetro del agregado es menor de 30 mm y los requerimientos de compactación son menores del 95% de la AASHTO T 99.

(3) Estos valores por omisión para las propiedades en filtración están basados en los tamaños de las partículas predominantes de un suelo in-situ. Adicionalmente al valor por omisión para la permitividad, el Contratista puede requerir de la permeabilidad del geotextil y/o ensayos de desempeño basado en la ingeniería de diseño para sistemas de drenaje en ambientes de suelos problemáticos.

(4) Debería efectuarse un diseño del geotextil para un sitio específico especialmente si uno o más de los siguientes suelos problemáticos son encontrados: suelos inestables o altamente erosionables tales como los limos no cohesivos; suelos de gradación abierta; suelos laminados alternando arenas y limos; arcillas dispersivas y/o polvo de roca.

(5) Para los suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a 7, el valor máximo promedio por rollo (VMPR) es de 0.30 mm.

511.06 Geotextiles usados en separación

Esta especificación es aplicable al uso del geotextil que prevenga la mezcla del suelo de subrasante y un agregado de cobertura (subbase, base, materiales seleccionados para terraplenes, etc.) o donde se requiera la separación entre dos materiales disímiles, pero donde la infiltración de agua a través del geotextil no sea una condición crítica. El Geotextil debe cumplir con los requerimientos de la **Tabla 511-03** y lo indicado en el Proyecto. Todos los valores numéricos representan los VMPR en la dirección principal más débil. Los valores del TAA representan los valores máximos promedios por rollo.

Los valores de las propiedades de la **Tabla 511-03** representan valores por defecto que suministran una durabilidad suficiente del geotextil bajo la mayoría de las condiciones de construcción. El Contratista también puede especificar propiedades diferentes de aquellas enunciadas en la **Tabla 511-03** basado en el diseño, su criterio y debiendo contar con la aprobación del Supervisor.

Tabla 511-03

Geotextiles para separación-requerimientos

Propiedad	Ensayo	Unidad	Requerimiento
Clase de Geotextil			Ver Tabla 511-04
Permitividad	ASTM D-4491	S^1	0,02 (1)
Tamaño de Abertura Aparente (TAA)	ASTM D-4751	mm	0,60 valor máx. prom. por rollo
Estabilidad Ultravioleta (Resistencia Mantenida)	ASTM D-4355	%	50% después de 500 horas de exposición

(1) Valor por omisión. La permisividad del geotextil debería ser mayor que la del suelo ($\psi_g > \psi_s$). El Contratista también puede exigir que la permeabilidad del geotextil sea mayor que la del suelo ($k_g > k_s$).

Tabla 511-04

Requerimientos para grado de durabilidad en Función de Condiciones de subrasante, equipo de construcción y espesores de elevación

	Equipo de Presión de Tierra Baja ≤ 25 kPa (3.6 psi)	Equipo de Presión de Tierra Media > 25 a ≤ 50 kPa (> 3.6 a ≤ 7.3 psi)	Equipo de Presión de Tierra Alta > 50 kPa (> 7.3 psi)
La subrasante ha sido limpiada de todo obstáculo excepto césped, mala hierba, hojas, y restos finos de madera. La superficie esta lisa y nivelada de manera que cualquier depresión superficial y protuberancia no exceden los 450 mm, en profundidad o altura. Toda depresión mayor será llenada. Alternativamente se puede colocar una capa de nivelación.	Bajo (Clase 3)	Moderado (Clase 2)	Alto (Clase 1)
La subrasante ha sido limpiada de todo obstáculo más grande que ramas o piedras de tamaño pequeño a moderado. Troncos de árbol y cepas deberán ser removidos o cubiertos por la capa de nivelación. Las depresiones y protuberancias no exceden los 450 mm, en profundidad o altura. Mayores depresiones deberán ser llenadas.	Moderado (Clase 2)	Alto (Clase 1)	Muy Alto (Clase 1+)
Preparación mínima de terreno requerida. Los árboles derribados, delimitados y dejados en el lugar. Las cepas deberán ser cortadas para no proyectar más de 150 mm por encima de la subrasante. El geotextil puede cubrir directamente los troncos de árbol, cepas, grandes depresiones y protuberancias, huecos, canaletas y grandes piedras. Los elementos solo deberán ser removidos si la colocación del geotextil y el material de cobertura, sobre ellos, distorsionará la superficie terminada del pavimento.	Alto (Clase 1)	Muy Alto (Clase 1+)	No Recomendado

Las recomendaciones son para espesores de elevación inicial de 150 a 300 mm (6" a 12"). Para otros espesores:

a) 300 a 450 mm (12" a 18"): reducir requerimientos de supervivencia un nivel.
b) 450 a 600 mm (18" a 24"): reducir requerimientos de supervivencia dos niveles.
c) > a 600 mm (24"): reducir requerimientos de supervivencia tres niveles.

Para técnicas especiales de construcción, incremente los requerimientos de supervivencia del Geotextil un nivel. La colocación, en exceso, de un espesor inicial de material de cobertura puede causar falla por soporte en subrasantes blandas.

Las propiedades de Clases 1, 2 y 3 se dan en la Tabla 511-01; las propiedades de Clase 1+ son mayores que el Clase 1, pero no están definidas por ahora.

511.07 Geotextiles usados en estabilización

Esta especificación es aplicable al uso del geotextil en condiciones húmedas y de saturación para suministrar funciones de separación y filtración simultáneamente, de estructuras de pavimentos construidos con materiales de CBR comprendidos entre 1 y 3, esfuerzo cortante aproximadamente entre

30 kPa y 90 kPa). El Geotextil debe cumplir con los requerimientos de la **Tabla 511-04** y lo indicado en el Proyecto. Todos los valores numéricos representan los VMPR en la dirección principal más débil. Los valores del TAA representan los valores máximos promedios por rollo.

Los valores de las propiedades de la **Tabla 511-05** representan valores por defecto que suministran una durabilidad suficiente del geotextil bajo la mayoría de las condiciones de construcción. La nota 1 de la **Tabla 511-05** tiene en cuenta una reducción en los requerimientos mínimos de las propiedades cuando hay suficiente información disponible sobre la durabilidad. El Contratista también puede especificar propiedades diferentes de aquellas enunciadas en la **Tabla 511-05** basado en el diseño, su criterio y debiendo contar con la aprobación del Supervisor.

Tabla 511-05
Geotextiles para estabilización-requerimientos

Propiedad	Ensayo	Unidad	Requerimiento
Clase de Geotextil			Clase 1 de la Tabla 511-01 (1)
Permitividad	ASTM D-4491	S^1	0,05 (2)
Tamaño de Abertura Aparente (TAA)	ASTM D-4751	mm	0,43 valor máx. prom. por rollo
Estabilidad Ultravioleta (Resistencia Mantenida)	ASTM D-4355	%	50% después de 500 horas de exposición

(1) Selección por omisión del geotextil. El Contratista puede especificar un geotextil Clase 2 o 3 de la Tabla 511-01, basado en uno o más de los siguientes conceptos:
   a) El Contratista ha encontrado que la clase de los geotextiles tiene una supervivencia suficiente, basado en la experiencia en campo.
   b) El Contratista ha encontrado que la Clase de los geotextiles tiene una supervivencia suficiente basada en ensayos de laboratorio y la inspección visual de una muestra de geotextil removida de una sección de ensayo en el campo construida anticipadamente bajo unas condiciones de campo.

(2) Valor por omisión. La permisividad del geotextil debería ser mayor que la del suelo ($\psi_g > \psi_s$). El Contratista también puede exigir que la permeabilidad del geotextil sea mayor que la del suelo ($k_{g.} > k_s$).

511.08 Geotextiles usados en control permanente de erosión

Esta especificación es aplicable al uso del geotextil entre sistemas armados de absorción de energía (escolleras, gaviones, enrocados, geoestructuras etc.) y el suelo in-situ para prevenir las pérdidas de suelo resultantes de un escurrimiento excesivo y para prevenir subpresiones hidráulicas que causen una inestabilidad del sistema de control permanente de erosión.

La función principal del geotextil es la filtración. Las propiedades de filtración de los geotextiles están en función de las condiciones hidráulicas, la gradación del suelo in-situ, la densidad y la plasticidad.

El Geotextil debe cumplir con los requerimientos de la **Tabla 511-06** y lo indicado en el Proyecto. Los geotextiles tejidos de película cortada (p.e., geotextiles hechos de hilos o cintas de forma plana) no serán admitidos. Todos los valores numéricos representan los VMPR en la dirección principal más débil. Valores del TAA representan valores máximos promedios por rollo.

Los valores de las propiedades de la **Tabla 511-06** representan valores por defecto que suministran una durabilidad suficiente del geotextil bajo unas condiciones similares o menos severas que aquellas descritas en la nota 2 de la **Tabla 511-06**. La nota 3 de la **Tabla 511-06** tiene en cuenta una reducción en los requerimientos mínimos de las propiedades cuando hay suficiente información disponible sobre la durabilidad o cuando se reduce el potencial de daños por construcción. El Contratista también puede especificar propiedades diferentes de aquellas enunciadas en la **Tabla 511-06** basado en el diseño, su criterio y debiendo contar con la aprobación del Supervisor.

Tabla 511-06

Geotextiles para control permanente de erosión-requerimientos

Propiedad	Ensayo	Unidad	Requerimientos		
			Porcentaje de Suelo in Situ que pasa Tamiz N.º 200 (0,075 mm) (1)		
			< 15	15-50	>50
Clase de Geotextil					
Geotextiles Tejidos Monofilamento			Clase 2, de la Tabla 511-01 (2)		
Todos los demás Geotextiles			Clase 1, de la Tabla 511-01 (2) (3)		
Permitividad (3) (4)	ASTM D 4491	S^1	0,7	0,2	0,1
Tamaño de Abertura Aparente (3) (4) (5)	ASTM D 4751	mm	0,43 Valores máx. prom. por rollo	0,25 Valores máx. prom. por rollo	0,22(5) Valores máx. prom. por rollo
Estabilidad Ultravioleta (Resistencia Mantenida)	ASTM D 4355	%	50% después de 500 horas de exposición		

(1) Basado en el análisis granulométrico del suelo in-situ de acuerdo con la AASHTO T 88

(2) Como regla general, la selección por omisión del geotextil es apropiada para condiciones iguales o menos severas que las siguientes:
   a) La piedra del blindaje no pesa más de 100 Kg, la altura de caída de las piedras no es mayor a 1mt., y no se ha requerido una cama de agregado.
   b) La piedra del blindaje pesa más de 100 Kg., la altura de caída de las piedras no es mayor a 1 m, y el geotextil es protegido por una cama de agregados de 150 mm, diseñado para ser compatible con la capa de blindaje. Aplicaciones más severas requieren una evaluación de la supervivencia del geotextil, basada en ensayos de campo, y podrían requerir un geotextil con propiedades de resistencia mayores.

(3) El Contratista puede especificar un geotextil Clase 2 de la Tabla 511-01 basado en uno o más de los siguientes conceptos:
   a) El Contratista ha encontrado que los geotextiles Clase 2 tienen una supervivencia suficiente basada en la experiencia en campo.
   b) El Contratista ha encontrado que los geotextiles Clase 2 tienen una supervivencia suficiente basada en ensayos de laboratorio y la inspección visual de una muestra de geotextil removida de una sección de ensayo en el campo construida anticipadamente bajo unas condiciones de campo.
   c) La piedra del blindaje pesa menos de 100 Kg, la altura de caída de las piedras no es mayor a 1 m, y el geotextil es protegido por una cama de agregados de 150 mm, diseñado para ser compatible con la capa de blindaje.
   d) La piedra del blindaje no pesa más de 100 Kg, y la piedra es colocada directamente sobre el geotextil, sin dejarlas caer.

(4) Estos valores por omisión para las propiedades en filtración están basados en los tamaños de las partículas predominantes de un suelo in-situ. Adicionalmente al valor por omisión para la permitividad, el Contratista puede requerir de la permeabilidad del geotextil y/o ensayos de desempeño basado en la ingeniería de diseño para sistemas de drenaje en ambientes de suelos problemáticos.

(5) a. Debería efectuarse un diseño del geotextil para un sitio específico especialmente si uno o más de los siguientes suelos problemáticos son encontrados: suelos inestables o altamente erosionables tales como los limos no cohesivos; suelos de gradación abierta; suelos laminados alternando arenas y limos; arcillas dispersivas y/o polvo de roca.

(5) b. Para los suelos cohesivos con un índice de plasticidad mayor a 7, el valor máximo promedio por rollo (VMPR) es de 0.30 mm.

511.09 Geotextiles usados en defensas temporales de lodos

Los geotextiles que se usen temporalmente durante construcción para proteger los cauces naturales y las obras de drenaje de materiales finos transportados por agua de escorrentía, deberán cumplir los requerimientos mostrados en la Tabla 511-07 y lo indicado en el Proyecto. Todos los valores numéricos representan los VMPR en la dirección principal más débil. Los valores del TAA representan los valores máximos promedios por rollo.

Tabla 511-07
Geotextiles usados en defensas temporales - requerimientos

Propiedad	Ensayo	Und	Requerimientos		
			Defensa de Arcilla Con Soporte (1)	Defensa no soportada	
				Elongación del Geotextil ≥ 50%(2)	Elongación del Geotextil < 50%(2)
Máximo Espaciamiento de Postes			1,2 m	1,2 m	2,0 m
Resistencia Grab Dirección de la Máquina (MD) Dirección Transversal (XD)	ASTM D 4632	N	 400 400	 550 450	 550 450
Permitividad(3)	ASTM D 4491	S^1	0,05	0,05	0,05
Tamaño de Abertura Aparente	ASTM D 4751	Mm	0,60 Valor máx. prom. por rollo	0,60 Valor máx. prom. por rollo	0,60 Valor máx. prom. por rollo
Estabilidad Ultravioleta (Resistencia Mantenida)	ASTM D 4355	%	70% después de 500 horas de exposición		

(1) Los soportes de las Defensas de Arcilla consisten de alambre de acero #14, con un espaciamiento de malla de 150 mm por 150 mm, o mallas prefabricadas de polímeros, con una resistencia equivalente.

(2) Medido de acuerdo al ASTM D4632.

(3) Estos valores por omisión para las propiedades en filtración están basados en evidencia empírica con una variedad de sedimentos. Para áreas ambientales sensitivas, una revisión de experiencias previas y/o obras, o geotextiles específicos de la región, la agencia deberá hacer ensayos para confirmar que estos requerimientos son apropiados.

511.10 Geotextiles usados para pavimentación

Esta especificación es aplicable al uso de telas sintéticas para pavimentación saturadas con cemento asfáltico entre dos capas de pavimento y pueda actuar como una membrana impermeable y aliviadora de esfuerzos dentro de una estructura de pavimento. El geotextil debe cumplir con los requerimientos de la **Tabla 511-08** y lo indicado en el Proyecto. Todos los valores numéricos en la **Tabla 511-08** representan los VMPR en la dirección principal más débil.

Tabla 511-08

Geotextiles para pavimentación

Propiedad	Ensayo	Unidad	Requerimiento
Resistencia Grab	ASTM D 4632	N	450
Elongación en Rotura	ASTM D-4632	%	≥ 50
Masa por Unidad de Área	ASTM D-5261	g/m^2	140
Retención Asfáltica	ASTM D-6140	l/m^2	Notas 2 y 3
Punto de Fusión	ASTM D-276	ºC	150

Notas:

(1) Todos los valores numéricos representan el VMPR (Valor Mínimo Promedio por Rollo), en la dirección más débil.

(2) Únicamente el asfalto requerido para saturar al geotextil. La retención asfáltica debe ser suministrada en una certificación del fabricante El valor no indica la tasa de aplicación de asfalto requerido en la construcción. Refiérase al Apéndice para la discusión sobre la tasa de aplicación de asfalto.

(3) La propiedad de retención asfáltica del producto debe cumplir con los VMPR suministrados en la certificación del fabricante.

511.11 Geotextiles para refuerzo

En general los geotextiles usados en tierra reforzada, bien sea en terraplenes o en estructuras de contención, deberán cumplir los requerimientos estipulados en esta sección para geotextiles usados en estabilización (**Tabla 511-05**) y lo indicado en el Proyecto.

Para obras de envergadura donde la obra se encuentre como parte de la carretera, tales como estructuras de contención, estribos de puentes y terraplenes donde la calzada se encuentre en la corona, deben utilizarse geotextiles de alto módulo, con los parámetros de resistencia indicado por el Proyecto.

511.12 Control de calidad

El Contratista hará entrega al Supervisor, de un certificado donde conste el nombre del fabricante, el nombre del producto, composición química de los filamentos o cintas y otra información pertinente que describa totalmente al geotextil.

El certificado del fabricante debe hacer constar que el geotextil suministrado cumple con los requerimientos VMPR de la especificación tal como fue evaluado por el organismo competente. El certificado debe tener sello de conformidad que acredite la calidad del producto, y estará sujeto a la aprobación del Supervisor.

Los valores presentados deben corresponder a los últimos de la producción de la planta, es decir, deben estar actualizados. Por lo tanto, no se aceptan valores de catálogo.

Todos los geotextiles deben llegar a la obra perfectamente referenciados y el Contratista exigirá a su Proveedor, el envío de los certificados correspondientes a cada rollo. No se permitirán valores de catálogo. Verificando que se encuentre entre las especificaciones, se permitirá su uso en obra. Por cada 1.500 m^2 de un geotextil del mismo tipo, el Contratista enviará a un laboratorio especializado, muestras para la verificación de resultados. Este laboratorio debe ser diferente del que posee el proveedor o el productor. Las muestras serán tomadas en presencia del Supervisor, de acuerdo con los procedimientos de muestreo solicitados en la Norma ASTM D-4354.

Además de la aprobación de la calidad del geotextil, el Supervisor deberá tomar las medidas necesarias para que el cemento, arcilla, limo, y demás desechos no tengan como receptor final lechos o cursos de agua.

Medición

511.13

Para todas las aplicaciones de geotextiles mencionados en esta sección la unidad de medida será el metro cuadrado (m^2). Los traslapes no se diferenciarán en la medida y estarán incluidos en ella.

Pago

511.14

El pago de los geotextiles para las aplicaciones indicadas en esta sección, se realizará con los precios unitarios del contrato, los que incluirán todas las operaciones para suministrar, transportar, colocar en el punto de aplicación, control de calidad y todo costo relacionado con la correcta ejecución de cada trabajo, aprobado por el Supervisor y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**. También incluye el costo de traslapes y costuras que se requieran para el cumplimiento de las especificaciones.

Partida de pago	Unidad de pago
511.A Geotextiles	Metro cuadrado (m^2)

SECCION 512

SUBDRENES CON GEOTEXTIL Y MATERIAL GRANULAR

SECCIÓN 512

Subdrenes con geotextil y material granular

Descripción

512.01

Este trabajo consiste en la construcción de filtros para subdrenaje compuestos por geotextil filtrante y material drenante, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

512.02 Geotextil

Se utilizarán geotextiles compuestos por filamentos de polímeros sintéticos, tejidos o no tejidos, que de acuerdo con el suelo a drenar (suelo retenido) deberán tener capacidad para dejar pasar el agua al tiempo que evitan el movimiento del suelo retenido. Presentarán los requerimientos mínimos de propiedades mecánicas, hidráulicas y de filtración que se indican en la **Tabla 511-02**.

512.03 Material drenante

Podrá ser natural, provenir de la trituración de piedra o roca, o ser una mezcla de ambos y estará constituido por fragmentos duros y resistentes.

Deberá además cumplir los siguientes requisitos:

a. Granulometría

Para filtros longitudinales o que atraviesen zonas de circulación vehicular, el material drenante deberá estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz de 9.525 mm (3/8") y el de 25,4 mm (1"). Las partículas pueden ser angulares o redondeadas, no se requiere ninguna gradación especial, permitiéndose el uso de fragmentos de un

solo tamaño, siempre y cuando se respeten las limitaciones de tamaño máximo y mínimo. Este material deberá estar limpio y sin material fino.

b. Resistencia a la abrasión

La resistencia al desgaste en la Máquina de Los Ángeles no podrá ser mayor al 40%.

c. Tubería de drenaje

Cuando el drenaje esté equipado con tubería perforada, ésta deberá contar la resistencia mecánica suficiente para resistir (sin sufrir deformaciones excesivas ni el colapso) las cargas de construcción, de confinamiento del suelo aledaño y de las eventuales sobrecargas impuestas por los vehículos que transiten o se detengan sobre la línea del drenaje.

Equipo

512.04

Se deberá disponer de los equipos necesarios para colocar el geotextil y para explotar, procesar, cargar, transportar, colocar y acomodar el material drenante. También para colocar y compactar el suelo que cubrirá el filtro.

Antes de extender y compactar el material de cobertura, el Contratista deberá tomar las medidas necesarias para garantizar que la compacidad del material drenante (de gradación uniforme) es suficiente para evitar asentamientos indeseables en la superficie sobre el drenaje.

Ejecución de los trabajos

512.05 Generalidades

Se exigirá que los trabajos se efectúen con una adecuada coordinación entre las actividades de apertura de la zanja y de construcción del filtro, de manera que aquella quede expuesta el menor tiempo posible y que las molestias a los usuarios sean mínimas.

Durante el proceso constructivo el Contratista tomará las medidas necesarias para evitar que el geotextil atrape elementos que puedan taponar los poros o disminuir la permeabilidad del elemento filtrante.

Será responsabilidad del Contratista la colocación de elementos de señalización preventiva en la zona de los trabajos, la cual deberá ser visible durante las 24 horas del día. El diseño de la señalización requerirá la aprobación del Supervisión.

512.06 Preparación del terreno

La colocación del filtro será autorizada, cuando la excavación haya sido terminada de acuerdo con las dimensiones, las pendientes y las rasantes indicadas en el Proyecto. La excavación se deberá ejecutar de acuerdo con lo indicado en la sección respectiva de estas especificaciones.

512.07 Condiciones normales de instalación del geotextil

El geotextil se deberá colocar cubriendo totalmente el perímetro de la zanja, acomodándolo lo más ajustado posible a la parte inferior y a las paredes laterales de la zanja y dejando por encima la cantidad de geotextil suficiente para que, una vez se acomode el material drenante, se cubra en su totalidad con un traslape mínimo 30 cm. Las franjas sucesivas del geotextil se traslaparán longitudinalmente (con traslape tipo tejado) 45 cm. De preferencia, se coserá el geotextil, de manera que se garantice la continuidad del elemento filtrante.

No se permitirá que el geotextil quede expuesto, sin cubrir.

512.08 Colocación del material drenante

El material drenante, se colocará dentro de la zanja en capas indicadas en el Proyecto o autorizadas por el Supervisor y empleando un método que no dé lugar a daños en el geotextil o en las paredes de la excavación.

Para las condiciones normales de instalación, la altura máxima de caída del material no deberá exceder 1 m. Cuando la altura sea mayor a 1 m se deberá colocar una primera capa de 0,10 m de material granular, para luego realizar el llenado.

El material drenante se colocará hasta la altura indicada en el Proyecto, en capas de espesor no mayor de 0,15 cm.

512.09 Compactación

El material será compactado mediante la aplicación de una placa vibratoria a cada capa, de tal manera que se logre la mayor compacidad posible.

No se permitirá el uso de ningún otro equipo manual o mecánico para la ejecución del Trabajo.

512.10 Cobertura del filtro

Completado el relleno con material drenante, se cubrirá con la porción excedente del geotextil con un traslape mínimo de 30 cm (o mediante costura), y éste se cubrirá con el suelo proveniente de la excavación si presenta una permeabilidad suficientemente baja (o de préstamo si resulta necesario), colocado y compactado en capas sucesivas, hasta la altura requerida en el Proyecto o la aprobada por el Supervisor.

Aceptación de los trabajos

512.11 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se efectuarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo.
- Verificar que el terreno se prepare adecuadamente y que se cumplan las dimensiones de la rasante de diseño señaladas en los planos o las ordenadas por él, antes de autorizar la colocación del geotextil.
- Verificar que el material de relleno cumpla las especificaciones del diseño durante el período de ejecución de la obra.
- Supervisar la correcta aplicación del método constructivo indicado, en cuanto a la preparación del terreno, la colocación del geotextil y la colocación de la capa granular.
- Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Efectuar ensayos de control de calidad del geotextil y del material granular.
- Verificar que cada rollo de geotextil cuente con la marca informativa suministrada por el fabricante y el número del lote.

- Verificar que cada lote tenga el certificado de calidad expedido por el laboratorio del fabricante.
- Para el muestreo del control de calidad en obra de los geotextiles, se deberá seguir la norma ASTM D-4354 que establece escoger al azar un número de rollos equivalentes a la raíz cúbica del total de rollos, aplicando la sección titulada "Procedimiento de Muestreo para Ensayos de conformidad de Especificaciones del Comprador". De cada rollo se deberán descartar las primeras dos vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente se deberá tomar una muestra de un metro lineal por el ancho correspondiente al rollo y se deberá empacar y enviar a un laboratorio especializado en medir las propiedades mecánicas e hidráulicas de los geotextiles. El laboratorio que realice las pruebas de calidad será diferente al del fabricante y/o distribuidor de los geotextiles.
- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles se cubran con empaques que los proteja de la acción de los rayos ultravioleta, de la humedad, polvo, pinturas y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a su satisfacción.

b. Condiciones específicas y tolerancias para la aceptación

1. Calidad del geotextil

Cada lote de geotextil deberá venir acompañado de una certificación del fabricante que garantice que el producto satisface las exigencias de calidad indicadas en el Proyecto y en esta especificación.

El Contratista, de acuerdo con lo establecido en la **Subsección 511.12**, efectuará las pruebas especificadas en las **Tablas 511-01** y **511-02**, y rechazará el geotextil si éste incumple una o más de las exigencias de las pruebas.

No se aceptarán geotextiles rasgados, agujereados o usados.

2. Calidad del trabajo terminado

Se aceptarán los trabajos realizados donde las dimensiones y los alineamientos se ajusten a los requerimientos del Proyecto y cuyos materiales y procedimientos de ejecución se ajusten a esta especificación.

Medición

512.12

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro, de subdrén concluido de acuerdo al Proyecto y aprobado por el Supervisor.

Pago

512.13

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con el Proyecto y aprobado por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, colocación y acabados de los materiales en forma integral (filtro y geotextil), así como la obtención de permisos y derechos para su explotación; su almacenamiento, clasificación, carga, transportes, descarga y colocación en la zanja. Se excluye la excavación de las zanjas, la cual se pagará de acuerdo con la **Sección 501.**

Partida de pago	Unidad de pago
512.A Subdrenes con geotextil y material granular	Metro lineal (m)

SECCION 513

GEOTEXTIL PARA PAVIMENTACIÓN

SECCIÓN 513

Geotextil para pavimentación

Descripción

513.01

Este trabajo consiste en el uso de geotextiles para repavimentación saturados con cemento asfáltico entre las capas de pavimento antigua y nueva, que tiene por finalidad evitar la reflexión de grietas en las nuevas capas asfálticas e impedir la filtración de agua al suelo con la consiguiente pérdida de capacidad portante, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

513.02 Geotextil para pavimentación

Se deberá emplear un geotextil elaborado con polímeros sintéticos de fibras cortas o largas, no tejido, punzonado por agujas, termofundido en una cara de cadena larga compuesto de por lo menos 95% de su peso por poliolefinas (polipropileno) o poliésteres.

El geotextil usado en pavimentación deberá cumplir los requisitos establecidos en la **Tabla 511-08.**

513.03 Material bituminoso

Deberá cumplir con los requerimientos exigidos en esta especificación para el riego de liga **Sección 417**.

Equipo

513.04

Para la colocación del geotextil se deberá contar en la obra con un equipo que posea un mecanismo para sostener el geotextil levantado y perfectamente

paralelo a la superficie, no permitiéndose que este se arquee. Así también deberá tener un estampador que garantice que el geotextil se adhiera a la carpeta existente con el riego de liga.

No se permitirá la colocación manual del rollo.

513.05

Carro imprimador debidamente calibrado.

Ejecución de los trabajos

513.06 Preparación

- Limpiar la superficie del pavimento existente, de tal manera que ésta quede libre de polvo, mugre, vegetación y humedad, antes de llevar a cabo la colocación del geotextil.
- Limpiar las grietas y fisuras mayores de 3 mm mediante el uso de aire comprimido y se deberán llenar con sellante para fisuras.
- Rellenar y recompactar los baches existentes.

513.07 Aplicación del riego de liga

- El riego de liga se deberá aplicar en la cantidad requerida para saturar el geotextil a una tasa de 0,9 a 1,5 l/m^2 definida previamente en el Proyecto. La tasa de aplicación del cemento asfáltico dependerá de la porosidad relativa del pavimento existente, la temperatura ambiente y al tipo de riego usado.
- El riego de liga se deberá aplicar mediante un camión distribuidor que garantice su aplicación de manera uniforme, cubriendo 15 cm más allá del ancho cubierto por el geotextil.
- Si se usan emulsiones asfálticas, la cantidad será fijada en el Proyecto. Asimismo, la Supervisión dará su aprobación para la colocación del geotextil una vez que haya logrado su rotura completa, bajo las condiciones ambientales existentes.

513.08 Instalación del geotextil

- Se instalará el geotextil en los tramos autorizados teniendo en cuenta lo recomendado en la norma AASHTO M288-05, apéndice A6.
- Se colocará el geotextil con la cara termofundida hacia arriba mientras que la liga se encuentra tibia y pegajosa, asegurando así una buena adherencia y absorción del asfalto.
- Se llevará a cabo la instalación del geotextil con un equipo fabricado para este propósito de acuerdo con lo indicado en la **Subsección 513.04**. Se deberá ejercer una ligera presión y colocarlo lo más alineado posible asegurando una instalación libre de arrugas.
- Retirar las pequeñas arrugas por un simple escobillado sobre el geotextil instalado. Las arrugas mayores a 13 mm podrán ser cortadas y traslapadas en la dirección a la pavimentación, aplicando un riego de liga adicional entre las capas.
- Los rollos adyacentes se deberán traslapar como mínimo 10 cm a lo largo de sus bordes longitudinales y 15 cm a lo largo de sus bordes transversales.

513.09 Protección

- El geotextil deberá estar seco en el momento de aplicar el cemento asfáltico.
- Si durante el lapso transcurrido entre su extensión y la aplicación del riego de liga se ha humedecido, se deberá dejar hasta que se seque.
- No se permitirá el tránsito de vehículos sobre el geotextil, excepto el estrictamente, necesario para la colocación de la carpeta asfáltica.
- No se permitirán giros fuertes ni frenados bruscos del equipo de construcción sobre el geotextil.

Requerimientos de construcción

513.10 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se efectuarán los siguientes controles:

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.

- Verificar que el terreno se prepare adecuadamente y que se cumplan las dimensiones de la rasante de diseño señaladas en el Proyecto o aprobadas por él, antes de autorizar la colocación del geotextil.
- Verificar que el material de relleno cumpla las especificaciones del diseño durante el período de ejecución de la obra.
- Supervisar la correcta aplicación del método constructivo indicado, en cuanto a la preparación del terreno, la colocación del geotextil y la colocación de la capa granular.
- Comprobar que los materiales a utilizar cumplan con los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Efectuar ensayos de control de calidad del geotextil y del material granular.
- Verificar que cada rollo de geotextil cuente con la marca informativa suministrada por el fabricante y el número del lote.
- Verificar que cada lote tenga el certificado de calidad expedido por el laboratorio del fabricante.
- Para el muestreo del control de calidad en obra de los geotextiles, se deberá seguir la norma ASTM D-4354, que establece escoger al azar un número de rollos, aplicando la sección titulada "Procedimiento de Muestreo para Ensayos de conformidad de Especificaciones del Comprador". De cada rollo se deberán descartar las primeras dos vueltas de geotextil para el muestreo. Posteriormente se deberá tomar una muestra de un metro lineal por el ancho correspondiente al rollo y se deberá empacar y enviar a un laboratorio especializado en medir las propiedades mecánicas e hidráulicas de los geotextiles. El laboratorio de pruebas de calidad no será el del fabricante y/o distribuidor de los geotextiles.
- Comprobar que durante el transporte y el almacenamiento, los geotextiles se cubran con empaques que los proteja de la acción de los rayos ultravioleta, de la humedad, polvo, pinturas y otros materiales que puedan afectar sus propiedades.
- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas a su satisfacción.

Aceptación de los trabajos

513.11 Criterios

Cada despacho de geotextil deberá venir acompañado de una certificación de laboratorio del fabricante que garantice que el producto satisface las exigencias de calidad indicadas en el proyecto y esta especificación.

No se aceptará información de catálogo.

513.12

De acuerdo con el muestreo indicado en la **Subsección 513.10** se harán los ensayos físicos y mecánicos, que verifiquen que el geotextil colocado cumple los requerimientos de la **Tabla 511-07**. No se permitirá ningún resultado por fuera de estos límites.

Medición

513.13

La unidad de medida del geotextil será el metro cuadrado (m^2) aproximado al décimo de la unidad, no teniendo en cuenta los traslapos utilizados.

Pago

513.14

Para el pago de este trabajo se tendrá en cuenta lo indicado en la **Subsección 511.13**.

El pago del riego de liga se hará de acuerdo con lo mencionado en la respectiva **Sección 417**.

Partida de pago	Unidad de pago
513.A Geotextil para pavimentación	Metro Cuadrado (m^2)

SECCION 514

CAPA FILTRANTE

SECCIÓN 514

Capa Filtrante

Descripción

514.01

Este trabajo consiste en la construcción de capa filtrante con grava o piedra triturada, en rellenos de estructuras de concreto y drenaje, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto.

Materiales

514.02

La grava o piedra triturada a emplearse, consistirá de partículas sólidas y durables, debiendo el 100% pasar por la malla de 75 mm y el 90% al 100% ser retenidos en malla Nº. 4 (4,7 mm), usando el método T-27 de la A.A.S.H.T.O (MTC E.204).

Requerimientos de construcción

514.03

Los extremos de entrada de la capa filtrante y de todo desagüe, serán cubiertos con piedras grandes, sobre las cuales se colocará el material más menudo de manera que provea libre acceso al agua de desagüe, pero evitando el arrastre del material de relleno. El revestimiento formará una cubierta continua sobre toda la superficie designada que se extiende desde el nivel del fondo de la capa filtrante y desagües, hasta el tope del muro a no ser que existan indicaciones diferentes en el Proyecto.

El revestimiento se colocará de manera que se evite su mezcla con el relleno. Tablones u otros materiales convenientes de reparación que puedan ser levantados a medida que el trabajo avance, serán colocados entre el

revestimiento y el relleno cuando se trabaje contra caras verticales o planos con mayor inclinación que el ángulo de reposo de los materiales. Siempre que no se especifique el espesor, la capa de revestimiento será de un espesor de 30 cm.

Medición

514.04

El volumen a pagarse será el número de metros cúbicos (m^3) de grava o piedra triturada, incluyendo arena cuando ésta fuera requerida, medidos en su posición final entre los límites marcados en el Proyecto y aprobados por el Supervisor.

Pago

514.05

El volumen determinado en la forma descrita anteriormente será pagado al precio unitario del contrato por metro cúbico para capa filtrante de piedra o grava y dicho precio y pago, que incluye el suministro y colocación del material, mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos.

Partida de pago	Unidad de pago
514.A Capa filtrante	Metro cúbico (m^3)

CAPITULO VI

OBRAS COMPLEMENTARIAS

SECCION 601

MAMPOSTERÍA

SECCIÓN 601

Mampostería

Descripción

601.01

Este trabajo consiste en la construcción de estructuras de diversos tipos, de piedra labrada, ladrillo u otros materiales, generalmente asentados con mortero de cemento, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto.

Comprende estructuras de mampostería de piedra y de las partes de mampostería de piedra en estructuras mixtas como muros, pilares de alcantarillas de cajón de piedra, alcantarillas de arco, alcantarillas múltiples de arco y otras.

Materiales

601.02 Clases de mampostería

El tipo de mampostería empleada en cada parte de una estructura será la indicada en el Proyecto.

- La mampostería de cascote consistirá en piedras toscamente labradas o con un mínimo labrado, de distintos tamaños y formas, colocadas con mortero de cemento Portland, tal como se especifica en esta sección.
- La mampostería de piedra de canto, consistirá en piedras conformadas, bien labradas, de tamaños similares (no iguales) y colocadas sobre mortero de cemento Portland, de acuerdo con los requisitos especificados en esta sección para la clase designada.

601.03 Piedra

La piedra será sólida, resistente y sin trazas de esquistosidad, sacada de cantera por métodos aprobados por el Supervisor. Puede utilizarse piedra empleada anteriormente, y que haya tenido un comportamiento satisfactorio para el propósito especificado.

a. Tamaños y formas

Cada piedra estará libre de depresiones y salientes que pudiesen debilitarla o evitar su adecuado asentamiento, debiendo cumplir los requisitos para la clase de mampostería especificada.

Cuando en el Proyecto no se indiquen dimensiones, las piedras se proporcionarán en los tamaños y superficies necesarios para producir las características generales y el aspecto indicado en los planos, con la aprobación del Supervisor.

En general, las piedras tendrán las siguientes dimensiones:

- Espesor mínimo de 13 cm.
- Longitud mínima de 1,5 veces su ancho respectivo.
- Cuando se necesiten cabeceras. Sus longitudes no deberán ser menores del ancho del asiento o de la base de la hilera contigua.
- Por lo menos el 50% del volumen total de la mampostería será de piedras.

b. Labrado

Antes de su colocación en la obra, la piedra será labrada para eliminar sus partes delgadas o débiles. Las piedras para revestir deberán labrarse para proporcionar líneas de base y de juntas con una variación máxima de las líneas nominales, como sigue:

- Mampostería de cascote de cemento: 4 cm
- Mampostería de piedra canteada: 2 cm

Las superficies de asiento de las piedras de fachada estarán aproximadamente normales a las caras de las piedras en una extensión de más o menos 5 cm y desde este punto podrán variar de este plano normal sin exceder una proporción de 5 cm en 30 cm.

En las dovelas la estratificación será paralela a las juntas radiales y en otras piedras será paralela a las juntas de asiento.

c. Acabado para caras descubiertas

Las proyecciones máximas y mínimas de las caras de las piedras, fuera de las líneas de escuadra no variarán entre sí por más de 5 cm. Esta restricción no se aplicará a caras de estribos y muros que estén en contacto con la corriente, ni a todos los lados de machones que queden por debajo de un nivel de 30 cm bajo la línea de aguas en estiaje, o por debajo de la línea final del terreno.

Cuando esta línea del terreno se encuentra encima de la superficie de agua, tampoco se aplicará a otras caras que no queden descubiertas en la obra terminada.

601.04 Trabajos en canteras

Los trabajos en las canteras y la entrega de la piedra en el punto en que se utilizará, estarán organizadas de manera que se aseguren las entregas con la debida anticipación a la ejecución de los trabajos de mampostería. En todo momento deberá mantenerse, en el lugar de la obra, una cantidad suficientemente grande de piedra, de las clases especificadas, con el fin de facilitar a los albañiles una adecuada selección del material.

601.05 Mortero

El cemento, agregado fino y el agua será de conformidad con los requisitos para estos materiales establecido en la **Sección 503** Concretos, exceptuando la granulometría del agregado fino que deberá pasar en su totalidad por un tamiz N°. 8, no menos del 15%, ni más del 40% deberá pasar por un tamiz N°. 50 y no más de 10% deberá pasar por un tamiz N°. 100.

El mortero para la mampostería estará compuesto de una parte de cemento y tres partes de agregado fino, por volumen y la suficiente cantidad de agua para preparar el mortero de tal consistencia que pueda ser manejado fácilmente y extendido con un badilejo. Se mezclará el mortero solamente en tales cantidades que se requieran para el uso inmediato. A no ser que se use una máquina mezcladora aprobada, se mezclará el agregado fino y el cemento en seco, en una caja impermeable hasta que la mezcla obtenga un color uniforme. Después se añadirá agua, continuando la mezcla hasta que el mortero adquiera la consistencia adecuada. El mortero que no sea usado

dentro de los 45 minutos después de haberse añadido agua, será descartado. No se permitirá retemplar el mortero.

Requerimientos de construcción

601.06 Selección y colocación

Cuando la mampostería se coloque sobre una base de fundación preparada, la base será firme y perpendicular o en gradas perpendiculares a la posición del revestimiento de la pared y deberá ser aprobada por el Supervisor antes de colocar alguna piedra. En el caso que la mampostería se coloque sobre un cimiento de mampostería, la superficie de asiento será limpiada por completo y mojada antes de que se extienda la capa de mortero.

Las piedras de revestimiento se colocarán en trabazón al azar, para producir el efecto que figura en el Proyecto y con la aprobación del Supervisor.

Se adoptarán medidas para evitar la acumulación de piedras pequeñas o de piedras de un mismo tamaño. Cuando se estén empleando piedras expuestas a la intemperie o de color o piedras de textura variable, deberán tomarse precauciones para distribuir uniformemente las diversas clases de piedras en todas las superficies expuestas de revestimiento de la obra.

Se utilizarán en las capas inferiores y en las esquinas piedras grandes y seleccionadas. En general, las piedras irán disminuyendo en tamaño desde la base hasta la parte alta de la obra.

Antes de ser colocadas, todas las piedras serán limpiadas y mojadas al igual que el lecho, antes de que se extienda el mortero. Las piedras serán colocadas con sus caras más largas en sentido horizontal, en lechos llenos de mortero, y las juntas serán enrasadas con el mismo.

Las caras expuestas de cada piedra se colocarán en sentido paralelo a las caras de las paredes en las que se coloquen las piedras.

Las piedras se manipularán de manera que no golpeen ni desplacen las piedras ya colocadas. No se permitirá rodar ni voltear las piedras encima de los muros. Cuando una piedra se afloje después que el mortero haya alcanzado su fraguado inicial, será retirada, se le limpiará el mortero y se volverá a colocar la piedra con mortero fresco.

La piedra de cuerpo de arco será cuidadosamente colocada en su posición exacta, sujetándola en el lugar por medio de cuñas de madera dura, hasta que las juntas queden rellenas con mortero.

601.07 Lechos y juntas

El espesor de los lechos y de las juntas para las piedras de revestimiento se ajustará a lo indicado en la **Tabla 601-01**.

Tabla 601-01

Espesores de lechos y juntas de mampostería

Tipo de mampostería	Lechos (mm)	Juntas (mm)
Mampostería de cascote de piedra toscamente labrada	13-64	13-64
Mampostería de piedra canteada	13-50	13-50

El espesor de los lechos en mampostería dimensionada puede variar desde la base hasta la parte alta del trabajo. Sin embargo, en cada capa los lechos tendrán un espesor uniforme en toda su extensión.

Los lechos no deberán extenderse en línea no interrumpida que pase más de 5 piedras, ni las juntas excederán más de dos piedras.

Las juntas pueden quedar en ángulos, con la vertical, desde 0 hasta 45 grados.

Cada piedra de revestimiento se ligará con todas las demás piedras contiguas, al menos 15 cm longitudinalmente y 5 cm verticalmente. En ningún lugar se encontrarán esquinas de 4 piedras adyacentes entre sí. Los lechos transversales para muros de caras verticales estarán a nivel y para muros con talud podrán variar entre la posición horizontal y la perpendicular a la línea de talud de la cara del muro.

601.08 Cabeceras

Cuando sean necesarias las cabeceras, deberán estar distribuidas uniformemente a lo largo de los muros de las estructuras, de manera que formen por lo menos una quinta parte de los frentes.

601.09 Mampostería encima del cuerpo de arco

Esta mampostería consistirá principalmente en la construcción con piedras grandes y bien terminadas. Cada una de las piedras que componen la mampostería bruta y su núcleo, deberá quedar bien ligada con las piedras de revestimiento del muro y entre sí. Todas las aberturas e intersticios de esta mampostería serán completamente rellenados con mortero o con cuñas de piedra completamente rodeadas de mortero.

601.10 Hilada de coronamiento

Las hiladas de coronamiento deberán cumplir las indicaciones del Proyecto. Cuando no sean exigidas, el final del muro deberá ser terminado con piedras suficientemente anchas para cubrir la parte superior del muro, desde 50 cm hasta 1,5 m de largo y de diversas alturas, siendo la altura mínima de 15 cm. Las piedras serán colocadas de tal manera que la capa superior forme parte integral del muro. Las capas superiores de piedra mantendrán la línea de escuadra en ambos planos, el vertical y el horizontal.

601.11 Acabado de juntas

El relleno o acabado de todas las juntas se hará de acuerdo a las especificaciones del Proyecto.

Cuando se requieran juntas raspadas, toda la mezcla en las juntas de caras expuestas y de bases de apoyo será raspada a escuadra hasta la profundidad que se señale en el Proyecto. Las caras de la piedra en las juntas también deberán ser limpiadas para dejarlas exentas de mortero.

Cuando se requieran juntas biseladas para escurrimiento del agua de lluvia, las camas deberán ser biseladas hacia adentro y hacia abajo. Las juntas serán raspadas ligeramente para igualar las juntas biseladas de las camas y, en ningún caso, deberá quedar el mortero parejo con las caras de las piedras.

En las juntas de superficies superiores, el mortero quedará formando un ligero levantamiento en el centro de la mampostería para proveer el drenaje del agua.

601.12 Orificios de drenaje

Los muros y estribos estarán provistos de orificios de drenaje a no ser que en el Proyecto indiquen otra forma. Los orificios de drenaje se dispondrán en los

puntos más bajos, donde puedan obtenerse escurrimientos libres y estarán separados una distancia no mayor de 3 m.

601.13 Limpieza de los frentes expuestos

Después de colocada y mientras el mortero esté fresco, toda piedra de revestimiento deberá ser limpiada completamente de manchas de mortero y conservarse limpia hasta la terminación de la obra. Antes de la aceptación final, la superficie de la mampostería se limpiará con cepillos de alambre y con ácido diluido, si fuese necesario.

601.14 Limitaciones meteorológicas

Todo trabajo que haya sido afectado por las lluvias será retirado y repuesto por cuenta del Contratista. En tiempo caluroso o seco, la mampostería será protegida del sol y se mantendrá húmeda al menos 3 días después de terminada la obra.

Medición

601.15

El volumen por el cual se pagará será el número de metros cúbicos (m^3) de mampostería de piedra completa en su lugar y aprobada por el Supervisor.

No se incluirán proyecciones que sobresalgan más allá de las caras de los muros. Al calcular el volumen para el pago, las dimensiones usadas serán aquellas que se muestren en los planos del Proyecto.

No se harán deducciones por orificios de drenaje, tubos de drenaje u otras aberturas que tengan un área menor de 0,18 m^2.

Pago

601.16

El volumen determinado será pagado al precio unitario del contrato, por metro cúbico para Mampostería de cascote o Mampostería de piedra canteada, y dicho precio y pago compensará completamente por el suministro y colocación de todo material, por el mortero, por mampostería y por toda mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos. Exceptuando la

excavación y el relleno de estructuras necesarios, que serán pagadas a través de la **Sección 501 y Sección 502**.

Partida de pago	Unidad de pago
601.A Mampostería	Metro cúbico (m³)

SECCION 602

GAVIONES

SECCIÓN 602

Gaviones

Descripción

602.01

Este trabajo consiste en la construcción de estructuras de sostenimiento o contención, mediante enmallado metálico tipo canasta y relleno con materiales pétreos, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto.

Materiales

602.02 Canastas metálicas

Las canastas metálicas estarán formadas de malla de alambre de acero galvanizado de triple torsión (entrecruzado de dos hilos mediante tres medios giros), con huecos hexagonales de abertura no mayor de 12 cm. El alambre se ajustará a la norma ASTM A-116 o a la ASTM A-856, según se especifique en el Proyecto.

Se utilizará alambre galvanizado de diámetro superior a 2.4 mm, excepto en las aristas y los bordes del gavión, que estarán formados por alambres galvanizados cuyo diámetro será, como mínimo, un 25% mayor que el de la malla.

La forma, el tipo de alambre, su recubrimiento, revestido para neutralizar en el tiempo la acción agresiva y corrosiva extremas de sustancias químicas, dimensiones, detalles, tales como diafragmas y/o ataduras intermedias o tensores de las canastas, serán los señalados en el Proyecto y en las especificaciones especiales del mismo. Las canastas contiguas serán enlazadas fijando las aristas verticales con ataduras de alambre espaciadas aproximadamente a 15 cm, o mediante una espiral continua de alambre con un paso de 10 cm.

Los materiales despachados a obra serán acompañados por un Certificado de Calidad original del fabricante.

602.03 Material de relleno

Consistirá preferiblemente de canto rodado o, en su defecto, de material de cantera. Deberá tenerse especial cuidado de no utilizar materiales que se desintegren por la exposición al agua o a la intemperie, que contengan óxido de hierro, con excesiva alcalinidad, cuya composición pueda afectar el alambre de la canasta.

El peso unitario del material de relleno será, al menos, de 1.250 kg/m^3. Además deberá cumplir con los siguientes requisitos:

a. Granulometría

El tamaño mínimo de las piedras del material de relleno será, por lo menos, 3 cm mayor que las aberturas de la malla de la canasta.

b. Resistencia a la abrasión

El desgaste del material al ser sometido a ensayo en la máquina de Los Ángeles, según la norma AASHTO T-96, deberá ser inferior al 50%.

c. Absorción

Su capacidad de absorción de agua será inferior al 2% por peso. Para su determinación se fragmentará una muestra representativa de las piedras y se ensayará de acuerdo con la norma AASHTO T-85.

Equipo

602.04

El Contratista deberá suministrar los equipos que garanticen que la construcción de los muros de contención con gaviones se ajuste a la calidad exigida en la presente especificación, y que permita el correcto cumplimiento del programa de ejecución de los trabajos.

En especial, dispondrá de encofrados adecuados, equipos para la elaboración, transporte, carga, colocación, humedecimiento y compactación de los materiales, así como de herramientas menores.

Requerimientos de construcción

602.05 Conformación de la superficie de fundación

Antes de proceder a la ejecución de obras con gaviones el Contratista deberá obtener la aprobación del Supervisor del tipo de red a utilizar, de las dimensiones y de la disposición de los gaviones. Los trabajos no deben afectar la forma o la funcionalidad de la estructura.

Cuando los gaviones requieran una base firme y lisa para apoyarse, ésta podrá consistir en una simple adecuación del terreno o una cimentación diseñada y construida de acuerdo con los detalles del Proyecto.

602.06 Colocación de las canastas

Cada canasta deberá ser armada en el sitio de la obra, según el detalle del Proyecto. Su forma prismática se establecerá con ayuda de palancas, formaletas u otro medio aprobado por el Supervisor.

602.07 Relleno

El material de relleno se colocará dentro de la canasta manualmente, de manera que las partículas de menor tamaño queden hacia el centro y las más grandes junto a la malla, procurando evitar bordes cortantes de las piedras junto a la malla. Se procurará que el material quede con la menor cantidad posible de vacíos. Si durante el llenado las canastas pierden su forma, se retirará el material colocado, se repararán y reforzarán las canastas y se volverá a colocar el material de relleno.

602.08 Costura y anclaje

Cuando la canasta esté llena, deberá ser cosida y anclada a las canastas adyacentes, con alambre igual al utilizado en la elaboración de éstas.

Aceptación de los trabajos

602.09 Criterios

El Supervisor aprobará los trabajos si la malla y el material de relleno satisfacen las exigencias del Proyecto y de esta especificación, y si la estructura construida se ajusta a los alineamientos, pendientes y secciones indicados en los planos del Proyecto.

En caso de deficiencias de los materiales o de la ejecución del trabajo, el Contratista realizará por su cuenta, las correcciones necesarias de acuerdo con las instrucciones del Supervisor.

Medición

602.10

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3) de gaviones fabricados y colocados en el sitio y aprobado por el Supervisor.

La cantidad de metros cúbicos se determinará sumando los volúmenes de las canastas correctamente colocadas de acuerdo con el Proyecto.

Pago

602.11

El pago se efectuará al precio unitario del contrato, por el trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aprobada por el Supervisor.

Las cantidades aprobadas, determinadas de acuerdo con la **Subsección 602.10**, se pagarán al precio del contrato por unidad de medida, para el renglón de pago establecido en el contrato. El precio unitario incluirá los costos por concepto de suministro de materiales e instalación de abrazaderas, alambre, separadores, rigidizadores y cualquier otro elemento utilizado para sostener y mantener el gavión en su sitio.

El pago será la compensación total por todos los costos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos de acuerdo con el Proyecto, especificaciones de ésta sección y a las instrucciones del Supervisor.

Si en el expediente técnico se establece que la preparación de la superficie de fundación de los gaviones deberá incluirse dentro del precio unitario de los gaviones, no se reconocerá ningún pago por la excavación. En caso contrario, se pagará de acuerdo con la **Sección 501.**

Partida de pago	Unidad de pago
602.A Gaviones	Metro cúbico (m^3)

SECCION 603

DEFENSAS RIBEREÑAS

SECCIÓN 603

Defensas ribereñas

Descripción

603.01

Este trabajo consiste en la construcción de estructuras en taludes, plataformas, puentes y otros elementos de la carretera, para evitar los efectos de erosión de las aguas, por lo general utilizando rocas, gaviones y otros materiales, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto.

Materiales

603.02

Cuando las defensas ribereñas se ejecuten con roca, el material se obtendrá de las canteras indicadas en el Proyecto y aprobadas por el Supervisor. Dicho material será roca sólida y no deleznable, resistente a la abrasión de grado A, según se determina por el ensayo de Los Ángeles (menos de 35% de pérdidas en peso después de 500 revoluciones).

Cuando se trate de Gaviones se ejecutará acorde a lo especificado en la **Sección 602.**

De utilizarse otros materiales se elaborará las especificaciones especiales correspondientes.

603.03

Gradación y dimensiones de la roca: Los fragmentos, deberán estar bien graduados (abierta) dentro de los límites permitidos según los diseños, cuyos dimensiones nominales pueden variar, entre 0.50 m y 1.50 m; los intersticios o vacíos entre las rocas de tamaño mayor, serán rellenados por fragmentos de roca de tamaño menor.

603.04

Selección de canteras de roca: Las fuentes de los materiales serán las indicadas en el Proyecto de acuerdo a las especificaciones del material a utilizarse.

El Supervisor realizará inspecciones de las canteras. La aprobación de fragmentos de roca de una cantera que efectué el Supervisor no exime al Contratista de su responsabilidad respecto a la gradación y calidad especificada.

Todos los fragmentos de roca que no cumplan con los requerimientos especificados, deben ser rechazados.

603.05

Explotación de la roca: El Contratista deberá limpiar, explotar y operar las canteras, eliminar el material de desperdicio y realizar todas las operaciones requeridas para producir materiales para el enrocado, que cumplan con lo especificado.

Los materiales de desecho podrán ser acondicionados en áreas agotadas o en áreas adyacentes a las canteras, si así lo aprueba el Supervisor, en caso contrario serán colocados en los DME, de acuerdo a lo especificado en la **Sección 209**.

Equipo

603.06

El Contratista proporcionará el equipo que garantice el suministro de la roca especificada y de cualquier otro material de manera integral, así como para la colocación, acomodo y acabados de la construcción de la defensa ribereña. Dicho equipo podrá estar constituido por tractores de oruga, cargadores frontales, retro excavadoras, grúas y otros que sean necesarios para el correcto cumplimiento de la ejecución de los trabajos.

Requerimientos de construcción

603.07 Conformación de la superficie de fundación

El área de fundación de la defensa ribereña, será construida acorde al diseño especificado en el Proyecto o que apruebe el Supervisor. Previa a la iniciación de los trabajos, el Contratista solicitará al Supervisor la aprobación de las secciones del terreno y la planificación del trabajo a realizar.

603.08 Colocación de las rocas

La construcción de las defensas ribereñas mediante enrocado se realizará de acuerdo al diseño aprobado, que deberá considerar una "uña" insertada en el terreno a modo de anclaje, para evitar la socavación al pie del paramento rocoso.

La colocación y acomodo de la roca se efectuará mediante el uso de grúas, plumas u otro medio que permita el adecuado izaje, entrabe y otros labores necesarias. La colocación y acomodo de la roca se hará en forma progresiva, logrando que los intersticios entre la roca de mayor tamaño puedan ser rellenados por los fragmentos de roca de tamaño menor.

Se evitará la fracturación de las rocas al momento de la colocación.

Los fragmentos de roca colocados no tendrán una compactación especial y serán acomodados de manera que queden regularmente distribuidos, con el menor porcentaje de vacíos posible a fin de lograr una buena trabazón, para favorecer la estabilidad y evitar la erosión lateral.

Los huecos deberán ser evitados en lo posible o rellenados por rocas y piedras de menores dimensiones para acuñar sólidamente las rocas mayores lográndose así un cuerpo estable y compacto.

Aceptación de los trabajos

603.09 Criterios

El Supervisor aprobará los trabajos sí se satisfacen las exigencias del Proyecto y de esta especificación, y si la defensa ribereña construida se ajusta a los alineamientos, pendientes y secciones indicados en el Proyecto.

En caso de deficiencias de los materiales o de la ejecución del trabajo, el Contratista deberá realizar por su cuenta, las correcciones necesarias hasta cumplir lo especificado.

Medición

603.10

La unidad de medida será el metro lineal (m) de defensa ribereña ejecutada integralmente de acuerdo al Proyecto y aprobada por el Supervisor.

Pago

603.11

El pago se efectuará al precio unitario del contrato por metro lineal de defensa ribereña concluida de manera integral, de acuerdo con el Proyecto y aprobada por el Supervisor.

Dicho precio unitario no incluye la excavación para la fundación de las defensas ribereñas, ni el transporte de la roca, las cuales serán pagadas de acuerdo a las **Secciones 501** y **700** respectivamente.

Partida de pago	Unidad de pago
603.A Defensas ribereñas	Metro lineal (m)

SECCION 604

DEMOLICIONES

SECCIÓN 604

Demoliciones

Descripción

604.01 Generalidades

Este trabajo consiste en demoler y remover total o parcialmente estructuras o edificaciones existentes de acuerdo a las necesidades de la obra, según indiquen los documentos del Proyecto, o sean aprobadas por el Supervisor.

Incluye según corresponda, el uso de explosivos, medidas de seguridad y autorizaciones; retiro, cambio, restauración o protección de los servicios públicos y privados que se vean afectados por las obras del Proyecto; desmontaje, traslado y disposición final de estructuras metálicas, madera, cercas, especies vegetales y otros; incluyendo el suministro y conformación del material de relleno para zanjas, fosas y hoyos resultantes de los trabajos.

604.02 Clasificación

La demolición total o parcial y la remoción de estructuras y obstáculos, se clasificarán entre otros, de acuerdo con los siguientes criterios:

a. Demolición de edificaciones.

b. Demolición estructuras de concreto y otros.

c. Demolición de pavimentos, sardineles y veredas de concreto.

d. Desmontaje y traslado de estructuras metálicas, madera u otros.

e. Demolición, desmontaje y/o remoción de cercas, especies vegetales y otros obstáculos.

f. Retiro, cambio, restauración o protección de los servicios existentes.

Materiales

604.03

Los materiales provenientes de la demolición que, a juicio del Supervisor sean aptos para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas del Proyecto, se deberán utilizar para este fin.

Cuando las circunstancias lo ameriten, el Supervisor podrá autorizar el uso de explosivos, asumiendo el Contratista la responsabilidad de cualquier daño causado por un manejo incorrecto de ellos.

El material que suministre el Contratista para el relleno de las zanjas, fosas y hoyos resultantes de los trabajos, deberá tener la aprobación previa del Supervisor.

Equipo

604.04

Los equipos que emplee el Contratista en esta actividad deberán tener la aprobación previa del Supervisor y ser suficientes para garantizar el cumplimiento de esta especificación y del programa de trabajo.

Para remover estructuras, especies vegetales, obstáculos, cercas e instalaciones de servicios públicos, se deberán utilizar equipos que no les produzcan daño, de acuerdo con procedimientos aprobados por el Supervisor.

En el empleo de equipos se considerará lo especificado en la **Subsección 06.01.**

Los equipos deberán de cumplir con las especificaciones de normas ambientales y con la aprobación del Supervisor.

Requerimientos de construcción

604.05 Generalidades

El Contratista no podrá iniciar la demolición de estructuras sin previa autorización escrita del Supervisor, en la cual se definirá el alcance del trabajo

por ejecutar y se incluirá la aprobación de los métodos propuestos para hacerlo. Tal autorización no exime al Contratista de su responsabilidad por las operaciones aquí señaladas, ni del cumplimiento de estas especificaciones y de las condiciones pertinentes establecidas en los documentos del contrato.

El Contratista será responsable de todo daño causado, directa o indirectamente, a las personas, al medio ambiente, así como a redes de servicios públicos, o propiedades cuya destrucción o menoscabo no estén previstos en los planos, ni sean necesarios para la ejecución de los trabajos contratados.

El Contratista, de acuerdo con lo dispuesto en la **Sección 103**, deberá colocar señales y luces que indiquen, durante el día y la noche, los lugares donde se realicen trabajos de demolición o remoción y será responsable de mantener la vía transitable, cuando ello se requiera.

Los trabajos deberán efectuarse en tal forma, que produzcan la menor molestia posible a los habitantes de las zonas próximas a la obra y a los usuarios de la vía materia del contrato, cuando ésta permanezca abierta al tránsito durante la construcción.

Si los trabajos aquí descritos afectan el tránsito normal en la vía materia del contrato y en sus intersecciones, el Contratista será el responsable de mantenerlo adecuadamente, de acuerdo con la **Sección 103** y lo que disponga la entidad contratante.

Si los trabajos implican la interrupción de los servicios públicos (energía, teléfono, acueducto, alcantarillado), conductos de combustible, ferrocarriles u otros modos de transporte, el Contratista deberá obtener las autorizaciones correspondientes de las entidades encargadas de la administración y mantenimiento de tales servicios, y coordinar para que de haber interrupciones inevitables, ocupen el mínimo de tiempo indispensable para la realización de los trabajos.

Cuando se utilicen explosivos, se deberá considerar las disposiciones de la **Subsección 05.05.**

604.06 Demolición de edificaciones

Se refiere al derribo parcial o total de las casas o edificios, incluyendo cimientos y otros que sea necesario eliminar para el desarrollo de los trabajos del Proyecto, de acuerdo con lo que indiquen los planos o las especificaciones particulares e instrucciones del Supervisor.

Antes de iniciar las demoliciones, se deben realizar las expropiaciones respectivas. Además, se deberá contar con los permisos municipales y autorizaciones de las entidades que prestan los servicios públicos correspondientes.

Es necesario cercar los lugares de demolición para proteger la vida de las personas y no se retrasen las obras, principalmente si se utilizan explosivos (en lo posible debe evitarse su uso). Por otro lado, de ser el caso, se deberá contar con un camión cisterna, para humedecer adecuadamente el material, minimizando las emisiones de polvo que afecten a los trabajadores y poblaciones aledañas.

El Contratista deberá proteger las edificaciones, estructuras e instalaciones vecinas a las que se han de demoler y construirá las defensas necesarias para su estabilidad y protección; tomará las medidas indispensables para la seguridad de personas y especies animales y vegetales que puedan ser afectadas por los trabajos.

Los cimientos de las edificaciones que se vayan a demoler, se deberán romper y remover, hasta una profundidad mínima de 30 cm por debajo de los niveles en que hayan de operar los equipos de compactación en los trabajos de explanación o construcción de bases y estructuras del Proyecto. En los sótanos, deberá retirarse todo escombro o material objetable, eliminando también los tabiques interiores u otros elementos de la edificación, de acuerdo con las indicaciones del Supervisor.

Si la edificación tiene conexiones de alcantarillado o pozos sépticos u obras similares, dichas conexiones deberán ser removidas y las zanjas resultantes se rellenarán con material adecuado, previamente aprobado por el Supervisor.

Las cavidades o depresiones resultantes de los trabajos de demolición deberán rellenarse hasta el nivel del terreno circundante y si éstas se encuentran dentro de los límites de un terraplén o debajo de la subrasante, el relleno deberá compactarse de acuerdo con los requisitos aplicables de la **Sección 205**.

604.07 Demolición de estructuras de concreto y otros

Cuando las estructuras de concreto, mampostería y otros se encuentren en servicio para el tránsito público, el Contratista no podrá proceder a su demolición hasta cuando se hayan efectuado los trabajos necesarios para no interrumpir el tránsito.

El contratista deberá coordinar con las instituciones respectivas para establecer los desvíos correspondientes. Las zonas de obra deberán estar cercadas, para evitar accidentes a los usuarios y personal de obra.

A menos que los documentos del Proyecto establezcan otra cosa o que el Supervisor lo autorice de manera diferente, las infraestructuras existentes deberán ser demolidas hasta el fondo natural o lecho del río o quebrada, y las partes que se encuentren fuera de la corriente se deberán demoler hasta por lo menos 30 cm más abajo de la superficie natural del terreno. Cuando las partes de la estructura existente se encuentren dentro de los límites de construcción de la nueva estructura, dichas partes deberán demolerse hasta donde sea necesario, para permitir la construcción de la estructura proyectada.

Los cimientos y otras estructuras subterráneas deberán demolerse hasta las siguientes profundidades mínimas: en áreas de excavación, 60 cm por debajo del nivel de subrasante proyectada; en áreas que vayan a cubrirse con terraplenes de 1 m o menos, 1 m por debajo de la subrasante proyectada; y en áreas que vayan a cubrirse con terraplenes de más de 1 m de altura, no es necesario demoler la estructura más abajo del nivel del terreno natural, salvo que los documentos del Proyecto presenten una indicación diferente.

Cuando se deba demoler parcialmente una estructura que forme parte del Proyecto, los trabajos se efectuarán de tal modo que sea mínimo el daño a la parte de la obra que se vaya a utilizar posteriormente. Los bordes de la parte utilizable de la estructura deberán quedar libres de fragmentos sueltos y listos para empalmar con las ampliaciones proyectadas.

Las demoliciones de estructuras deberán efectuarse con anterioridad al comienzo de la nueva obra, salvo que los documentos del Proyecto lo establezcan de otra manera.

604.08 Demolición de pavimentos, sardineles y veredas de concreto

Los pavimentos, sardineles y veredas de concreto, bases de concreto y otros elementos cuya demolición esté prevista en los documentos del Proyecto, deberán ser quebrados en pedazos de tamaño adecuado, para que puedan ser utilizados en la construcción de rellenos o disponer de ellos como sea autorizado por el Supervisor.

Cuando se usen en la construcción de rellenos, el tamaño máximo de cualquier fragmento no deberá exceder de dos tercios del espesor de la capa en la cual se vaya a colocar. En ningún caso, el volumen de los fragmentos

deberá exceder el 30 %, debiendo ser apilados en los lugares indicados en los planos del Proyecto o las especificaciones particulares, a menos que el Supervisor autorice otro lugar.

604.09 Desmontaje y traslado de estructuras metálicas, madera u otros

Comprende la marca, identificación y clasificación de todos los elementos de las estructuras metálicas, madera y otros, en concordancia con los planos previamente elaborados por el Contratista, para facilitar su utilización posterior, y su desmontaje y traslado o transporte al sitio de almacenamiento, nuevo montaje o lugar de disposición final, de acuerdo con lo indicado por los documentos del Proyecto, o según las disposiciones del Supervisor.

El retiro de toda alcantarilla, se hará cuidadosamente y tomando las precauciones necesarias para evitar que se maltrate o rompa. La alcantarilla que vaya a ser colocada nuevamente, debe ser trasladada y almacenada cuando sea necesario, para evitar pérdidas o daños, antes de ser instalada de nuevo. El Contratista deberá reponer, bajo su cuenta, costo y riesgo, todo tramo de alcantarilla que se extravíe o dañe.

604.10 Demolición, desmontaje y/o remoción de cercas, especies vegetales y otros obstáculos

El Contratista deberá remover, trasladar y reinstalar las cercas de alambre, madera, piedra, adobe u otros en los nuevos emplazamientos, cuando ello esté considerado en los documentos del Proyecto o lo señale el Supervisor. El traslado deberá realizarse evitando maltratos innecesarios a las partes que sean manipuladas o transportadas. Si la reinstalación no está prevista, los elementos removidos se ubicarán, almacenarán o transportarán como materiales excedentes en las condiciones establecidas en los documentos del proyecto o disposiciones del Supervisor.

En lo que se refiere al traslado de especies vegetales, comprende la marca, identificación y clasificación de las especies por trasladar, según selección aprobada por el Supervisor; además el Contratista deberá efectuar la remoción, traslado, preparación de la nueva localización y colocación de los especímenes, conforme a lo indicado en los documentos del Proyecto o las instrucciones del Supervisor. Su manejo deberá ser realizado de tal forma que los árboles o arbustos no sufran daños.

Según se muestre en los planos, en las especificaciones particulares o acorde a las instrucciones del Supervisor, el Contratista deberá eliminar, retirar o reubicar obstáculos tales como postes de kilometraje, señales, monumentos y cualquier otro obstáculo. Cuando ellos no deban removerse, el Contratista deberá tener especial cuidado, a efecto de protegerlos contra cualquier daño y proporcionar e instalar las defensas apropiadas que se indiquen en los documentos citados o sean autorizadas por el Supervisor.

604.11 Retiro, cambio, restauración o protección de los servicios existentes

El Contratista deberá retirar, cambiar, restaurar o proteger contra cualquier daño, los servicios públicos o privados existentes, según se contemple en. los planos del Proyecto, las especificaciones especiales o las instrucciones del Supervisor.

Ningún retiro, cambio, restauración o protección deberá efectuarse sin la autorización escrita de la entidad que administra el servicio o el propietario, y deberán seguirse las indicaciones de éstos con especial cuidado y tomando las precauciones necesarias para que el servicio no se interrumpa, o si ello, es inevitable, reduciendo la interrupción al mínimo de tiempo necesario para realizar el trabajo, a efecto de causar las menores molestias a los usuarios.

Cuando el trabajo consista en protección, el Contratista deberá proporcionar e instalar las defensas apropiadas que se indiquen en los planos o las especificaciones particulares o que sean autorizadas por el Supervisor.

604.12 Disposición de los materiales

Acorde a los documentos del proyecto, especificaciones técnicas o las instrucciones del Supervisor, los materiales de las edificaciones o estructuras demolidas, que sean aptos y necesarios para rellenar y emparejar la zona de demolición u otras zonas laterales del Proyecto, se deberán utilizar para ese fin. Todos los demás materiales excedentes, deberán ser transportados y colocados en los depósitos de materiales excedentes (DME).

Para el traslado de estos materiales se debe humedecer adecuadamente los materiales y cubrirlos con una lona para evitar emisiones de material particulado por efecto de los factores atmosféricos, y evitar afectar a los trabajadores y poblaciones aledañas de males alérgicos, respiratorios y oculares.

Los elementos según sea el caso, serán almacenados, montados en otro lugar o trasladados al lugar o lugares de disposición final, según lo establezcan los planos, las especificaciones particulares o las instrucciones del Supervisor.

Todas las labores de disposición de materiales se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del Proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

Los materiales provenientes de la demolición y remoción podrán ser utilizados para rellenar o emparejar otras zonas del Proyecto previa autorización del Supervisor, tomando en consideración las normas y disposiciones legales vigentes.

Aceptación de los trabajos

604.13

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar que el Contratista disponga de todos los permisos requeridos.
- Comprobar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista.
- Identificar todos los elementos que deban ser demolidos o removidos y/o trasladados.
- Señalar los elementos que deban permanecer en el sitio y ordenar las medidas para evitar que sean dañados.
- Verificar la eficiencia y seguridad de los procedimientos adoptados por el Contratista.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Medir los volúmenes de trabajo ejecutado por el Contratista de acuerdo con la presente especificación.

El Supervisor considerará terminados los trabajos de demolición, según lo indicado en la presente especificación técnica cuando hayan sido terminados satisfactoriamente los trabajos correspondientes, de manera que permita continuar con las otras actividades programadas, y los materiales sobrantes

hayan sido adecuadamente dispuestos de acuerdo con lo que establece la presente especificación.

La evaluación de los trabajos de "Demolición" se efectuarán según lo indicado en la **Subsección 04.11.**

Medición

604.14

La medida para la demolición, ejecutada de acuerdo con los planos, la presente especificación, y las instrucciones del Supervisor, se hará de acuerdo con las siguientes modalidades:

- Global (Glb), en cuyo caso no se harán mediciones.
- Por unidad (und.), cuando se trate de demolición, desmontaje y/o remoción de especies vegetales y otros obstáculos.
- Por metro cúbico (m^3), aproximado al entero, en el caso de demolición de edificaciones, demolición de estructuras de concreto, mampostería y otros, demolición de pavimentos, sardineles y veredas de concreto y otros.
- Por metro lineal (m),
- Demolición, desmontaje y/o remoción de cercas, en este caso, la medida se efectuará una vez reinstalado debidamente el elemento.
- Por tonelada (ton.), Desmontaje y traslado de estructuras metálicas, madera u otros.

Pago

604.15

El pago se hará a los precios unitarios respectivos, estipulados en el contrato según la unidad de medida, por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación, aceptado por el Supervisor y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

El precio unitario deberá cubrir además todos los costos por las operaciones necesarias para efectuar las demoliciones y para hacer los desmontajes,

planos, separación de materiales aprovechables, carga, descarga y almacenamiento; remoción, traslado y siembra de especies vegetales; traslado y reinstalación de obstáculos y cercas de alambre; traslado, cambio o restauración de elementos de servicios existentes.

El Contratista deberá considerar, en relación con los explosivos, todos los costos que implican su adquisición, transporte, escoltas, almacenamiento, vigilancia, manejo y control, hasta el sitio de utilización.

El pago por la remoción de especies vegetales será cubierto por esta especificación y no por la **Sección 201.**

El precio unitario deberá incluir, además, los costos por concepto de excavación para la demolición y remoción y por el suministro, conformación y compactación del material para relleno de las cavidades resultantes y en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados, según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**. El transporte de materiales excedentes se pagará de acuerdo a lo establecido en la **Sección 700**, con excepción del transporte de las estructuras metálicas, madera y otras, que será incluido en su respectivo precio unitario.

Partida de pago		Unidad de pago
604.A	Demolición de edificaciones	Metro cúbico (m^3)
604.B	Demolición de estructuras de concreto, mampostería y otros	Metro cúbico (m^3)
604.C	Desmontaje y traslado de estructuras metálicas, madera u otros	Tonelada (ton.)
604.D	Demolición, desmontaje y/o remoción de cercas	Metro lineal (m)
604.E	Demolición, desmontaje y/o remoción de especies vegetales y otros obstáculos	Unidad (und.)
604.F	Demolición de pavimentos, sardineles y veredas de concreto	Metro cúbico (m^3)
604.G	Remoción de servicios existentes	Global (Glb)

SECCION 605

DELIMITACIÓN Y SEÑALIZACIÓN DEL DERECHO DE VÍA

SECCIÓN 605

Delimitación y Señalización del Derecho de Vía

Descripción

605.01

Este trabajo consiste en la colocación en posición vertical de cercos vivos (plantación de árboles o arbustos), muros, pircas, hileras de rocas u otros elementos que sean visibles; que no constituyan instalaciones o barreras infranqueables que limiten la libre circulación a las áreas adyacentes o afecten la visibilidad, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto, en el marco de la Directiva para la demarcación y señalización del derecho de vía de las carreteras del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC vigente (Directiva).

Materiales

El material que suministre el Contratista será de acuerdo a lo especificado en los documentos del Proyecto.

605.02 Concreto

Los muros o muretes se elaborarán con concreto simple o reforzado de acuerdo a lo señalado en la **Sección 503.**

605.03 Tierra

Los muros o muretes se elaborarán con tierra compactada en la forma de tapial o adobes asentados con barro.

605.04 Cercos vivos

La delimitación se hará mediante una secuencia de arboles de tallo alto, arbustos, plantones colocados en línea continua.

605.05 Piedra

La delimitación se hará mediante muros secos o de mampostería de piedra, de tamaño mediano y sección uniforme.

605.06 Otros

La delimitación se podrá realizar mediante cercos o postes de madera o elementos que se obtengan dentro del área a delimitar.

605.07 Señalización

Consistirá en la colocación de señales informativas y muretes que indiquen su límite, de acuerdo con los gráficos contenidos en la Directiva.

Se colocará, principalmente, al inicio y término de la vía, puntos notables, lugares poblados o cercanos a zonas urbanas.

605.08 Dimensiones de la señalización.

Será de acuerdo a lo indicado en la Directiva.

605.09 Pintura

Se usará fondo blanco con letras negras, aprobados por el Supervisor.

Equipo

605.10

Se deberá disponer de todos los equipos y herramientas necesarias para la correcta y oportuna ejecución de los trabajos especificados.

Requerimientos de construcción

605.11 Ubicación de los muros, muretes, árboles, arbustos u otros

Será según lo que indique los documentos del Proyecto. En el caso de los árboles o postes se colocarán a una distancia de 3 m entre ellos, cualquier variación será aprobada por el Supervisor.

605.12 Excavación

Será para la cimentación de los muros, colocación de las plantas e instalación de postes, según indique los documentos del Proyecto.

605.13 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la colocación elementos que dificulten la visibilidad o afecten la seguridad vial. Las plantas a ser colocadas deberán ser las adecuadas para el clima y características fisiográficas de la zona.

Aceptación de los trabajos

605.14 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo y herramientas empleado por el Contratista.
- Comprobar que los materiales satisfagan las exigencias establecidas en los documentos del Proyecto.
- Verificar que los muros y los otros elementos de demarcación, tengan las dimensiones correctas y que su instalación, esté conforme con los documentos del Proyecto y las exigencias de esta especificación.

b. Calidad de los materiales

El Supervisor verificará que la calidad de los materiales sea lo especificado en los documentos del Proyecto.

Medición

605.15

Se efectuará por metro lineal (m.) por demarcación construida o instalada de acuerdo con los documentos del Proyecto, la presente especificación y aprobada por el Supervisor, de acuerdo al siguiente detalle:

a) Para el caso de muros o muretes: Se medirá la longitud total del muro construido.

b) Para el caso de arboles, plantones o arbustos o postes: Se medirá la longitud de inicio a fin.

Pago

605.16

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por todo muros, muretes, árboles, arbustos u otros elementos.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de mano de obra, herramientas, equipos, materiales, excavación, concreto, pintura, manejo, almacenamiento, carga y transporte hasta el sitio de instalación; carga, transporte y disposición en los sitios que defina el Supervisor de los materiales excavados; la instalación del árbol o plantones o poste o arbustos y, en general, todo costo adicional requerido para la correcta ejecución del trabajo especificado.

El pago constituirá compensación total por los trabajos señalados en esta Sección y según la **Subsección 07.05**.

Partida de pago	Unidad de pago
605.A Delimitación y Señalización del Derecho de Vía	Metro lineal (m)

CAPITULO VII

TRANSPORTE

SECCION 700

TRANSPORTE

SECCIÓN 700

Transporte

Descripción

700.01

Este trabajo consiste en la carga, transporte y descarga en los lugares de destino final, de materiales granulares, excedentes, mezclas asfálticas, roca, derrumbes y otros a diferentes distancias, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

700.02 Clasificación

El transporte se clasifica según los diferentes tipos de materiales a transportar y su procedencia o destino, en el siguiente detalle:

a. Granulares provenientes de canteras u otras fuentes para trabajos de mejoramiento de suelos, terraplenes, afirmado, subbase, base, suelo estabilizado, etc.

b. Excedentes, provenientes de excavaciones, cortes, escombros, derrumbes, desbroce y limpieza y otros, a ser colocados en los DME de acuerdo a la **Sección 209**.

c. Mezclas asfálticas en general.

d. Roca provenientes de canteras u otras fuentes para trabajos de enrocado, pedraplenes, defensas ribereñas, gaviones, etc.

Equipo

700.03

Los equipos para la carga, transporte y descarga de materiales, deberán ser los apropiados para garantizar el cumplimiento de lo establecido en el Proyecto y el programa del trabajo, debiendo estar provistos de los elementos necesarios para evitar problemas de seguridad vial, contaminación o cualquier

alteración perjudicial del material transportado y su caída sobre las vías empleadas para el transporte.

Todos los equipos para la carga, transporte y descarga de los materiales, deberán cumplir con las disposiciones legales referentes al control de la contaminación ambiental.

Ningún vehículo de los utilizados por el Contratista podrá exceder las dimensiones y las cargas admisibles por eje y totales fijadas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. En cada vehículo debe indicarse claramente su capacidad máxima.

Para evitar los efectos de dispersión y derrame de los materiales granulares, excedentes, derrumbes y otros, deben de ser humedecidos y cubiertos. La cobertura deberá ser de un material resistente para evitar que se rompa o se rasgue y deberá estar sujeta a las paredes exteriores del contenedor o tolva.

Todos los vehículos deberán tener incorporado a su carrocería, los contenedores o tolvas apropiados, a fin de que la carga depositada en ellos quede contenida en su totalidad en forma tal que se evite el derrame, pérdida del material húmedo durante el transporte. Esta tolva deberá estar constituida por una estructura continua que en su contorno no contenga roturas, perforaciones, ranuras o espacios, así también, deben estar en buen estado de mantenimiento.

Los equipos de carga y descarga deberán estar provistos de los accesorios necesarios para cumplir adecuadamente tales labores, entre las cuales pueden mencionarse las alarmas acústicas, ópticas y otras.

Aceptación de los trabajos

700.04

El Supervisor medirá el trabajo realizado de acuerdo al material transportado, la ruta establecida y las distancias de origen y destino determinadas de acuerdo al criterio o criterios de cálculo o formulas establecidos en el Proyecto o aprobadas por el Supervisor. Si el Contratista utiliza para el transporte una ruta diferente y más larga que la aprobada, el Supervisor computará la distancia definido previamente.

Medición

700.05

La unidad de pago de esta partida será el metro cúbico-kilómetro (m^3-km) trasladado, o sea, el volumen en su posición final de colocación, por la distancia de transporte determinada de acuerdo al criterio o criterios de cálculo o formulas establecidos en el Proyecto o aprobadas por el Supervisor. El precio unitario debe incluir los trabajos de carga y descarga.

A continuación se indica algunos criterios de cálculo del material a transportar:

1. Centro de Gravedad

Se calcula considerando el Centro de Gravedad del material a transportar (determinado en el campo y aprobado por el Supervisor), desde el kilómetro inicial entre las progresivas i-j, descontando la distancia de acarreo libre (120 m), hasta el centro de gravedad correspondiente de la disposición final del material a transportar.

$$T = V_{i-j} \times (c + d)$$

Donde:

T= Transporte a pagar (m^3-km)

V_{i-j}=Volumen de "Corte de material granular de la plataforma" en su posición inicial, entre Progresivas i–j, (m^3).

c= Distancia (km) desde el centro de gravedad entre progresivas i–j, hasta:

- La salida al DME (ingreso al acceso) o,
- Al centro de gravedad del lugar de uso del material en la vía.

d= Distancia (km) desde donde termina la distancia "c", al centro de gravedad del depósito de materiales excedentes al camino de acceso.

Cuando el material es dispuesto sobre el prisma vial el valor de c, es cero (0).

2. Materiales provenientes de Cantera

Se considera el transporte del material desde el Centro de Gravedad de la cantera hasta el Centro de Gravedad del km que requiere el uso del material en su posición final compactado, descontando la distancia libre de transporte (120 m).

$$T = V_{i-j} \times (c + d)$$

Donde:

T= Transporte a pagar (m^3-km)

V_{i-j}=Volumen de material en su posición final de colocación entre progresivas i–j, (m^3).

c= Es la distancia (km) correspondiente al tramo de acceso desde la carretera hasta la cantera, medida desde el centro de gravedad de la cantera hasta el centro de gravedad de uso del material en la vía entre progresivas i–j.

d= Distancia (km) desde el empalme con la carretera del tramo de acceso a la cantera hasta el centro de gravedad de uso del material en la vía entre las progresivas i-j (km).

Pago

700.06

El pago de las cantidades de materiales transportados, determinados en la forma indicada anteriormente, se hará al precio unitario del contrato, incluye la carga, descarga y cualquier otro concepto necesario para la conclusión satisfactoria del trabajo.

El precio unitario no incluye la disposición final en los DME.

Partida de pago	Unidad de pago
700.A Transporte de materiales granulares para distancias entre 120 m y 1.000 m	Metro cúbico-kilómetro (m^3-km)
700.B Transporte de materiales granulares para distancias mayores de 1.000 m	Metro cúbico-kilómetro (m^3-km)
700.C Transporte de materiales excedentes para distancias entre 120 m y 1.000 m	Metro cúbico-kilómetro (m^3-km)
700.D Transporte de materiales excedentes para distancias mayores de 1.000 m	Metro cúbico-kilómetro (m^3-km)
700.E Transporte de mezclas asfálticas para distancias hasta 1.000 m	Metro cúbico-kilómetro (m^3-km)
700.F Transporte de mezclas asfálticas para distancias mayores de 1.000 m	Metro cúbico-kilómetro (m^3-km)
700.G Transporte de roca para distancias entre 120 m y 1.000 m	Metro cúbico-kilómetro (m^3-km)
700.H Transporte de roca para distancias mayores de 1.000 m	Metro cúbico-kilómetro (m^3-km)

CAPITULO VIII

SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL

SECCION 800
DISPOSICIONES GENERALES

SECCIÓN 800

Disposiciones generales

Descripción

800.01

Esta especificación presenta las Disposiciones Generales a ser observadas para los trabajos de Señalización Vertical, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto, en el marco del Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC vigente. Los trabajos de Señalización Vertical permanentes o provisionales, comprenden el suministro, almacenamiento, transporte e instalación de los dispositivos de control de tránsito que son colocados en la vía en forma vertical (señales) para prevenir, reglamentar e informar a los usuarios. Incluye los elementos de soporte, cimentación y demás trabajos necesarios para su ejecución de manera integral. Dentro de estos dispositivos también se incluye la Señalización Ambiental Vertical destinadas a crear conciencia sobre la conservación de los recursos naturales, arqueológicos, humanos y culturales. Asimismo la señalización ambiental deberá enfatizar las zonas en que habitualmente se produce circulación de animales silvestres o domésticos a fin de alertar a los conductores de vehículos sobre esta presencia.

La forma, color, dimensiones y tipo de materiales a utilizar en las señales que están conformadas por paneles, postes o estructuras de soporte y cimentación, estarán de acuerdo a las regulaciones contenidas en el Manual vigente antes indicado, y lo señalado en el Proyecto.

Todos los paneles de las señales llevarán en el borde superior derecho de la cara posterior de la señal, una inscripción con las siglas "MTC" y la fecha de instalación (mes y año).

Materiales

800.02 Paneles

Los paneles están constituidos por la señal propiamente dicha, planchas metálicas o fibra de vidrio u otros y marcos de soporte, los cuales serán uniformes para un proyecto, es decir del mismo tipo de material y de una sola pieza para las señales preventivas y reglamentarias. Los paneles de señales con dimensión horizontal mayor que 2,50 m podrán estar formados por varias piezas modulares uniformes de acuerdo al diseño que indique el Proyecto. No se permitirá en ningún caso traslapes, uniones, soldaduras ni añadiduras en cada panel individual.

Para proyectos ubicados por debajo de 3.000 msnm y en zonas aledañas a áreas marinas se utilizarán paneles de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio.

Para proyectos ubicados por encima de 3.000 msnm se utilizarán paneles de fierro galvanizado, de aluminio o de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio. El sistema de refuerzo del panel y de sujeción a los postes de soporte será diseñado en función al tipo de panel y de poste o sistema de soporte, lo que debe ser definido en el Proyecto. En el caso de los paneles de fibra de vidrio de hasta 1,20 m^2 se emplearán platinas en forma de cruz.

a. Paneles de resina poliéster

Los paneles de resina poliéster serán reforzados con fibra de vidrio, acrílico y estabilizador ultravioleta. El panel deberá ser plano y completamente liso en una de sus caras para aceptar en buenas condiciones el material adhesivo de la lámina retroreflectiva (señal propiamente dicha) que se especifica en la **Subsección 800.05**. Los refuerzos serán de un solo tipo (ángulos o platinas).

El panel debe estar libre de fisuras, perforaciones, intrusiones extrañas, arrugas y curvatura que afecten su rendimiento, altere las dimensiones del panel o afecte su nivel de servicio.

La cara frontal deberá tener una textura similar al vidrio.

Los paneles de acuerdo al diseño, forma y refuerzo que se indique en el Proyecto, deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. Espesor

Los paneles serán de 3 mm y 4 décimas con una tolerancia de más o menos 0,4 mm (3,4 mm ± 0,4 mm).

El espesor se verificará como el promedio de las medidas en cuatro sitios de cada borde del panel.

2. Color

El color del panel será gris uniforme en ambas caras (N.7.5. / N.8.5. Escala Munsel).

3. Resistencia al impacto

El panel cuadrado de 75 cm de lado será apoyado en sus extremos a una altura de 20 cm del piso. Dicho panel, en esa posición, deberá resistir el impacto de una esfera de acero de 4.500 g de peso y 10,3 cm de diámetro liberado en caída libre desde 3,5 m de altura sin resquebrajarse.

4. Pandeo

El pandeo mide la deformación de un panel por defectos de fabricación o de los materiales utilizados.

El panel a comprobar será suspendido de sus 4 vértices. La deflexión máxima medida en el punto de cruce de sus diagonales y perpendicularmente al plano de la lámina, no deberá ser mayor de 12 mm.

Esta deflexión corresponde a un panel cuadrado de 75 cm de lado. Para paneles de mayores dimensiones se aceptará hasta 2 cm de deflexión. Todas las medidas deberán efectuarse a temperatura ambiente.

b. Paneles de fierro galvanizado

Estos paneles serán fabricados con láminas de fierro negro revestido por ambas caras y en los bordes con una capa de zinc aplicada por inmersión en caliente. La capa de revestimiento deberá resultar con un espesor equivalente a la aplicación de 1.100 g por metro cuadrado de superficie.

Los paneles de acuerdo al diseño, forma y refuerzos que se indique en el Proyecto deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. Espesor

Deberá ser de 2 mm en la lámina de fierro antes del tratamiento de galvanizado.

2. Color

A la cara posterior del panel se le aplicará una capa de pintura de base (*imprimante epóxico con promotores de adherencia para superficies no ferrosas*) y una capa de pintura mate sintética de color gris similar al indicado en la **Subsección 800.02(a) (2).**

3. Resistencia al doblado

Los paneles deberán tener una suficiente resistencia al doblado sin presentar desprendimientos de la capa de zinc.

Para ello se ensayará una muestra de 5 cm de lado que se doblará girando 180°.

4. Tratamiento de la cara frontal

La cara frontal no deberá presentar remaches, pliegues, fisuras, perforaciones o incrustaciones extrañas que afecten su rendimiento.

Antes de la aplicación de la lámina retroreflectiva, el panel deberá ser limpiado y desengrasado aplicando un abrasivo grado 100 o más fino.

c. Paneles de aluminio

Los paneles de aluminio serán fabricados de acuerdo a la norma ASTM B-209M con aleaciones 6061-T6 o 5052-H38.

Los paneles serán de una sola pieza y no deben presentar perforaciones, ampollas, costuras, corrugaciones ni ondulaciones y deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. Espesor

Los paneles tendrán un espesor uniforme de 2 mm para paneles de 75 cm de lado o menores. Los paneles que tengan alguna dimensión mayor de 75 cm tendrán un espesor de 3 mm.

2. Color

La cara posterior del panel será limpiada y desengrasada para aplicar un sistema conforme a lo establecido en las "Especificaciones Técnicas

de Pinturas para Obras Viales" vigente y aprobado por la Entidad Competente.

3. Tratamiento de la cara frontal

La cara frontal del panel será limpiada y desengrasada.

La superficie deberá terminarse aplicando un abrasivo grado 100 o más fino, antes de la aplicación del material retroreflectivo.

d. Paneles de Material Compuesto de Aluminio (Aluminium Composite Panel - ACP)

Los paneles de material compuesto de aluminio o ACP, son paneles formados por dos películas de aluminio adheridas por procesos industriales a un alma de Polietileno de alta densidad, estos deberán ser planos y completamente lisos en una de sus caras para aceptar en buenas condiciones el material adhesivo de la lámina retroreflectiva que se especifica en la **Subsección 800.05**.

El panel debe estar libre de fisuras, perforaciones, intrusiones extrañas, arrugas y curvatura que afecten su rendimiento, alteren sus dimensiones o afecte su nivel de servicio.

Los paneles de acuerdo al diseño y forma que se indique en el Proyecto deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. Espesor

Los paneles deberán tener un espesor mínimo de 3 mm con una tolerancia positiva de 0.4 mm. (3,0 mm + 0,4 mm).

El espesor mínimo de cada una de las películas de aluminio que conforman el panel debe ser de 0.30 mm.

El espesor se verificará como el promedio de las medidas en 4 sitios de cada borde del panel.

2. Color

La cara posterior del panel (cara opuesta a la cual lleva adherido el material reflectivo) debe estar recubierta con una capa de pintura poliéster de color negro.

3. Resistencia al impacto

Debe tener una resistencia al impacto mínima de 1500 kgf, según el ensayo indicado en la norma ASTM D732.

4. Rigidez a la flexión

La rigidez mide la deformación de un panel por defectos de fabricación, o al ser sometido a carga. El substrato debe presentar una rigidez a la flexión mínima de 60 Mpa, según el ensayo indicado en la norma ASTM C393.

5. Intemperismo

El intemperismo mide la resistencia y vida que puede tener un material al estar expuesto a la intemperie. El Panel no debe presentar ninguna anormalidad luego de ser sometido al procedimiento establecido en la norma ASTM D1654.

6. Resistencia a la presión del viento

El substrato no debe presentar deformación luego de ser sometido al procedimiento establecido en la norma ASTM E330.

Adicionalmente si la señalización se instalará en zonas cuyos climas tienen rangos cambiantes de temperatura mayores a 30 °C el substrato debe cumplir los siguientes requisitos adicionales:

7. Expansión Térmica

La expansión térmica mide la deformación que tiene un material cuando existen variaciones de temperatura en el ambiente. El substrato debe tener un coeficiente de expansión térmica máximo de $4.0x10^{-5}$ $ºC^{-1}$ según el procedimiento establecido en la norma ASTM D 696.

8. Temperatura de deformación térmica

Es la temperatura a la cual el material empezará de deformarse por efectos del calor. El substrato debe tener una temperatura de deformación mínima de 85°C al ser sometida a las pruebas indicadas en la norma ASTM D 648.

Cualquiera que fuera el tipo de panel que se use en el Proyecto, deberá pasar por controles de calidad que aseguren la correcta fabricación de producto.

800.03 Postes de soporte

Los postes son los elementos sobre los que van montados los paneles con las señales que tengan área menor de 1,2 m^2 con su mayor dimensión medidas en forma vertical.

El poste tendrá las características, material, forma y dimensiones que se indican en el Proyecto. Los postes serán cimentados en el terreno y podrán ser fabricados en concreto, metal y madera.

Los postes deberán ser diseñados con una longitud suficiente de acuerdo a las dimensiones del panel y su ubicación en el terreno, de tal forma que se mantengan las distancias (horizontal y vertical) al borde de la calzada indicada en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente.

Los postes serán de una sola pieza, no admitiéndose traslapes, soldaduras, uniones ni añadiduras.

a. Postes de concreto

Los postes de concreto portland tendrán las dimensiones y refuerzo indicados en el Proyecto. Serán de concreto tipo E según la clasificación indicada en la **Subsección 503.04.**

El acabado y pintura del poste será de acuerdo a lo indicado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente. El pintado de los mismos se efectuará aplicando como primera capa una pintura acrílica emulsionada en conformidad con lo establecido en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales" vigente.

b. Postes metálicos

Los postes metálicos podrán ser de tubos o perfiles de fierro u otro material debidamente aprobado.

La forma, dimensiones, color y cimentación deberán ser indicados en el Proyecto.

El pintado de los mismos se efectuará igualmente de acuerdo a lo establecido en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales" vigente.

El espesor de los elementos metálicos no debe ser menor de 2 mm y en el caso de tubos el diámetro exterior será no menor de 5 cm.

c. Poste de madera

Se utilizarán postes de madera solamente en señalización provisional, El poste, de preferencia tendrá sección cuadrada.

El tipo de madera, forma y dimensiones del poste serán indicadas en el Proyecto o aprobada por el Supervisor.

800.03.1 Cimentación

La cimentación de los postes será de concreto simple o reforzado según indique el Proyecto y deberá contar con la aprobación del Supervisor, estará anclada en el terreno y deberá garantizar la estabilidad de la estructura.

800.04 Estructuras de soporte

Las estructuras se utilizarán generalmente para servir de soporte a las señales informativas que tengan un área mayor de 1,2 m^2 con la mayor dimensión medida en forma horizontal.

Las estructuras serán diseñadas de acuerdo a la dimensión, ubicación y tipo de los paneles de las señales, así como los sistemas de sujeción a la estructura, cimentación y montaje, todo lo que debe ser indicado en el Proyecto.

Las estructuras serán metálicas conformadas por tubos y perfiles de fierro negro. Los tubos tendrán un diámetro exterior no menor de 7 cm, y un espesor de paredes no menor de 2 mm serán limpiados, desengrasados y no presentarán ningún óxido antes de aplicar la pintura de acuerdo a lo establecido en la **Subsección 800.03(b)**.

Similar tratamiento se dará a los perfiles metálicos u otros elementos que se utilicen en la conformación de la estructura.

800.05 Material retroreflectivo

El material retroreflectivo debe responder a los requerimientos que se dan en esta especificación.

Este tipo de material es el que va colocado por un adhesivo sensible a la presión que le permite adherirse a los paneles para conformar una señal de tránsito visible sobre todo en las noches por la incidencia de los faros de los vehículos sobre la señal.

Todas las láminas retroreflectivas deben permitir el proceso de aplicación por serigrafía con tintas compatibles con la lámina y recomendados por el fabricante. No se permitirá en las señales el uso de cintas adhesivas vinílicas para los símbolos y mensajes.

a. Tipos de material retroreflectivo

Los tipos de material retroreflectivo que se utilizarán para uso en las señales de tránsito y otros dispositivos de señalización, deberán consistir de laminaciones blancas ó coloreadas con una superficie externa suave y reflectorizante para brindar visibilidad nocturna y resistencia a las inclemencias climatológicas, de tal manera que los conductores automovilísticos puedan reaccionar a tiempo. El material retroreflectivo podrá ser del tipo I, II, III, IV, V, VI, VIII, IX u XI.

En caso de ser un material sensible a la orientación (colocación del material en el panel), el fabricante deberá notificar en la lámina dicha condición. En el caso de los materiales insensibles a la orientación, no será necesaria dicha mención.

Los materiales retroreflectivos estarán formados por una película exterior transparente, lisa y plana con elementos ópticos retroreflectivos por debajo de la película, de modo que constituyan un sistema óptico retroreflectivo no expuesto, así mismo, deberá contar con un respaldo adhesivo sensible a la presión distribuido en forma uniforme por toda la superficie posterior del material. Este respaldo adhesivo se clasifica de la siguiente manera:

1. Clase 1

El respaldo adhesivo debe ser sensible a la presión, no requiere calor, solventes, ni otra preparación para adherirse a superficies lisas y limpias.

2. Clase 2

Respaldo adhesivo debe tener un adhesivo que debe ser activado aplicando calor y presión al material. La temperatura necesaria para formar una unión permanente y durable debe ser como mínimo de 66 °C. El respaldo adhesivo Clase 2 debe ser reposicionable bajo condiciones normales de fábrica y a temperaturas de sustrato de hasta 38 °C y sin daño para el material. El respaldo adhesivo Clase 2 puede

ser perforado para facilitar el retiro del aire en los laminadores térmicos de vacío, pero las perforaciones deben ser de un tamaño y frecuencia tal que no causen defectos objetables cuando la lámina sea impresa.

3. Clase 3

El respaldo adhesivo debe tener un adhesivo sensible a la presión de baja adhesividad que no requiera calor, solvente, ni otra preparación para adherirse a superficies lisas y limpias. Debe ser reposicionable hasta una temperatura de 38 °C sin daño para el material.

4. Clase 4

El respaldo adhesivo debe tener un adhesivo sensible a la presión a baja temperatura que permita las aplicaciones de la lámina a temperaturas hasta -7 °C sin la ayuda de calor, solvente, ni otra preparación para adherirse a superficies lisas y limpias.

5. Clase 5

Este debe ser un respaldo no adhesivo hecho de una material comercialmente usado para productos autosoportables tales como collares de conos de tráfico, señales de advertencia temporales enrollables, y bandas de canalizadores.

La lámina contará con una película protectora del soporte adhesivo que tendrá la función de impedir que esta se contamine hasta el momento de la aplicación; cuando sea removida la película protectora sin la ayuda de agua, solvente, calor ni otro agente externo.

El Proyecto debe indicar el tipo de material retroreflectivo a utilizar (p.e.: material Tipo XI del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras) en cada una de las señales que se diseñen para un determinado Proyecto evitando utilizar determinaciones o marcas comerciales de fabricantes.

Para garantizar la duración uniforme de la señal, no se permitirá el empleo en una misma señal, cualquiera que ésta sea, de dos o más tipos de materiales retroreflectivos diferentes.

b. Condiciones para los ensayos de calidad

Las pruebas de calidad para láminas sin adherir o adheridas al panel de prueba deben ser efectuadas bajo las siguientes condiciones:

1. Temperatura y humedad relativa

Las muestras de prueba deben ser acondicionados o montados 24 h antes de las pruebas a temperatura de 23 °C ± 2 °C y a una humedad relativa de 50 % ± 5 %.

2. Panel de prueba

Los paneles serán láminas lisas de aluminio y deben tener una dimensión (200 mm x 200 mm) de lado y un espesor de 1,6 mm.

La superficie del panel en que se adhiere la lámina será desengrasada y pulida cada vez que se efectúe algún ensayo, asimismo se debe someter a un ligero ataque con acido antes de que las laminas sean aplicadas. La adherencia de la lámina al panel debe ser efectuada según recomendaciones del fabricante.

c. Requisitos de calidad funcional

1. Intemperización Acelerada en Exteriores

La lámina debe ser resistente a la intemperización (tipo I: 24 meses; tipos II, III, IV, V, VIII, IX y XI: 36 meses; tipo VI: 6 meses) y no presentar agrietamiento, delaminación, picaduras, ampollamiento, despegado de los bordes u ondulamiento apreciables, ni contracción o expansión mayores a 0,8 mm (1/32 pulg.); cuando es ensayada de acuerdo con la Practica ASTM G7 o su equivalente.

Durante la intemperización los paneles de ensayo deben estar abiertos por las partes posteriores y orientadas a un ángulo de 45 ° respecto a la horizontal y frente al Ecuador, de acuerdo con la Práctica ASTM G7 o su equivalente. Exponer dos paneles por cada sitio para el número de meses especificados anteriormente. Realizar las exposiciones en sitios con los tipos y climas siguientes:

Tipo de clima	Temperatura mensual promedio (°C)	
	Mes más caliente	Mes más frio
Verano lluvioso tropical	28 a 34	18 a 22
Desértico	28 a 34	10 a 17
Opcional (recomendado)	Por acuerdo entre las partes interesadas	

El etiquetado de paneles, así como el acondicionamiento y manejo de los paneles antes de la exposición y durante los periodos de evaluación deben estar de acuerdo con la Practica ASTM G147 o su equivalente.

Montaje de la probeta para láminas Tipo VI: Asegurar los extremos de las probetas de 100 mm x 300 mm (4" x 12") entre barras de 25 mm x 200 mm x 2 mm (1" x 8" x 5/64") de aluminio, y fijar estas barras a las bandas de montaje en el soporte para intemperización en exteriores. Exponer las probetas de manera que el eje mayor (longitudinal) sea paralelo al suelo de manera que los pernos utilizados para asegurar los extremos de las probetas no interfieran con la fijación al soporte de ensayo.

Lavado de paneles después de la exposición: Después de la exposición, lavar cuidadosamente los paneles utilizando un paño suave o una esponja y agua limpia o una solución diluida (1% en peso en agua, concentración máxima) de un detergente suave. Después del lavado, enjuagar exhaustivamente con agua limpia, y secar con un paño suave y limpio. Después del lavado y secado, acondicionar los paneles a temperatura ambiente por lo menos 2 horas antes de realizar cualquier medición de propiedades.

Medición del coeficiente de retroreflexión: Después que los paneles han sido lavados, secados, y acondicionados de acuerdo a lo señalado en el párrafo anterior; medir la retroreflectancia a un ángulo de observación de 0.2° y ángulos de entrada de -4° y 30°. Reportar el promedio del coeficiente de retroreflectancia medido en cada geometría en los dos paneles en cada sitio de exposición.

Llevar a cabo las mediciones de retroreflectancia después de la intemperización en exteriores a un ángulo de observación de 0.2° y ángulos de entrada de -4° y +30°. Los coeficientes mínimos de

retroreflectancia después de la intemperización serán: 50% para los Tipos I y VI, 65% para el Tipo II y 80% para los Tipos III, IV, V, VIII, IX y XI (porcentajes con respecto a los valores dados en la **Tabla 800-01** para cada tipo de material)."

2. Contracción (Encogimiento)

La lámina retroreflectiva no debe encogerse en cualquier dimensión más de 0,8 mm (1/32") en 10 minutos o más de 3,2 mm (1/8") en 24 horas; cuando es evaluada de la siguiente manera:

Acondicionar una muestra de lamina retroreflectiva de 229 mm por 229 mm (9" x 9") con su película protectora (revestimiento), un mínimo de 1 hora a condiciones de ensayo estándar (ver 1. Temperatura y humedad relativa). Retirar la película protectora y colocar la muestra sobre una superficie plana con el adhesivo hacia arriba. 10 minutos después de que la película protectora ha sido retirada y después de 24 horas, medir la muestra para determinar la cantidad de cambio dimensional.

3. Flexibilidad

La lámina debe ser suficientemente flexible para no mostrar ningún agrietamiento; cuando es evaluada de la siguiente manera:

Doblar la lamina, en un segundo, alrededor de un mandril de 3,2 mm (1/8") con el adhesivo haciendo contacto con el mandril. Para facilidad del ensayo, esparcir talco en polvo sobre el adhesivo para prevenir que se pegue al mandril. La muestra de ensayo debe ser de 70 mm por 229 mm (2 ¾" x 11"). La temperatura de ensayo debe ser 23 °C ± 2°C.

4. Remoción de la Película Protectora (revestimiento)

La película protectora (revestimiento) debe ser fácilmente removible sin inmersión en agua u otras soluciones y no debe romper, rasgar o remover el adhesivo de la lámina.

5. Adhesión

El respaldo adhesivo de la lamina retroreflectiva debe producir una unión que soporte un peso de 0,79 Kg (1 3/4 lb.) para adhesivos clase 1, 2 y 3 o un peso de 0,45 Kg (1 lb.) para adhesivos clase 4 por 5 min, sin que el adhesivo se pele en una distancia de más de 51 mm (2"); cuando es evaluada de la siguiente manera:

Aplicar la lámina a un panel de ensayo, de 1,016 mm (0.040") de espesor mínimo, preparada de acuerdo a lo señalado en el punto 2. Panel de prueba. Pegar 102 mm (4") de una muestra de 25.4 mm x 152 mm (1" x 6") a un panel de prueba. Acondicionar (ver 1. Temperatura y humedad relativa) y luego sujetar un peso al extremo libre y dejarlo caer libremente a un ángulo de 90° con la superficie del panel durante 5 min.

6. Resistencia al impacto

La lámina retroreflectiva no deberá mostrar agrietamiento o delaminación fuera del área efectiva del impacto; cuando es evaluada de la siguiente manera:

Aplicar la lamina retroreflectiva a un panel de ensayo de 76 mm x 127 mm x 1,016 mm (3" x 5" x 0,040") de aluminio de acuerdo a 2. Panel de prueba) y acondicionar para ensayo tal como se especifica en el punto 1. Temperatura y humedad relativa. Someter la lamina al impacto de un peso de 0,91 Kg (2 lb.), con una punta redondeada de 15,8 mm (5/8") de diámetro, dejada caer desde la altura necesaria para generar un impacto de 1,13 N-m (10"-lb.).

7. Coeficiente de Retroreflectancia

En la **Tabla 800-01** se presentan los valores mínimos del coeficiente de retroreflectividad que deben cumplir los diferentes tipos de láminas retroreflectivas de acuerdo a su color, al ángulo de entrada y al ángulo de observación.

En el caso de los valores de coeficientes mínimos de retroreflectancia indicados en la **Tabla 800-01** para un ángulo de observación 0,1; indicar que estos son requisitos complementarios que se deberán aplicar sólo cuando este especificado por el Proyecto.

Los valores del coeficiente de retroreflectividad de las láminas retroreflectivas serán reportados como: X ± U (donde X es el valor de lectura y U su incertidumbre), y determinados según la Norma ASTM E 810 o su equivalente.

Tabla 800-01

Coeficientes Mínimos de Retroreflectancia

Tipo de material retroreflectivo	Ángulo de observación	Ángulo de entrada	Coeficientes mínimos de retroreflectancia según color (cd.lx^{-1}.m^{-2})						
			Blanco	Amarillo	Anaranjado	Verde	Rojo	Azul	Marrón
Tipo I	0,2º	-4º	70	50	25	9,0	14	4,0	1,0
	0,2º	+30º	30	22	7,0	3,5	6,0	1,7	0,3
	0,5º	-4º	30	25	13	4,5	7,5	2,0	0,3
	0,5º	+30º	15	13	4,0	2,2	3,0	0,8	0,2
Tipo II	0,2º	-4º	140	100	60	30	30	10	5,0
	0,2º	+30º	60	36	22	10	12	4,0	2,0
	0,5º	-4º	50	33	20	9,0	10	3,0	2,0
	0,5º	+30º	28	20	12	6,0	6,0	2,0	1,0
Tipo III	0,1º	-4º	300	200	120	54	54	24	14
	0,1º	+30º	180	120	72	32	32	14	10
	0,2º	-4º	250	170	100	45	45	20	12
	0,2º	+30º	150	100	60	25	25	11	8,5
	0,5º	-4º	95	62	30	15	15	7,5	5,0
	0,5º	+30º	65	45	25	10	10	5,0	3,5
Tipo IV	0,1º	-4º	500	380	200	70	90	42	25
	0,1º	+30º	240	175	94	32	42	20	12
	0,2º	-4º	360	270	145	50	65	30	18
	0,2º	+30º	170	135	68	25	30	14	8,5
	0,5º	-4º	150	110	60	21	27	13	7,5
	0,5º	+30º	72	54	28	10	13	6	3,5

Tabla 800-01

Coeficientes Mínimos de Retroreflectancia (Continuación)

Tipo de material retroreflectivo	Ángulo de observación	Ángulo de entrada	Coeficientes mínimos de retroreflectancia según color (cd.lx^{-1}.m^{-2})						
			Blanco	Amarillo	Anaranjado	Verde	Rojo	Azul	Marrón
Tipo V	0,1º	-4º	2000	1300	800	360	360	160	-
	0,1º	+30º	1100	740	440	200	200	88	-
	0,2º	-4º	700	470	280	120	120	56	-
	0,2º	+30º	400	270	160	72	72	32	-
	0,5º	-4º	160	110	64	28	28	13	-
	0,5º	+30º	75	51	30	13	13	6,0	-
Tipo VI	0,1º	-4º	750	525	190	90	105	68	-
	0,1º	+30º	300	210	75	36	42	27	-
	0,2º	-4º	500	350	125	60	70	45	-
	0,2º	+30º	200	140	50	24	28	18	-
	0,5º	-4º	225	160	56	27	32	20	-
	0,5º	+30º	85	60	21	10	12	7,7	-
Tipo VIII	0,1º	-4º	1000	750	375	100	150	45	30
	0,1º	+30º	460	345	175	46	69	21	14
	0,2º	-4º	700	525	265	70	105	32	21
	0,2º	+30º	325	245	120	33	49	15	10
	0,5º	-4º	250	190	94	25	38	11	7,5
	0,5º	+30º	115	86	43	12	17	5,0	3,5

Tabla 800-01

Coeficientes Mínimos de Retroreflectancia (Continuación)

Tipo de material retroreflectivo	Ángulo de observación	Ángulo de entrada	Coeficientes mínimos de retroreflectancia según color (cd.lx^{-1}.m^{-2})						
			Blanco	Amarillo	Anaranjado	Verde	Rojo	Azul	Marrón
Tipo IX	0,1º	-4º	660	500	250	66	130	30	-
	0,1º	+30º	370	280	140	37	74	17	-
	0,2º	-4º	380	285	145	38	76	17	-
	0,2º	+30º	215	162	82	22	43	10	-
	0,5º	-4º	240	180	90	24	48	11	-
	0,5º	+30º	135	100	50	14	27	6,0	-
	1,0º	-4º	80	60	30	8,0	16	3,6	-
	1,0º	+30º	45	34	17	4,5	9,0	2,0	-
Tipo XI	0,1º	-4º	830	620	290	83	125	37	25
	0,1º	+30º	325	245	115	33	50	15	10
	0,2º	-4º	580	435	200	58	87	26	17
	0,2º	+30º	220	165	77	22	33	10	7,0
	0,5º	-4º	420	315	150	42	63	19	13
	0,5º	+30º	150	110	53	15	23	7,0	5,0
	1.0°	-4º	120	90	42	12	18	5,0	4,0
	1.0°	+30º	45	34	16	5,0	7,0	2,0	1,0

Tabla 800-01

Coeficientes Mínimos de Retroreflectancia (Continuación)

Tipo de material retroreflectivo	Ángulo de observación	Ángulo de entrada	Coeficientes mínimos de retroreflectancia según color (cd.lx^{-1}.m^{-2})		
			Amarillo-Verde Fluorescente	Amarillo Fluorescente	Anaranjado Fluorescente
Tipo IV	0,1º	-4º	400	300	150
	0,1º	+30º	185	140	70
	0,2º	-4º	290	220	105
	0,2º	+30º	135	100	50
	0,5º	-4º	120	90	45
	0,5º	+30º	55	40	22
Tipo VI	0,1º	-4º	600	450	300
	0,1º	+30º	240	180	120
	0,2º	-4º	400	300	200
	0,2º	+30º	160	120	80
	0,5º	-4º	180	135	90
	0,5º	+30º	68	51	34
Tipo VIII	0,1º	-4º	800	600	300
	0,1º	+30º	370	280	135
	0,2º	-4º	560	420	210
	0,2º	+30º	260	200	95
	0,5º	-4º	200	150	75
	0,5º	+30º	92	69	35

Tabla 800-01

Coeficientes Mínimos de Retroreflectancia (Continuación)

Tipo de material retroreflectivo	Ángulo de observación	Ángulo de entrada	Coeficientes mínimos de retroreflectancia según color (cd.lx^{-1}.m^{-2})		
			Amarillo-Verde Fluorescente	Amarillo Fluorescente	Anaranjado Fluorescente
Tipo IX	0,1º	-4º	530	400	200
	0,1º	+30º	300	220	110
	0,2º	-4º	300	230	115
	0,2º	+30º	170	130	65
	0,5º	-4º	190	145	72
	0,5º	+30º	110	81	41
	1,0º	-4º	64	48	24
	1,0º	+30º	36	27	14
Tipo XI	0,1º	-4º	660	500	250
	0,1º	+30º	260	200	100
	0,2º	-4º	460	350	175
	0,2º	+30º	180	130	66
	0,5º	-4º	340	250	125
	0,5º	+30º	120	90	45
	1,0º	-4º	96	72	36
	1,0º	+30º	36	27	14

8. Color

Los valores del Factor de Luminancia y Coordenadas Cromáticas de las láminas deben ser los señalados en la **Tabla 800-02** y **Tabla 800-03**, de acuerdo a su tipo especifico."

Los valores del Factor de Luminancia y las Coordenadas Cromáticas de las laminas retroreflectivas para el iluminante estándar IEC D65 y el observador estándar IEC 2° 1931, serán determinadas de acuerdo con las normas ASTM E308, ASTM E1347, ASTM E1349 y ASTM 2301 o sus equivalentes, y las prácticas ASTM E991, ASTM E1164, ASTM E2152 y ASTM E2153 o sus equivalentes, según sea aplicable.

Tabla 800-02

Factor de Luminancia (Y%)

Color	Todas excepto Tipo V		Tipo V	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Blanco	27	-	15	-
Amarillo	15	45	12	30
Anaranjado	10	30	7,0	25
Verde	3,0	12	2,5	11
Rojo	2,5	15	2,5	11
Azul	1,0	10	1,0	10
Marrón	1,0	9,0	1,0	9,0
Amarillo-Verde Fluorescente	60	-	-	-
Amarillo Fluorescente	40	-	-	-
Anaranjado Fluorescente	20	-	-	-

Tabla 800-03

Coordenadas Cromáticas de Color

Color	1		2		3		4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Blanco	0,303	0,300	0,368	0,366	0,340	0,393	0,274	0,329
Amarillo	0,498	0,412	0,557	0,442	0,479	0,520	0,438	0,472
Anaranjado	0,558	0,352	0,636	0,364	0,570	0,429	0,506	0,404
Verde	0,026	0,399	0,166	0,364	0,286	0,446	0,207	0,771
Rojo	0,648	0,351	0,735	0,265	0,629	0,281	0,565	0,346
Azul	0,140	0,035	0,244	0,210	0,190	0,255	0,065	0,216
Marrón	0,430	0,340	0,610	0,390	0,550	0,450	0,430	0,390
Amarillo-Verde	0,387	0,610	0,369	0,546	0,428	0,496	0,460	0,540
Amarillo Fluorescente	0,479	0,520	0,446	0,483	0,512	0,421	0,557	0,442
Anaranjado Fluorescente	0,583	0,416	0,535	0,400	0,595	0,351	0,645	0,355

Equipo

800.06

El Contratista deberá disponer del equipo y herramientas necesarias para la correcta ejecución de los trabajos.

Requerimientos de construcción

800.07 Generalidades

Antes del inicio de la instalación de las señales, el Supervisor verificará acorde al Proyecto, la ubicación definitiva de cada una de ellas, en lo relativo a las progresivas, distancias lateral con respecto al pavimento, sentido, altura y

demás detalles que sean necesarios para una correcta señalización y de conformidad con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC vigente.

De ser necesario, el Supervisor deberá autorizar y aprobar los ajustes que fueran necesarios para cumplir los requerimientos antes señalados.

800.08 Excavación y cimentación

El Contratista efectuará las excavaciones para la cimentación de la instalación de las señales verticales de tránsito de acuerdo a las dimensiones indicadas en el Proyecto.

La señal debe ser instalada con la altura especificada en el Proyecto, con cuya finalidad y de ser el caso, podrá sobreelevarse la cimentación sin modificar su sección de diseño; sin embargo la sobreelevación mencionada no debe comprometer la estabilidad de la estructura.

La cimentación de postes y estructuras de soporte se efectuará de acorde al concreto establecido en el Proyecto.

800.09 Instalación

La instalación de las señales serán de acuerdo al Proyecto, la aprobación del Supervisor y acorde con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC vigente.

El Contratista instalará las señales de manera que el poste y las estructuras de soporte presenten verticalidad.

800.10 Limitaciones en la ejecución

El Contratista no ejecutará instalación de las señales en horas nocturnas, ni durante la presencia de precipitaciones pluviales.

Aceptación de los trabajos

800.11 Criterios

El Supervisor para la aceptación de los trabajos efectuará los siguientes controles:

- Verificar que los trabajos hayan sido ejecutados de acuerdo a lo establecido en el Proyecto, las aprobaciones que hubiera realizado y en concordancia con el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC vigente.

- Verificar el cumplimiento de las medidas de seguridad y mantenimiento de tránsito.

- Verificar que el Contratista mantenga adecuadamente las señales hasta la recepción de las obras, reponiendo a su costo aquellas que sufrieran deterioro o pérdida.

Medición

800.12

Las señales verticales de tránsito se medirán por unidad (Und.) de señal instalada, de acuerdo a las características y tipo del panel, postes o estructuras de soporte y cimentación.

Pago

800.13

El pago se hará por unidad (Und.) de señal instalada al respectivo precio unitario del contrato.

El precio unitario cubrirá todos los costos de adquisición de materiales, fabricación, transporte, almacenamiento y todo aquello que sea necesario para concluir de manera integral la instalación de los dispositivos (panel, postes o estructuras de soporte y cimentación.

El precio unitario no incluye la excavación para la cimentación de los dispositivos la cual se pagará de acuerdo a la **Sección 501.**

Partida de pago	Unidad de pago
800.A Señal Vertical (panel, postes o estructuras de soporte y cimentación)	Unidad (Und.)

SECCION 801
SEÑALES PREVENTIVAS

SECCIÓN 801

Señales preventivas

Descripción

801.01

Este trabajo consiste en la colocación de dispositivos de control vertical permanente, con la finalidad de advertir al usuario sobre ciertas condiciones de la vía, que impliquen peligro y requieran precaución, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto, en el marco del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente.

Materiales

801.02

Los materiales serán acordes a lo siguiente:

- **Paneles:** Según lo indicado en la **Subsección 800.02**, Material Retroreflectivo: Según lo indicado en la **Subsección 800.05.**
- **Postes o estructuras de soporte:** Según lo indicado en la **Subsección 800.03** y **800.04** respectivamente.
- **Cimentación:** Según lo indicado en la **Subsección 800.08.**

Equipo

801.03

Según lo indicado en la **Subsección 800.06.**

Requerimientos de construcción

801.04

Según lo indicado en la **Subsección 800.07**, según corresponda.

Medición

801.05

Se aplica lo indicado en la **Subsección 800.12.**

Pago

801.06

Se aplica lo indicado en la **Subsección 800.13.**

Partida de pago	Unidad de pago
801.A Señales Preventivas (… m x … m)	Unidad (Und.)

SECCION 802
SEÑALES REGLAMENTARIAS

SECCIÓN 802

Señales reglamentarias

Descripción

802.01

Este trabajo consiste en la colocación de dispositivos de control vertical permanente, con la finalidad de indicar al usuario las limitaciones o restricciones que gobiernan la vía, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto, en el marco del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente.

Materiales

802.02

Los materiales serán acordes a lo siguiente:

- **Paneles:** Según lo indicado en la Subsección 800.02, **Material Retroreflectivo:** Según lo indicado en la Subsección 800.05.
- **Postes o estructuras de soporte:** Según lo indicado en la Subsección 800.03 y 800.04 respectivamente.
- **Cimentación:** Según lo indicado en la Subsección 800.08.

Equipo

802.03

Según lo indicado en la Subsección 800.06.

Requerimientos de construcción

802.04

Según lo indicado en la **Subsección 800.07**, según corresponda.

Medición

802.05

Se aplica lo indicado en la **Subsección 800.12.**

Pago

802.06

Se aplica lo indicado en la **Subsección 800.13.**

Partida de pago	Unidad de pago
802.A Señal Reglamentaria: Octogonal, Rectangular, Cuadrada, Triangular y Otros	Unidad (Und.)

SECCION 803
SEÑALES INFORMATIVAS

SECCIÓN 803

Señales informativas

Descripción

803.01

Este trabajo consiste en la colocación de dispositivos de control vertical permanente, con la finalidad de guiar al usuario hacia el lugar de destino, identificar rutas, puntos notables, sentidos de circulación, servicios auxiliares y otros, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto, en el marco del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente.

Materiales

803.02

Los materiales serán acordes a lo siguiente:

- **Paneles:** Según lo indicado en la **Subsección 800.02**, **Material Retroreflectivo:** Según lo indicado en la **Subsección 800.05.**
- **Postes o estructuras de soporte:** Según lo indicado en la **Subsección 800.03** y **800.04** respectivamente.
- **Cimentación:** Según lo indicado en la **Subsección 800.08.**

Equipo

803.03

Según lo indicado en la **Subsección 800.06.**

Requerimientos de construcción

803.04

Según lo indicado en la **Subsección 800.07**, según corresponda.

Medición

803.05

Se aplica lo indicado en la **Subsección 800.12.**

Pago

803.06

Se aplica lo indicado en la **Subsección 800.13**.

Partida de pago	Unidad de pago
803.A Señal Informativa (… m x … m)	Unidad (Und.)

SECCION 804

POSTES DELINEADORES

SECCIÓN 804

Postes Delineadores

Descripción

804.01

Este trabajo consiste en la colocación de los dispositivos de señalización vertical denominados delineadores que tienen por finalidad remarcar o delinear segmentos de la carretera que por su peligrosidad o condiciones de diseño o visibilidad requieran ser resaltados, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto, en el marco del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente.

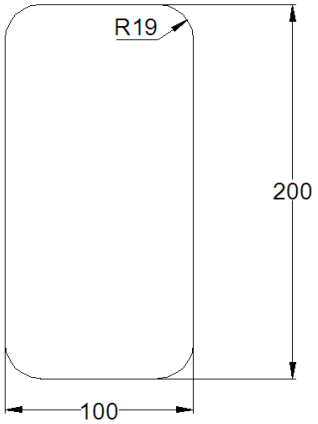
Materiales

804.02 Postes delineadores

Los postes delineadores podrán ser fabricados utilizando concreto armado, madera, metal u otros materiales.

804.03 Material Retroreflectivo

El material retroreflectivo será del tipo IV, según se indica en la **Subsección 800.05.**



Equipo

804.04

Se deberá disponer del equipo necesario para preparar la superficie del pavimento y para el transporte y colocación de los postes delineadores, así como para la limpieza de la superficie luego de terminados los trabajos.

Requerimientos de Construcción.

804.05

a. Poste delineador de madera

Se construirán en planta, debiendo estar totalmente terminados antes de ser llevados al lugar de su colocación. La madera que se utilice será de buena calidad, seca, sana y descortezada.

Tendrán forma cilíndrica de 15 cm. de diámetro y una altura mínima sobre el nivel de rodadura de 1 m. El largo total del poste delineador dependerá de la profundidad de cimentación, pero éste no será menor a 1 metro.

La cimentación se asegurará empotrando el poste de madera en concreto simple; para el efecto se excavará un volumen cilíndrico de 40 cm de diámetro hasta la profundidad definida en los planos o por el Supervisor en obra; en ningún caso la profundidad de cimentación será menor a 30 cm. El concreto para la cimentación tendrá una resistencia a la compresión de 140 Kg/cm2 **(Subsección 503.04).**

El poste delineador colocado verticalmente, se pintará totalmente de color blanco, y además en su parte superior, en los lados visibles para el usuario de la vía, se colocara el material retroreflectivo de color amarillo, a no más de 5 cm de la parte superior del poste, en un ancho de 15 cm y en una longitud igual a la tercera parte del perímetro de la sección transversal.

b. Poste delineador de concreto simple

Podrán ser construidos en el mismo sitio de su colocación o prefabricarlos para colocarlos en el lugar definido en los planos o en la ubicación

aprobada por el Supervisor. El concreto a utilizar será del tipo F (140 Kg/cm^2), según lo indicado en la **Subsección 503.04**.

Tendrá forma tronco-cónica con una base de 30 cm. de diámetro, una coronación de 15 cm de diámetro y una altura mínima sobre el nivel de rodadura de 1 m. La longitud total del delineador dependerá de la profundidad de cimentación.

Para la cimentación se excavará un volumen cilíndrico de 50 cm de diámetro hasta la profundidad definida en los planos o por el Supervisor en obra; en ningún caso la profundidad de cimentación será menor a 30 cm El concreto para la cimentación tendrá una resistencia a la compresión de 140 Kg/cm^2.

Los postes delineadores se pintarán totalmente de color blanco, y además en su parte superior, en los lados visibles para el usuario de la vía, se colocará el material retroreflectivo de color amarillo, a no más de 5 cm de la parte superior del poste, en un ancho de 15 cm y en una longitud igual a la tercera parte del perímetro de la sección transversal.

c. Poste delineador de concreto armado

Serán prefabricados, debiendo quedar totalmente terminados antes de ser llevados al lugar de su colocación. El refuerzo metálico del poste delineador consistirá en 3 barras de 3/8 pulg. de diámetro y 0,95 m de longitud, colocadas en cada vértice del poste. El amarre de este refuerzo consistirá en 3 estribos formados por barras del mismo diámetro y de 0,35 m de longitud. El concreto utilizado tendrá una resistencia mínima a la comprensión de 140 Kg/cm^2 **(Subsección 503.04).**

Tendrán la forma de un prisma triangular con una base de 15 cm. por lado y una altura mínima sobre el nivel de rodadura de 1 m. La longitud total del delineador dependerá de la profundidad de cimentación.

La cimentación de la unidad se asegurará empotrando el delineador en su ubicación, a una profundidad mínima de 30 cm. El concreto utilizado tendrá una resistencia mínima a la comprensión de 140 Kg/cm^2.

Los postes delineadores se pintarán de color blanco, además en las 2 caras visibles para el usuario de la vía, se colocará material retroreflectivo de color amarillo, a no más de 5 cm de la parte superior del poste y en un ancho de 15 cm.

d. Poste delineador flexible

Serán fabricados de polímeros termoestables reforzados con fibra de vidrio, de alta resistencia al impacto y resistente a la luz ultravioleta, ozono e hidrocarburos. La textura de la superficie del delineador debe estar limpia, lisa y adecuada para la adherencia del material retroreflectivo sin preparación alguna. Cada poste deberá estar marcado con la identificación del fabricante y la fecha de fabricación.

Deberán tener un ancho de perfil mínimo de 75 mm (3”), y podrán presentar crestas en los bordes extremos, destinados al apoyo estructural del mismo. La longitud mínima sobre el nivel de rodadura será de 1 m. La longitud total del delineador dependerá de la profundidad de cimentación.

Los postes deberán estar diseñados para su fácil instalación permanente teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante y además deben ser resistentes al torcimiento y desplazamiento por las fuerzas del viento o del impacto. Para acreditar esta última condición el Contratista deberá presentar un informe de ensayos de impacto del poste delineador, bajo los siguientes requisitos:

- Ensayar un mínimo de ocho postes delineadores.
- La altura mínima sobre el nivel de rodadura será de 1m.
- Los postes delineadores deben sobrevivir 10 golpes (golpe en la misma dirección cada vez) por un vehículo de pasajeros, a una velocidad entre 80,5 Km/h y 88,5 Km/h (sobrevivir se define como permanecer en su lugar y no presentar una inclinación en cualquier dirección de la vertical de más de 20°). Para este ensayo, instalar y orientar los postes según lo recomendado por el fabricante.
- Además después de 5 golpes el poste delineador deberá acreditar que satisface los requerimientos de retroreflectancia mínimos especificados en **Subsección 800.05**.
- Adjuntar fotografías mostrando los postes impactados y el vehículo de impacto luego de 5 y 10 golpes.

El poste delineador será de color blanco y además deberá llevara colocada en el lado visible para el usuario de la vía, material retroreflectivo de color amarillo a no más de 5 cm de la parte superior del poste y en un ancho de 15 cm.

Los postes tendrán una profundidad de anclaje definida y recomendada por el fabricante.

El anclaje deberá estar incrustado en concreto según lo especificado por el fabricante y según las instrucciones del Supervisor. La base debe ser diseñada para ser a prueba de manipulaciones, ya sea mediante el uso de un sistema de bloqueo o algún dispositivo probado de bloqueo.

La base de los postes serán fabricados de un material rígido resistente al impacto y ser resistente a la luz ultravioleta, el ozono y los hidrocarburos. Las dimensiones de la base debe ser de aproximadamente 20 cm de diámetro y debe tener una altura de no más de 5 cm.

804.06 Localización

El Contratista deberá localizar los postes delineadores en la parte externa de las curvas que se quieren resaltar y de acuerdo con el Proyecto y la aprobación del Supervisor.

Los postes delineadores se colocarán a 30 cm. hacia adentro de la arista formada por el talud de relleno o de 40 cm. hacia afuera del borde extremo de la berma (se escogerá la posición más cercana a la pista).

El espaciamiento de los postes delineadores será de acuerdo al Proyecto y/o aprobación del Supervisor, la cual es determinada de acuerdo con las características de la curva horizontal o del estrechamiento del camino que por lo regular varía entre 5 m y 20 m. En la **Tabla 804-01** se presentan espaciamientos recomendados en función del radio de la curva horizontal.

Tabla 804-01

Espaciamientos de Postes Delineadores

Radio de la curva horizontal (m)	Espaciamiento (m)
30	4,00
40	5,00
50	6,00
60	7,00
70	8,00
80	9,00
100	10,00
150	12,50
200	15,00
250	17,00
300	18,50
400	20,00
450	21,50
500	23,00
>500	24,00

Los postes delineadores se instalarán siguiendo las indicaciones que se dan en la **Subsección 800.04**.

804.07 Control del tránsito

Será responsabilidad del Contratista la colocación de toda la señalización preventiva requerida para la ejecución segura de los trabajos, así como el ordenamiento del tránsito automotor durante el tiempo requerido, según lo indicado en la **Sección 103**.

804.08 Limitación en la ejecución

No se permitirá la colocación de postes delineadores durante la lluvia.

804.09 Aceptación de los trabajos

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Comprobar que todos los materiales cumplan con los requisitos de calidad exigidas en la **Subsección 804.02** y **804.05**
- Impedir que las tachas se coloquen con anterioridad a la aplicación de las líneas de demarcación del pavimento.
- Verificar que los postes delineadores queden correctamente colocadas.

b. Calidad de los materiales

No se admitirán materiales que incumplan las exigencias de la **Subsección 804.02** y **804.05**.

c. Instalación de las tachas

El Supervisor sólo aceptará el trabajo, si los delineadores postes delineadores han sido colocados de acuerdo con el Proyecto, la presente especificación y su aprobación.

Todas las deficiencias que presenten los trabajos deberán ser corregidas por el Contratista, a su costo, y a plena satisfacción del Supervisor.

Medición

804.11

Los postes delineadores se medirán por unidad (Und.) instaladas de acuerdo con el Proyecto y la presente especificación, aprobadas por el Supervisor.

Pago

804.12

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por todo poste delineador colocado con la aprobación del Supervisor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos inherentes al suministro de materiales y equipos, preparación de los sitios de colocación; transporte, almacenamiento, colocación y cimentación del poste; señalización temporal y ordenamiento del tránsito; limpieza, remoción, transporte y disposición de desperdicios y, en general, todo costo adicional requerido para la correcta ejecución del trabajo especificado.

Se incluye en el pago el concreto utilizado en la cimentación de los postes delineadores.

Partida de pago	Unidad de pago
804.A Postes Delineadores	Unidad (Und.)

SECCION 804.A

TACHAS RETROREFLECTIVAS

SECCIÓN 804.A

Tachas Retroreflectivas

Descripción

804.A.01

Este trabajo consiste en la colocación de los dispositivos de señalización horizontal, denominados tachas retroreflectivas que tienen por finalidad remarcar o delinear segmentos de la carretera que por su peligrosidad o condiciones de diseño o visibilidad requieran ser resaltados, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto, en el marco del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente.

Materiales

804.A.02 Tachas

Son elementos de señalizacion horizontal fijados firmemente al pavimento.

Las tachas se ubican sobre una linea de demarcacion con la finalidad de confirmar la instrucción entregada por dicha linea, principalmente en la conduccion nocturna.

a. Materiales

Las tachas deben estar fabricadas con materiales con la adecuada resistencia química, al agua y rayos UV, para el uso previsto. El lente (área reflectiva) debe estar moldeada de material metil metacrilato o policarbonato.

b. Dimensiones

La altura de la tacha no debe exceder de 20,3 mm (0,80”).

El ancho de la tacha no debe exceder de 130 mm (5,1”).

El ángulo entre la cara de la tacha y la base no debe ser mayor de 45°.

La base de la tacha debe estar completamente libre de barniz o sustancias que puedan reducir su fijación con el adhesivo.

c. Clasificación

Las tachas deben clasificarse por el tipo, color, resistencia a la abrasión y resistencia a la flexión.

1. Tipos de Tachas

- Tipo A: Tacha retroreflectiva bidireccional, de un color.
- Tipo B: Tacha retroreflectiva unidireccional, de un color.
- Tipo E: Tacha retroreflectiva bidireccional, de dos colores.

2. Color de las Tachas

- B: Blanco
- A: Amarillo
- R: Rojo
- AZ: Azul
- V: Verde

3. Resistencia a la Abrasión

- Designación H: Tacha con superficie de lente dura, resistente a la abrasión.

4. Resistencia a la Flexión

- Designación F: Tacha con suficiente resistencia longitudinal, para su aplicación a pavimentos asfálticos flexibles.

Mostrar la clasificación en el siguiente orden: tipo, color, resistencia la abrasión, y resistencia a la flexión. Por ejemplo, ERBF es una tacha bidireccional, rojo y blanco, superficie no resistente a la abrasión y con suficiente resistencia a la flexión para su aplicación a pavimentos flexibles.

d. Uso de los colores

La demarcacion con tachas puede ser de los siguientes colores:

- Blanco
- Amarillo

- Rojo
- Bicolor blanco y rojo

El color de la superficie o lámina retroreflectante debe coincidir con el del cuerpo del elemento que la contiene, con la excepción de la tacha bicolor, que puede ser bicolor, (blanco y rojo), solamente blanco o solamente rojo.

Cada uno de estos colores cumple una función distinta:

- **Blanco:** se usa delimitando alineamientos que pueden ser traspasados normalmente por los vehículos, en el marco de la operación normal de tránsito.
- **Amarillo:** se usa delimitando alineamientos que pueden ser traspasados, con precaución y eventualmente por los vehículos, en el marco de una operación de emergencia.
- **Rojo:** se usa delimitando alineamientos que no pueden ser traspasados bajo ninguna circunstancia de operación.
- **Bicolor:** se usa en las líneas centrales mixtas, las que consisten en dos líneas blancas paralelas, una continua y la otra segmentada. La línea continua se emplea para indicar la prohibición de adelantar y virar a la izquierda para el sentido del tránsito más próximo a ella, sin restringir al otro sentido. El color rojo debe enfrentar al flujo de tránsito que no puede adelantar y el blanco, al que puede hacerlo.

En el caso de demarcaciones con tachas, su lado mayor o el diámetro de su base, debe ser menor o igual a 13 cm. Además, ninguna de sus caras debe formar un ángulo mayor a 60° con la horizontal.

e. Requisitos de desempeño

1. Retroreflectancia

Para tachas nuevas, el coeficiente de retroreflectancia (RI), no debe ser menor a los valores de la **Tabla 804.A-01**; cuando es evaluada de la siguiente manera:

Medir el coeficiente de retroreflectancia de acuerdo con la Practica ASTM E809 o su equivalente. La apertura angular de la fuente y la apertura angular del receptor serán cada uno de no más de 0,1°. La apertura angular de los elementos retroreflectivos no debe ser mayor

de 0,02°. Si los elementos retroreflectivos no son mayores de 5,3 mm (0,21") de diámetro, las dimensiones recomendadas son de 15,2 m (50 pies) de distancia de ensayo, 25,4 mm (1") de diámetro de receptor, y 25,4 mm (1") de diámetro de la fuente. Otras distancias de ensayo son aceptables siempre y cuando los requisitos establecidos de apertura angular se cumplan y que la tacha no subtienda más de 1° a la fuente. Medir la distancia de la pupila de salida de la fuente de luz al centro de la cara retroreflectiva de la tacha. La base del marcador debe encontrarse en un plano paralelo al eje de iluminación y perpendicular al medio plano de observación. Todas las superficies verticales en la tacha, por ejemplo, en su borde superior, que podría reflejar especularmente la fuente en el receptor deben estar cubiertas. La tolerancia en el ángulo de entrada debe ser de ±0.5°. Mantener el ambiente de ensayo y condición de las tachas a 23°C ± 2°C, y 50% ± 25% de humedad relativa. Antes de efectuar la lectura fotométrica, limpiar suavemente la cara de la tacha con una toalla suave y húmeda, luego secar con una toalla suave.

Tabla 804.A-01

Coeficiente de Retroreflectancia

Angulo del Componente de Entrada β2	Angulo de Observación α	Valor Mínimo R_I, mcd/lx				
		Blanco	Amarillo	Rojo	Verde	Azul
0º	0.2º	279	167	70	93	26
+ 20º/+ 20º	0.2º	112	67	28	37	10

Angulo del componente de entrada β1 y el ángulo de rotación ε son 0º.

Para tachas resistentes a la abrasión, después de abrasionar la tacha de acuerdo a lo indicado por la norma ASTM D4280 o su equivalente, el coeficiente de retroreflectancia a 0° de ángulo de entrada medido de acuerdo a lo señalado anteriormente no debe ser menor a los valores de la **Tabla 804.A.01** multiplicado por 0,5.

2. Color

Cuando el retroreflector es iluminado por una Fuente A Estándar CIE, el color de la luz retroreflejada debe estar dentro de las gamas de

colores dados por las coordenadas cromáticas indicadas en la **Tabla 804.A.02**; cuando es evaluada de la siguiente manera:

Medir el color de acuerdo con la Practica ASTM E811 o su equivalente, a 0,2° de ángulo de observación y 0° de ángulo de entrada. La apertura angular de la fuente y el receptor deben ser cada una de 6 min de arco.

Tabla 804.A-02

Coordenadas Cromáticas

		Numero de vértices					
Color	Coordenada	1	2	3	4	5	6
Blanco	x	0,310	0,453	0,500	0,500	0,440	0,310
	y	0,348	0,440	0,440	0,380	0,380	0,283
Amarillo	x	0,545	0,559	0,609	0,597	-	-
	y	0,424	0,439	0,390	0,390	-	-
Rojo	x	0,650	0,668	0,734	0,721	-	-
	y	0,330	0,330	0,265	0,259	-	-
Azul	x	0,039	0,160	0,160	0,183	0,088	-
	y	0,320	0,320	0,240	0,218	0,142	-
Verde	x	0,009	0,288	0,209	0,012	-	-
	y	0,733	0,520	0,395	0,494	-	-

3. Resistencia a la adhesión

Para tachas de fondo plano, la resistencia a la adhesión debe ser mínimo de 3,4 Mpa (500 psi); cuando es evaluada de la siguiente manera:

Equipos y materiales

Cronómetro con divisiones de escala de 1 segundo o menores.
Un tapón (vástago) de acero o aluminio limpio y libre de asperezas y de oxido, de 50,8 mm (2”) de diámetro y aproximadamente 50,8 mm (2”) de largo, perforado y roscado en un extremo para permitir su

conexión al equipo de ensayo o presión, mediante un gancho o una varilla roscada de acero.

Equipo universal de ensayos, que opere a una velocidad de carga de 22,2 N/min (5000 lb/min). Alternativamente puede empelarse un dinamómetro con indicación de carga máxima equipado con anillos (mordazas) de 25,4 mm (1") y montado en una carcasa que permita la aplicación de una tracción vertical ascendente.

Si la base de las tachas es menor de 50,8 mm (2") en cualquier dirección, se sustituye el tapón (vástago) de 50,8 mm (2") de diámetro por uno de 25,4 mm (1").

Procedimiento

Acondicionar el equipo, materiales y componentes adhesivos durante 24 horas a 23,0 °C ± 2,0 °C (73,4 °F ± 3,4 °F) antes del ensayo.

Agitar separada y vigorosamente los componentes de la mezcla adhesiva durante 30 seg. Sobre un plato de estaño, medir los componentes de la mezcla en proporciones adecuadas y mezclar con una espátula durante 60 s ± 5 seg.

Luego colocar el adhesivo sobre la superficie del tapón, limpia y libre de asperezas, sin oxido y la superficie de la tacha por ensayar. A continuación presionar el tapón firmemente contra la tacha y retirar el exceso de adhesivo.

Antes de completar el tiempo de ensayo insertar el tapón en el gancho o varilla roscada del equipo de ensayo. Antes de aplicar la carga, se debe proporcionar el tiempo de curado recomendado por el fabricante del adhesivo.

Aplicar la carga a una velocidad de 5,1 mm (0,2") por minuto, hasta la falla, y registrar la máxima carga aplicada antes de la falla.

El cálculo de la resistencia a la adhesión de la tacha antes de falla se obtiene mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia a la adhesión KPa (psi)} = \frac{TL}{A}$$

En donde

TL= carga total en newtons (lbf) y

A = área de adhesión en m^2 ($pulg.^2$)

4. Resistencia a la flexión (sólo tachas de designación F)

Las tachas deben soportar 8914 N (909 kgf, 2000 lbf) sin romperse; cuando es evaluada de la siguiente manera:

Acondicionar las tachas a 23,0°C ± 2,0°C (73,4 ± 3,6°F) por 4 horas, antes del ensayo.

Colocar dos barras de acero de 12,7 mm x 25,4 mm (0,5" x 1,0"), cada una más larga que el ancho de la base de la tacha, en sus caras de 12.7 mm (0.5"), sobre la placa del aparato de compresión. Colocar almohadillas elastoméricas que tengan una dureza Shore A de 70 de aproximadamente 3 mm (0.12") de espesor sobre las barras. Colocar la base de la tacha hacia abajo en las almohadillas. La tacha debe tener su dirección longitudinal perpendicular a las dos barras. El espaciamiento entre las barras dependerá de la longitud de la base de la tacha, siendo tan grande como sea posible sin que las barras sobresalgan fuera de los extremos a lo largo de la base de la tacha. Colocar la almohadilla elastomérica de dureza Shore A de 70 de aproximadamente 25 mm (1") de espesor y más grande que la parte superior de la tacha sobre la parte superior de esta. Colocar una tercera barra de acero de 12.7 mm por 25.4 mm (0.5" x 1"), más largo que el ancho de la parte superior de la tacha, en su cara de 12.7 mm (0.5") sobre la parte superior de la almohadilla, posicionada en paralelo a las otras barras y centrada en la parte superior de la tacha.

Aplicar la carga a la parte superior de la tacha a una razón de 5.0 mm (0.2")/min mediante la barra superior de acero hasta que la tacha se rompa. La rotura debe constituir una ruptura completa o cualquier otra pérdida de la integridad evidenciada por una disminución repentina de la carga. Registrar la carga de rotura al más cercano N (kgf, lbf).

5. Resistencia a la Compresión

La tacha debe soportar una carga de 6000 lb (2727 kg) sin romperse ni sufrir deformación mayor de 3,3 mm (0,13"); cuando es evaluada de la siguiente manera:

Acondicionar las tachas a 23,0°C ± 2,0°C (73,4°F ± 3,6°F) durante 4 h antes de ensayar.

Posicionar la base de la tacha hacia abajo en el centro de una placa de acero plana de 13 mm (0,5") de espesor y más grande que la tacha.

En la parte superior de la tacha, colocar una almohadilla elastomérica de 9,5 mm (0,37") de espesor y más grande que la tacha, y que tenga una dureza Shore A de 60.

En la parte superior de la almohadilla elastomérica, colocar una placa de acero plana de 13 mm (0,5") de espesor más grande que la tacha.

Aplicar una carga a razón de 2,5 mm (0,1")/min.

6. Resistencia al Impacto del Lente

Cuando es impactada, la cara del lente no debe mostrar más de dos grietas radiales de más de 6,4 mm (0,25"). No debe haber grietas radiales que se extiendan hasta el borde de la superficie de resistencia a la abrasión. No debe haber delaminación. Cuando es evaluada de la siguiente manera:

Acondicionar las tachas en un horno de convección a 55°C (130°F) por 1 hora.

Mientras se encuentren a una temperatura elevada, impactar la cara retroreflectiva de la tacha permitiendo que un dardo de 0,19 kg (0,42 lb) equipado con una cabeza semiesférica de 6,4 mm (0,25") de radio caiga perpendicularmente desde una altura de 457 mm (18") sobre el centro aproximado de la superficie retroreflectiva. Para los ensayos de impacto, colocar la tacha sobre un aparato de acero diseñado para mantener la cara reflectiva en posición horizontal, y colocar el aparato sobre una superficie sólida, tal como un piso de concreto.

Inspeccionar por agrietamientos y delaminación.

7. Cambios Cíclicos de Temperatura

Cuando es sometida a cambios cíclicos de temperatura, no debe producirse agrietamientos ni delaminación; cuando es evaluada de la siguiente manera:

Someter las muestras a 3 ciclos de 60°C (140°F) por 4 horas seguidos de -7°C (20°F) por 4 horas.

Inspeccionar por agrietamientos y delaminación.

f. Muestreo

Para tachas no resistentes a la abrasión, el tamaño de muestra deberá ser de 20 tachas por cada lote de 10000 unidades o menos, y 40 tachas para lotes mayores de 10000 unidades. Para tachas con superficie

resistente a la abrasión (H), serán necesarias 10 unidades adicionales. El tamaño del lote no deberá exceder de 25000 unidades.

g. Empaque

Las tachas se deben distribuir en empaques adecuados que garanticen su protección y aseguren una entrega en perfectas condiciones. Cualquier empaque dañado deberá sustituido por el Contratista.

Los empaques para despacho deben estar marcados con el nombre y dirección del fabricante, el tipo, el color, la cantidad contenida y el número de identificación del lote.

804.A.03 Adhesivo

Las tachas se deberán adherir al pavimento con el pegamento epóxico que recomiende el fabricante en función del tipo y estado del pavimento. Este, además, deberá indicar la dosificación con la cual ha de aplicarse el producto.

El adhesivo deberá asegurar un tiempo de secado que no sobrepase los 25 minutos y que las tachas no sufran desplazamientos o movimientos al ser golpeadas por los vehículos, después de transcurridas 12 horas desde su colocación.

El Supervisor ordenara el cambio del adhesivo si éste no cumple con los requisitos estipulados.

Equipo

804.A.04

Se deberá disponer del equipo necesario para preparar la superficie del pavimento y para el transporte y colocación de las tachas, así como para la limpieza de la superficie luego de terminados los trabajos.

Requerimientos de construcción

804.A.05 Localización

El Contratista deberá localizar las tachas sobre el pavimento de acuerdo con los planos de señalización y demarcación del Proyecto.

La distancia de colocación de las tachas se debe determinar en función de la velocidad de operación del tramo de la vía, no debe generar contaminación

visual o incomodidad al usuario que observaría una o más tachas por cada segundo de recorrido.

Antes de colocar las tachas, el Contratista deberá replantear las rectas y curvas del camino e instalará los elementos reflectantes de acuerdo a las siguientes pautas.

a. Sectores de rectas

Las tachas se ubicarán cada 24 metros entre sí, excepto en los 96 metros antes de los principios de curvas y después de los fines de curvas, coincidiendo con los sectores sin demarcar de las líneas segmentadas.

b. Sectores de curvas

La distancia entre tachas será de 12 metros, incluyendo el sector de 96 metros antes de los principios de curvas y el sector de 96 metros después de los fines de curvas. En caso que los sectores de 96 metros ubicados antes y después de los extremos de las curvas presenten línea segmentada, las tachas se ubicarán en la mitad de las zonas sin demarcar de estas líneas.

c. Sectores especiales

La tacha se ubicará de acuerdo a los detalles del Proyecto.

En vías bidireccionales y una sola calzada de circulación, tanto en líneas centrales como laterales se deberán emplear tachas con doble cara retroreflectiva, de color amarillo y blanco.

Sobre señalización de "permitidos" o "prohibidos de adelantamiento", la instalación de las tachas en el eje se debe localizar en el centro del espacio sin pintura. En tramos con líneas de demarcación intermitentes no se deben instalar tachas al inicio o al final de cada segmento, sino en el tramo del centro sin pintar. Al repintar se debe tener cuidado de no pintar las mismas.

En vías multicarriles o calzadas con una sola dirección se emplearán unidireccionales blancas o bidireccionales blanca-roja. En el último caso el color blanco guiará a los conductores que circulan correctamente. Nunca se empleará un conjunto de tachas como reductores de velocidad en agujas (obstáculos), la distancia máxima entre tachas será de 2.0 m.

Si durante el planeamiento previo a la instalación se determina que una tacha será puesta en un sitio con defectos de superficie de pavimento o en una junta de construcción del pavimento o dentro de la intersección con una entrada domiciliaria o calle publica como resultado del espaciamiento típico de

tachas el sitio propuesto se deberá reubicar longitudinalmente a suficiente distancia en un punto aprobado por el Supervisor.

La distancia de reubicación de la tacha afectada no excederá el 10% del espaciamiento típico. Donde fuere necesario reubicar la tacha a una distancia mayor del 10% de espaciamiento típico, la tacha afectada se deberá suprimir. La cara reflectora de la tacha deberá estar perpendicular a una línea paralela a la línea central de la vía.

804.A.06 Preparación de superficie

Si la superficie presenta defectos o huecos notables, se corregirán los primeros y se rellenarán los segundos con materiales de la misma naturaleza que los de aquella, antes de proceder a la aplicación de las tachas.

Los sitios elegidos para la colocación de las tachas se deberán limpiar de polvo, barro, grasa, suciedad y cualquier otro elemento extraño cuya presencia atente contra la correcta adhesión de la tacha al pavimento. Para ello, se podrá emplear cualquier procedimiento que deberá ser aprobado por el Supervisor.

Cuando las tachas se vayan a instalar sobre un pavimento de concreto hidráulico, se deberán eliminar de la zona de fijación todos aquellos materiales utilizados en el proceso de curado del concreto, que aún se encuentran sobre la superficie.

804.A.07 Colocación de las tachas

Las tachas se colocarán en los sitios previamente localizados fijándolas con el adhesivo recomendado por el fabricante. Este se deberá preparar de acuerdo con las instrucciones del fabricante y su cantidad a utilizar dependerá del estado de la superficie del pavimento.

Las tachas se deberán colocar tan pronto como sea posible, con un procedimiento que asegure que, respecto del eje de la vía, no sufrirá desviaciones mayores que 2 mm, medidos en los extremos. No se aceptará, por ningún motivo, que alguna traza de pegamento quede sobre la cara retroreflectante de la tacha.

804.A.08 Control de tránsito

Será responsabilidad del Contratista la colocación de toda la señalización preventiva requerida para la ejecución segura de los trabajos, así como el ordenamiento del tránsito automotor durante el tiempo requerido, según lo indicado en la **Subsección 103.**

Las tachas deberán ser protegidas del tránsito o de cualquier golpe por un tiempo mínimo de 30 minutos después de colocadas. Además, durante el periodo que dure el proceso de endurecimiento del pegamento, se deberán tomar todas las precauciones necesarias para evitar que el tránsito pase sobre las tachas. Para esto, el Contratista deberá colocar elementos de señalización como conos o barreras para asegurar el procedimiento.

804.A.09 Limpieza final

Una vez colocadas las tachas, el Contratista deberá retirar del sitio de los trabajos todos los equipos, señales y materiales sobrantes, disponiéndolos en lugares que resulten aceptables para el Supervisor.

804.A.10 Limitaciones en la instalación

No se permitirá la colocación de tachas en las siguientes condiciones:

- Cuando exista la presencia de lluvia.
- Cuando la temperatura ambiental sea igual o inferior a 6°C.
- Cuando la superficie del pavimento esté húmeda;
- Antes de 14 días de haber sido entregado al tránsito un pavimento nuevo; y
- Antes de la demarcación de los pavimentos.

Tampoco se permitirá la colocación de tachas sobre áreas agrietadas de la superficie de rodadura, ó donde existan fallas del material de las capas del pavimento subyacente.

Además, se deberán atender todas las limitaciones adicionales que establezcan los fabricantes del adhesivo y de las tachas.

804.A.11 Manejo ambiental

Todas las determinaciones referentes a la colocación de tachas deberán ser tomadas considerando la protección del medio ambiente y las disposiciones vigentes.

En particular, se deberá prestar atención al correcto manejo del adhesivo y de los desperdicios generados en el trabajo.

Aceptación de los trabajos

804.A.12 Criterios

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado por el Contratista.
- Comprobar que todos los materiales cumplan con los requisitos indicados en la **Subsección 804.A.02.**
- Impedir que las tachas se coloquen con anterioridad a la aplicación de las líneas de demarcación.
- Verificar que las tachas queden correctamente colocadas y contarlas para efectos de pago.

b. Calidad de los materiales

No se admitirán materiales que incumplan las exigencias de la **Subsección 804.A.02.**

c. Instalación de las tachas

El Supervisor sólo aceptará el trabajo, si las tachas han sido colocadas de acuerdo con el Proyecto y la presente Especificación, y si se encuentran totálmente adheridas a la superficie del pavimento a los 30 días de su colocación.

Todas las deficiencias que presenten los trabajos deberán ser corregidas por el Contratista, a su costo, y con aprobación del Supervisor.

Medición

804.A.13

Las tachas retroreflectivas se medirán por unidad (Und.) instaladas de acuerdo con el Proyecto y la presente especificación, aprobados por el Supervisor.

Pago

804.A.14

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por toda tacha retroreflectiva colocada con la aprobación del Supervisor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos inherentes al suministro de materiales y equipos, preparación de los sitios de colocación; transporte, almacenamiento, colocación del adhesivo y las tachas; señalización temporal y ordenamiento del tránsito; limpieza, remoción, transporte y disposición de desperdicios y, en general, todo costo adicional requerido para la correcta ejecución del trabajo especificado.

Partida de pago	Unidad de pago
804.A.A Tachas retroreflectivas	Unidad (Und.)

SECCION 805

MARCAS EN EL PAVIMENTO

SECCIÓN 805

Marcas en el pavimento

Descripción

805.01

Este trabajo consiste en la señalización horizontal de la vía, mediante la demarcación de la superficie de rodadura con pintura u otros materiales debidamente aprobados, con la finalidad de delimitar los bordes de la pista, separar los carriles de circulación, resaltar y delimitar las zonas de restricción y otros, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto, en el marco del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente.

Asimismo, las marcas en el pavimento pueden estar conformadas por líneas, símbolos y leyendas, las cuales tienen por finalidad el ordenar encausar y regular el tránsito vehicular y complementar y alertar al conductor de la presencia en la vía de colegios, cruces de vías férreas, intersecciones, zonas urbanas y otros elementos que pudieran constituir zonas de peligro para el usuario.

El diseño de las marcas en el pavimento, dimensiones, tipo de pintura y colores a utilizar deberá estar de acuerdo al proyecto, el Manual anteriormente mencionado y a las disposiciones del Supervisor.

805.02 Tipos de Materiales

Las marcas en el pavimento se pueden obtener con diferentes tipos de materiales, que tendrán por lo general características retroreflectivas mediante la aplicación principalmente microesferas de vidrio, entre las cuales podemos indicar las siguientes:

- Marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base solvente.
- Marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base agua.
- Marcas retroreflectivas con material termoplástico.

- Marcas retroreflectivas con plástico preformado.
- Marcas retroreflectivas con plástico en frío de dos componentes.
- Marcas sin características retroreflectivas.

805.03 Retroreflectividad de las pinturas de tránsito

La retroreflectividad de las pinturas, con la finalidad de que las marcas en el pavimento mejoren su visibilidad durante las noches o bajo condiciones de oscuridad o neblina, se consigue por medio de la aplicación de esferas y/o microesferas de vidrio que pueden ser premezcladas ó post mezcladas con la pintura y que deben reunir las características de calidad y tamaño que se dan en la **Subsección 805.10.**

Materiales

805.04 Pintura de tráfico base solvente

Esta debe ser una pintura lista para su uso en pavimentos asfálticos o de cemento Portland; cuya formulación debe obedecer los requerimientos que se hallan en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales" vigente, aprobada por la Entidad competente.

805.05 Pintura de tráfico base agua

Esta debe ser una pintura lista para su uso en pavimentos asfálticos o de cemento Portland; cuya formulación debe obedecer los requerimientos que se hallan en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales" vigente, aprobada por la Entidad competente.

805.06 Material termoplástico

La pintura termoplástica es un material que es aplicado sobre un pavimento asfáltico o de concreto Portland en estado plástico o fundido por calentamiento. Sus cualidades deben estar acordes con las establecidas en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales" vigente, aprobada por la Entidad competente.

805.07 Material plástico preformado

El material preformado para ser aplicado a pavimentos asfálticos o de concreto Portland, viene fabricado en forma de cintas y láminas. Su aplicación es en frío y tiene una larga vida de servicio. Sus cualidades deben estar acordes con las establecidas en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales" vigente, aprobada por la Entidad competente.

805.08 Plástico en frío de dos componentes

Estos son materiales que se presentan en dos componentes, que deben mezclarse inmediatamente antes de su aplicación hasta conseguir una perfecta homogeneidad, ya que endurecen por reacción química entre ambos. Los plásticos en frío de dos componentes deberán cumplir los requisitos establecidos en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales" vigente, aprobada por la Entidad competente.

805.09 Marcas sin características retroreflectivas

Estas corresponden a las marcas retroreflectivas con pintura de tráfico base solvente y base acuosa, a las que no se les adiciona esferas y/o microesferas de vidrio.

805.10 Esferas y Microesferas de vidrio

Las esferas y microesferas de vidrio constituyen el material que aplicado a las pinturas de tránsito producen su retroreflectividad por la incidencia de las luces de los vehículos mejorando la visibilidad nocturna o condiciones de restricciones de iluminación como los producidos por agentes atmosféricos.

Las esferas y microesferas de vidrio deben cumplir los requerimientos establecidos en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales" vigente, aprobada por la Entidad competente.

Requerimientos de construcción

805.11 General

a. Criterios de Selección

Para determinar el tipo de material a emplear en obra, se debe tener en cuenta factores como: zona de trabajo, tiempo de ejecución, temperatura

del ambiente, temperatura de rocío, temperatura del pavimento, tiempo de apertura del tránsito de la carretera, humedad relativa y otros de relevancia, tales como situación de la marca vial, textura superficial del pavimento, tipo de vía y ancho de calzada, IMD, etc.

Tener en cuenta, que los valores y/o márgenes de tolerancia indicados en este documento no son requerimientos de carácter puntual, sino los mínimos exigidos, por lo cual se debe tener en cuenta este aspecto al momento de seleccionar los materiales para demarcación. Se recomienda evitar el uso de materiales que presenten valores y/o márgenes de tolerancia cercanos a los límites requeridos ya que estos podrían verse afectados por agentes o factores diversos.

b. Informe de Programa de Trabajo

El Contratista debe presentar previo a la iniciación del trabajo un informe que indique detalladamente su programa a seguir en la ejecución de este, incluyendo los siguientes aspectos:

- Fecha de entrega de la totalidad o parcialidad de los materiales,
- Lugar de almacenamiento de los materiales, y
- Fecha de aplicación de los materiales.

c. Señalización y Seguridad de las Obras

Previo a todo trabajo de demarcación, el Contratista debe adoptar las medidas de seguridad y señalización para la protección del área de trabajo, tales como banderilleros, cintas, etc.

Estas medidas incluirán que, el Contratista debe instalar la señalización de seguridad de acuerdo al Proyecto y otros elementos que sean necesarios para la protección del área de trabajo, tales como banderilleros, cintas de señalización, letreros, etc., los cuales deben estar ubicados a distancias lo suficientemente amplias como para garantizar condiciones mínimas de seguridad en el tránsito pasante; todo el personal que participe en los trabajos debe vestir chalecos de seguridad vial así como todo equipo de protección personal requerido (EPP) y especifico para la labor que realice; y los vehículos y equipos utilizados en la ejecución de los trabajos deben poseer luces de seguridad y mantenerlos encendidos durante toda la ejecución de los trabajos.

El Contratista antes de iniciar los trabajos debe contar con un documento técnico relacionado a seguridad y salud de los materiales a emplear, el cual debe ser fácilmente accesible en el área de trabajo.

El Contratista debe asegurarse que todo su personal tenga conocimiento de los aspectos de seguridad y salud antes señalados; así mismo, una charla previa de inducción relacionada a este punto, deberá ser impartida a todo el personal antes del inicio de los trabajos de demarcación.

d. Control Previo de los Materiales

El Supervisor efectuará las pruebas del material que se entregue en obra. Para lo cual tomará muestras representativas de cada material, teniendo en cuenta para este fin, lo estipulado en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales" y sus modificatorias vigentes.

e. Empaque y Almacenamiento de Materiales

Los envases de los materiales se encontrarán en buen estado, no serán reactivos con el material contenido, deben estar bien cerrados y de fácil y rápida apertura. Los envases de los materiales deben contener la información necesaria, por ejemplo mediante una etiqueta; información que en función a la naturaleza del material contenido incluye: la denominación exacta del material, color, cantidad, fecha de fabricación, fecha de vencimiento, número de lote, nombre y dirección del fabricante; asimismo debe contener las instrucciones completas de manipulación y aplicación así como las precauciones para su uso.

Tener en cuenta que todos los materiales y sus componentes deben ser protegidos adecuadamente de toda forma de daños todo el tiempo. Todos los materiales deben ser almacenados en espacios cerrados a un rango de temperatura recomendado por el fabricante del material. Condiciones de almacenaje inapropiados pueden causar el rechazo del material almacenado.

f. Preparación de la Superficie

La superficie del pavimento que va a ser demarcada, debe estar seca y libre de polvo, grasa, aceite y otras sustancias extrañas que afecten la adherencia del recubrimiento. Por lo tanto, antes de efectuar los trabajos de demarcación se debe realizar una inspección del pavimento a fin de comprobar su estado superficial y posibles defectos existentes.

La demarcación que se aplique debe ser compatible con el sustrato (pavimento o demarcación antigua); en caso contrario, debe efectuarse el tratamiento superficial más adecuado (borrado de la marca existente, aplicación de un imprimante, etc.) que asegure una buena adherencia sin que el pavimento sufra daño alguno. Se debe contar con la información del fabricante del material sobre la compatibilidad del material nuevo con relación al existente. Siempre se debe exigir los chequeos y garantías de compatibilidad.

Cuando sea necesario, la eliminación de la demarcación antigua, queda expresamente prohibido el empleo de decapantes así como los procedimientos térmicos. Deberá utilizarse un medio que garantice el no deterioro del pavimento, tal como la técnica de borrado mediante agua a alta presión.

Si la demarcación va a ser efectuada sobre pavimentos nuevos se recomienda un tiempo de cura que deberá ser aprobado por el Supervisor, quién además debe definir el método de demarcación temporal para garantizar la seguridad de la vía.

g. Premarcado

Con anterioridad a la aplicación de la demarcación, el Contratista debe efectuar un replanteo de ellas, que garantice una perfecta terminación. Para ello se colocarán en el eje de la demarcación o en su línea de referencia, círculos de no más de 3 cm de diámetro, pintados con el mismo color que se utilizará en la demarcación definitiva, separados entre sí por una distancia no superior a 5 m en curva y 10 m en recta. En casos especiales en que se requiera mayor precisión, se utilizarán premarcados cada 50 cm.

Las marcas guías para demarcación deben ser realizadas empleando equipos de topografía.

h. Limitaciones Climáticas

La aplicación no podrá llevarse en presencia de precipitaciones pluviales y la temperatura ambiental no esté comprendida entre 6ºC y 40ºC, o si la velocidad del viento fuera superior a 25 km/h.

i. Aplicación

Una vez ejecutadas todas las operaciones anteriores, se procederá con la aplicación del material de forma tal que se asegure una correcta dosificación, una homogeneidad longitudinal y transversal, y un perfilado de líneas, de tal manera que no haya exceso ni deficiencias en ningún punto. No se admitirán diferencias de tonalidades dentro de un mismo tramo.

El Contratista debe efectuar la aplicación del material de acuerdo con los procedimientos recomendados por el fabricante, los cuales se deberán proporcionar al Supervisor antes de comenzar los trabajos de demarcación.

Toda demarcación que no resulte satisfactoria en cuanto a color, acabado, geometría, espesor seco, alineamiento longitudinal, adherencia y retroreflectancia, deberá ser corregida o removida por el Contratista mediante un procedimiento satisfactorio para el Supervisor, el cual no afecte la integridad del pavimento, como por ejemplo mediante chorro de agua a alta presión; además el costo de esta labor será asumido por el Contratista. En ningún caso se debe utilizar pintura para demarcación de color negro. Igual tratamiento se debe dar a toda demarcación colocada en desacuerdo con los planos o las instrucciones del Supervisor y que, a juicio de éste, pueda generar confusión o inseguridad a los usuarios de la vía.

Cualquier salpicadura, mancha o trazo de prueba producido durante la demarcación, debe ser removido por el Contratista.

El Contratista debe disponer de los envases vacíos de materiales usados en una forma ecológicamente responsable.

j. Control Diario de Obra

El Contratista debe llevar diariamente un control de ejecución, en el que figure al menos la siguiente información, según sea el caso:

- Tipo y cantidad de materiales consumidos
- Tipo de demarcación
- Tramo, Abscisa inicial y abscisa final
- Dimensiones de la demarcación

- Fecha y hora de aplicación
- Condiciones ambientales tomadas cada hora: temperatura del pavimento, temperatura ambiente, humedad relativa
- Cantidad de metros cuadrados (m^2) o metros lineales (m) aplicados.

k. Dimensiones

La demarcación aplicada sobre el pavimento deben ser lo suficientemente visibles para que un conductor pueda maniobrar el vehículo con un determinado tiempo de previsualización.

Las dimensiones de línea que se debe aplicar al pavimento, así como de las flechas y las letras deberán estar conforme a lo dispuesto por el "Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras" vigente o lo indicado en el Proyecto.

Todas las marcas tienen que presentar una apariencia clara, uniforme y bien terminada. Las marcas que no tengan una apariencia uniforme y satisfactoria, durante el día o la noche, tienen que ser corregidas por el Contratista de modo aceptable para el Supervisor y sin costo para la entidad contratante.

805.12 Especifico

Los requerimientos específicos para cada material empleado en los trabajos de demarcación serán los estipulados en las "Especificaciones Técnicas de Pinturas para Obras Viales" y sus modificatorias vigentes.

Aceptación de los trabajos

805.13 Criterios

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

a. Controles

Durante la ejecución de la aplicación de las marcas en el pavimento el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado de funcionamiento del equipo utilizado por el Contratista.

- Exigir el cumplimiento de las medidas de seguridad y mantenimiento de tránsito según requerimientos de la **Sección 103.**
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados y las dimensiones aplicadas.
- Comprobar los espesores de aplicación de los materiales y la adecuada velocidad del equipo.
- Comprobar que la tasa de aplicación de las microesferas de vidrio se halla dentro de las exigencias del proyecto.
- Comprobar que todos los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos en las **Subsecciones 805.04**; **805.05**; **805.06**; **805.07; 805.08** y **805.10**.
- Evaluar y medir para efectos de pago las marcas sobre el pavimento correctamente aplicadas y aprobadas.

b. Calidad de los materiales

Las marcas en el pavimento solo se aceptarán si su aplicación está de acuerdo con las indicaciones del Proyecto y de la presente especificación. Todas las dimensiones de las líneas de eje, separadora de carriles y laterales símbolos, letras, flechas y otras marcas deben tener las dimensiones indicadas en los planos. Las deficiencias que excedan las tolerancias de estas especificaciones deberán ser subsanadas por el Contratista, y ser aprobadas del Supervisor.

La calidad del material individualmente será evaluado y aceptado de acuerdo a la **Subsección 04.11** y con la certificación del fabricante que garantice el cumplimiento de todas las exigencias de calidad del material para las marcas en el pavimento y de las microesferas de vidrio.

Medición

805.14

La unidad de medición será el metro cuadrado (m^2) independientemente del color de la marca aplicada. Las cantidades terminadas y aprobadas de marcas sobre el pavimento serán medidas como sigue:

- Las líneas que se hayan aplicado sobre el pavimento serán medidas por su longitud total y ancho para obtener la cantidad de metros cuadrados que les corresponde.
- La medición longitudinal se hará a lo largo de la línea central o eje del camino.
- Las marcas, símbolos, letras, flechas y cualquier otra aplicación serán medidas en forma individual y sus dimensiones convertidas a metros cuadrados.
- No habrá medida para la cantidad de microesferas de vidrio, pero el Supervisor deberá hacer cumplir las dosificaciones indicadas en cada caso.

Pago

805.20

El trabajo de marcas permanentes en el pavimento se pagará al precio unitario del Contrato por toda marca ejecutada y aplicada de acuerdo con el Proyecto, esta especificación y aprobada por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de trazo, delineación de las marcas, preparación del terreno, preparación y suministro de materiales incluyendo las esferas y/o microesferas de vidrio, así como su transporte, almacenamiento, colocación y cuidado.

Así mismo suministro del equipo adecuado a cada tipo de marca, operador, personal, vehículo y protección del grupo de trabajo y en general todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos de demarcación del pavimento de acuerdo con el Proyecto, esta especificación, la aprobación del Supervisor y lo dispuesto en la **Subsección 07.05**.

Partida de pago	Unidad de pago
805.A Marcas en el Pavimento	Metro cuadrado (m^2)

SECCION 806

BARRERAS DE SEGURIDAD VIAL

SECCIÓN 806

Barreras de Seguridad Vial

Descripción

806.01

Este trabajo consiste en la instalación de estructuras metálicas flexibles, semirrígidas y rígidas, como elementos de seguridad vial, con la finalidad de contener y redireccionar el vehículo, y mitigar los daños y lesiones a los usuarios de la vía, en el marco de la Directiva "Sistema de Contención de Vehículos Tipo Barreras de Seguridad" vigente y las presentes especificaciones.

806.02 Consideraciones Generales

Las barreras de seguridad se colocarán en las márgenes o los separadores centrales de las vías y serán diseñadas y aprobadas en forma específica para cada caso, de acuerdo al nivel de contención requerido.

Las barreras de seguridad certificadas, son aquellas que han pasado por pruebas de impacto de acuerdo a los requisitos establecidos por la norma NCHRP Report 350 de los Estados Unidos de Norteamérica, o la norma EN 1317 de la Comunidad Europea. Mediante las indicadas pruebas de impacto de obtienen los siguientes parámetros:

- Nivel de Contención
- Nivel de Severidad de Impacto
- Deformación del Sistema
- Capacidad de Redireccionamiento del Sistema

Las pruebas de impacto son realizadas en laboratorios autorizados por los indicados organismos normativos, en cuyo informe deben especificarse los niveles de los parámetros antes indicados, así como los componentes de la barrera de seguridad, planos de diseño, tipo de suelo donde fue instalada, los

videos de pruebas de impacto y demás documentación exigida por la indicada normativa.

El organismo normativo del MTC, revisará y verificará la documentación que contenga la certificación oficial del cumplimiento de las pruebas de impacto que presente el proveedor, y emitirá un documento de conformidad de utilización de determinado tipo de barrera de seguridad, por tanto no se autorizará el uso de barrera de seguridad no certificadas.

El proyectista será responsable de la selección del tipo de barrera de seguridad a instalar y su clasificación tanto para la Norma Americana como para la Norma Europea y el nivel de ancho de trabajo (**Tabla 806-01**).

Tabla 806-01

Niveles de ancho de trabajo - EN 1317

Clases de niveles de ancho de trabajo	Niveles de ancho de trabajo en metros
W1	W ≤ 0,6
W2	W ≤ 0,8
W3	W ≤ 1,0
W4	W ≤ 1,3
W5	W ≤ 1,7
W6	W ≤ 2,1
W7	W ≤ 2,5
W8	W ≤ 3,5

NOTA 1 Se puede considerar un nivel de anchura de trabajo menor que W1.

NOTA 2 La deflexión dinámica y la anchura de trabajo permiten fijar las condiciones de instalación para cada barrera de seguridad, y también definir las distancias a establecer delante de obstáculos para permitir que el sistema se deforme satisfactoriamente.

NOTA 3 La deformación depende tanto del tipo de sistema como de las características de la prueba de impacto.

Fuente: Anexo N°4 Directiva "Sistema de Contención de Vehículos Tipo Barreras de Seguridad".

806.03 Nivel de Contención

Niveles de contención y criterios básicos para su aplicación.

- **P1 - Bajo:** se utilizarán estas barreras para condiciones de nivel de servicio bajo como en zonas urbanas o en carreteras de bajo volumen de tránsito donde predominen el tránsito de vehículos livianos con velocidades de hasta 50 km/h, también pueden ser utilizado como barreras temporales.
- **P2 - Medio:** es el nivel mínimo requerido para carreteras de alta velocidad donde predomine el tránsito de vehículos livianos.
- **P3 – Medio alto:** es el nivel de contención recomendado para vías que tienen un tráfico principal de vehículos de transporte público y autobuses interurbanos con pesos de hasta 10 toneladas.
- **P4 - Alto:** es el nivel recomendado para vías que tienen un tráfico considerable de vehículos pesados como camiones y autobuses con pesos de hasta 30 toneladas.
- **P5 - Muy alto:** es el nivel recomendado para vías que tienen un tráfico considerable de camiones tráiler y semi tráiler.

En la Tabla 806-02 se aprecia los diferentes niveles de contención a utilizarse para el diseño acorde a las normas NCHRP Report 350 o EN 1317.

Tabla 806-02

Niveles de contención

Nivel de contención	NCHRP Report 350	EN 1317
P1 – Bajo	TL2	N1
P2 - Medio	TL3	N2
P3 - Medio alto	TL4	H1 H2 H3
P4 - Alto	TL5 o TL6	H4a
P5 - Muy alto	-	H4b

806.04 Nivel de Severidad del Impacto

El nivel de severidad del impacto considera los siguientes parámetros:

- ASI Índice de severidad de la aceleración.
- THIV Velocidad teórica de choque de la cabeza.
- OIV Velocidad de choque del ocupante.
- ORA Deceleración del ocupante.
- PHD Deceleración de la cabeza tras el choque.
- VCDI Índice de la deformación de la cabina del vehículo.

El ASI y PHD corresponde a las deceleraciones que se producen al interior del vehículo, si las deceleraciones son excesivas estas producen daños y desprendimiento de órganos internos que pueden causar la muerte de los ocupantes del vehículo, por lo que sus valores deben ser limitados.

En la Tabla 806-03, de acuerdo al índice de severidad del impacto, se muestran los valores permisibles de ASI, THIV y PHD.

Tabla 806-03

Índices de severidad del impacto

Índice de severidad del impacto	Valor de los índices		
A	ASI ≤ 1.0	y	THIV ≤ 33 km/h
B	ASI ≤ 1.4		PHD ≤ 20g

NOTA:
- El índice de severidad A proporciona una mayor seguridad para los ocupantes que el B, y es preferible en las mismas circunstancias.
- En localizaciones especialmente peligrosas, donde la contención del vehículo incontrolado (por ejemplo vehículos pesados) es un condicionante primordial, puede ser necesario instalar un sistema de contención sin un índice específico de severidad del impacto. Sin embargo, el valor de los índices determinado en las pruebas debe quedar reflejado en el informe de los mismos.

Fuente: EN 1317 y NCHRP-350

Los valores del OIV y ORA se realizan para el vehículo ligero y deben cumplir lo indicado en la Tabla 806-04 y Tabla 806-05, respectivamente.

Tabla 806-04

OIV – Velocidad de choque del ocupante (m/s)		
Componente	Deseable	Máxima
Longitudinal y lateral	9	12

Tabla 806-05

ORA – Deceleración del ocupante (G's)		
Componente	Deseable	Máxima
Longitudinal y lateral	15	20

806.05 Deformación del Sistema

La absorción de energía se realiza en gran parte por la deformación del conjunto de elementos que componen la barrera de seguridad y el vehículo, estas deformaciones deben ser limitadas y deben de ser compatibles con el lugar y el entorno en el que serán instaladas. Las deformaciones de las barreras de seguridad durante la prueba de impacto vienen caracterizadas por la deflexión dinámica y el ancho de trabajo.

Ver demás indicaciones contenidas en la Directiva "Sistema de Contención de Vehículos Tipo Barreras de Seguridad" vigente.

806.06 Capacidad de Redireccionamiento del Sistema

El vehículo debe ser reconducido por la barrera de seguridad de tal forma que, tras el impacto, la trayectoria de las ruedas no atraviese una línea paralela a la posición inicial de la cara de la barrera de seguridad más próxima al tráfico, situada a una distancia A y sobre una distancia B medida desde la intersección final (ruptura) de la trayectoria de las ruedas del vehículo con la cara de la barrera de seguridad más próxima al tráfico.

Tabla Nº 806-06

Criterios para las Distancias de Salida (Caja de Salida)

Tipo de vehículo	Distancia de Salida (m)	
	A	B
Vehículo Ligero	$2,2 + V_A + 0.16\ V_L$	10,0
Otros vehículos	$4,4 + V_A + 0.16\ V_L$	20,0

Fuente: EN 1317
Donde:
V_A : Ancho del vehículo
V_L : Longitud del vehículo

Materiales

806.07

Los materiales del tipo de barrera de seguridad seleccionada deben cumplir con las características, calidad y especificaciones técnicas de los elementos que fueron utilizados para las pruebas de impacto de certificación del producto.

Equipo

806.08

El Contratista dispondrá del equipo necesario para la correcta y oportuna ejecución de los trabajos especificados, incluyendo herramientas y accesorios que fueran necesarios.

Instalación

806.09

El Contratista será responsable de la correcta instalación del tipo de barrera de seguridad a instalar, la misma que debe contar con el Certificado de Calidad del fabricante, indicando que los materiales y demás accesorios son de la misma calidad y especificaciones técnicas que aquellos con los que se obtuvo la certificación oficial. Los trabajos de instalación se efectuarán de acuerdo a lo establecido en el Proyecto aprobado y las presentes especificaciones.

Aceptación de los trabajos

806.10 Criterios

a. Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar los Certificados de Calidad del fabricante de las barreras de seguridad a instalarse.

- Verificar que el tipo de barrera de seguridad a instalarse cuenta con el Documento de Conformidad emitido al Proveedor, por el órgano normativo del MTC, respecto al cumplimiento de las pruebas de impacto.
- Comprobar que el tipo de barrera de seguridad a instalar corresponde a la seleccionada por el Proyectista, en cuanto a su clasificación tanto para la Norma Americana como Europea, y el nivel de ancho de trabajo.
- Verificar que la instalación que realice el Contratista sea acorde al Proyecto, respetando las especificaciones del fabricante y contando con el apoyo técnico del proveedor.
- Efectuar ensayos de los materiales componentes de la barrera de seguridad de considerarlo necesario.

Medición

806.11 Barrera de Seguridad Vial

La unidad de medida para las barreras de seguridad será el metro lineal (m), aproximado al decímetro (dm), instalada de acuerdo con el Proyecto, esta especificación, y aprobada por el Supervisor.

La medida se efectuará a lo largo de la línea central de la barrera de seguridad entre los centros de los postes de fijación extremos. No se considera en esta medida los terminales, transiciones y conexiones.

Pago

806.12

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda barrera de seguridad vial suministrada, instalada y aprobada por el Supervisor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro, transporte, manejo, almacenamiento, desperdicios e instalación de los postes, láminas, terminales, transiciones y conexiones, y demás accesorios requeridos de acuerdo a las indicaciones del fabricante; la señalización preventiva de la vía y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta sección y según la **Subsección 07.05**.

Partida de pago	Unidad de pago
806.A Barreras de Seguridad Vial (Tipo …)	Metro lineal (m)

SECCION 807
GUARDAVÍAS METÁLICOS

SECCIÓN 807

Guardavías metálicos

Descripción

807.01

Este trabajo consiste en la instalación de estructuras metálicas que, por lo general, se colocan en los bordes de las bermas, separadores centrales y otros lugares de la vía, con fines de señalización y contención donde predomina el tránsito de vehículos livianos, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto.

Clasificación

807.02

La clasificación de los elementos que conforman los guardavías metálicos según la Norma ASSHTO M 180 es la siguiente:

- Tipo I: Láminas galvanizadas en zinc, mínimo 550 g/m^2.
- Tipo II: Láminas galvanizadas en zinc, mínimo 1.100 g/m^2.
- Tipo III: Vigas preparadas para ser pintadas.
- Tipo IV: Vigas de acero resistente a la corrosión.

Dentro de estas clasificaciones podrán ser:

- Clase A: Acero con un espesor nominal de 2,67 mm.
- Clase B: Acero con un espesor nominal de 3,43 mm.

Materiales

807.03

a. Vigas

La forma del guardavías será curvada, del tipo doble onda (perfil W) o del tipo triple onda y sus dimensiones deberán estar de acuerdo con lo indicado en la especificación AASHTO M-180. Los requerimientos en cuanto a espesor de las vigas que formarán los guardavías se indican en la Tabla 807-01

Tabla 807-01

Requerimientos de espesor para las vigas de los guardavías

	Clase A		Clase B	
	Espesor (mm)	Tolerancia (mm)	Espesor (mm)	Tolerancia (mm)
Tipo I	2,74	0,23	3,51	0,25
Tipo II	2,82	0,23	3,58	0,25
Tipo III	2,67	0,23	3,43	0,25
Tipo IV	2,67	0,23	3,43	0,25

Fuente: AASHTO M 180

Las vigas doble onda (perfil W) tendrán un ancho nominal de 483 mm y para las vigas de triple onda el ancho nominal será de 749 mm. La tolerancia respecto del ancho nominal será -3,2 mm.

Las vigas, secciones de transición, secciones finales y de amortiguación serán de lámina de acero y deberán cumplir las propiedades mecánicas descritas a continuación:

1. Vigas y secciones de transición

- Tensión mínima de rotura de tracción 483 MPa
- Límite de fluencia mínimo 345 MPa
- Alargamiento mínimo de una muestra de 50 mm de longitud por 12,5 mm de ancho y por el espesor de la lámina 12%

2. Secciones final y de amortiguación

- Tensión mínima de rotura de tracción 310 MPa
- Límite de fluencia mínimo 227 MPa

Los testigos utilizados para ensayar las propiedades mecánicas deben ser preparados y ensayados según la ASTM A 653 exceptuando la corrección para el espesor de los elementos recubiertos de zinc que debe ser de 0,08 mm para las vigas del Tipo I y de 0,15 mm para vigas del Tipo II.

b. Zinc

Para los guardavías Tipo I y Tipo II, las láminas deberán ser galvanizadas por inmersión en zinc en estado de fusión, con una cantidad de zinc mínima de 550 g/m^2 para la Clase A y de 1.100 g/m^2 para la Clase B.

El zinc utilizado deberá cumplir las exigencias de la especificación AASHTO M-120 y deberá ser, por lo menos, igual al grado denominado "Prime Western".

c. Tornillos y tuercas

A menos que se indique otra cosa en el Proyecto, los tornillos y tuercas a utilizar en los guardavías Tipo I, II y III cumplirán los requisitos indicados en la ASTM A 307. La capa de recubrimiento debe ser lisa, estar libre de elementos cortantes y fuertemente adheridos a la superficie del metal.

Los tornillos y tuercas para los guardavías Tipo IV deberán ser fabricados con un material resistente a la corrosión que cumpla con los requisitos indicados en la ASTM A 307. Todas las conexiones deben formarse con pernos de cabeza ovalada.

Las dimensiones de estos elementos deberán cumplir con las especificaciones de la AASHTO M 180.

d. Sección final y de amortiguación

Las secciones finales y de amortiguación deben ser del mismo o de mayor espesor que las vigas que formen los guardavías.

e. Postes de fijación

Serán perfiles de láminas de acero en forma de U conformado en frío de 5,50 mm de espesor, y una sección conformada por el alma de 15 cm y

los lados de 6 cm cada uno, que permita sujetar la baranda por medio de tornillos sin que los agujeros necesarios dejen secciones debilitadas.

Los postes de fijación deberán ser galvanizados por inmersión en zinc en estado de fusión, con una cantidad de zinc no menor de 550 g/m^2.

Su longitud deberá ser 1,80 m, salvo que el Proyecto establezca un valor diferente.

807.04 Características que debe cumplir el recubrimiento de Zinc

El recubrimiento de zinc utilizado en los guardavías metálicos de los Tipos I y II debe cumplir los requisitos indicados en la **Tabla 807-02.**

Tabla 807-02

Requerimientos para la capa de galvanizado

	Peso del recubrimiento	
	Simple (g/m^2)	Triple (g/m^2)
Tipo I	550	610
Tipo II	1100	1220

Fuente: AASHTO M 180

Equipo

807.05

El Contratista deberá disponer del equipo, y demás herramientas y accesorios necesarios para la correcta y oportuna ejecución de los trabajos especificados.

Requerimientos de construcción

Los guardavías que deban instalarse con un radio de 45 m o menor, deberán adquirirse con la curvatura aproximada de instalación.

El guardavías no necesita ningún revestimiento adicional (pintura o anticorrosivo).

Para la visualización de los guardavías en horas nocturnas, en cada poste se adosará un captafaro, el cual debe cumplir con lo expresado en la **Sección 809.**

807.06 Localización

Si los planos o el Supervisor no lo indican de otra manera, los postes deberán ser colocados a una distancia mínima de 90 cm del borde de la berma y su separación centro a centro no excederá de 3,81 m y en caso de requerirse mayor rigidez del guardavías se instalará un poste adicional en el centro, es decir equidistanciado a 1,91 m. Los postes se deberán enterrar bajo la superficie aproximadamente 1,20 m.

El guardavía se fijará a los postes de manera que su línea central quede entre 0,45 m y 0,55 m, por encima de la superficie de la calzada.

807.07 Excavación

En los sitios escogidos para enterrar los postes se efectuarán excavaciones de sección transversal ligeramente mayor que la del poste, las cuales se llevarán hasta la profundidad señalada en la Subsección anterior.

807.08 Colocación del poste

El poste será hincado o colocado verticalmente dentro del orificio y el espacio entre él y las paredes de la excavación se rellenará con parte del mismo suelo excavado, en capas delgadas, cada una de las cuales se compactará cuidadosamente con pisones, de modo que al completar el relleno, el poste quede vertical y firmemente empotrado. Se deberá nivelar la parte superior o sobresaliente de los postes, para que sus superficies superiores queden alineadas de manera que al adosar los tramos de guardavías no se presenten altibajos en ésta.

807.09 Instalación del guardavía

El guardavía deberá ensamblarse de acuerdo con los detalles del Proyecto y las instrucciones del fabricante de la lámina, cuidando que quede ubicada a la altura sobre el suelo establecida en la **Subsección 807.06**.

807.10 Empalmes

Los empalmes de los diversos tramos de guardavías deberán efectuarse de manera que brinden la suficiente rigidez estructural y que los traslapes queden en la dirección del movimiento del tránsito del carril adyacente.

La unión de las láminas se realizará con tornillos de las dimensiones fijadas en la **Subsección 807.03(c)**, teniendo la precaución de que su cabeza redonda se coloque en la cara del guardavías que enfrenta el tránsito.

807.12 Secciones final y de amortiguación

En los extremos del guardavías metálico se colocarán secciones terminales, las cuales serán, terminal de amortiguación (parachoques) en forma de U o según lo indique el Proyecto, colocado al inicio del tramo de guardavías y terminal final colocado al final del tramo, considerando el sentido del tránsito.

807.13 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá efectuar la instalación de guardavías metálicos que no cuenten con el Certificado de Calidad del fabricante que corresponda al lote a utilizarse.

Aceptación de los trabajos

807.14 Criterios

a. Controles

El Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar los Certificados de Calidad del fabricante de los guardavías a instalarse.
- Comprobar que el tipo de guardavías a instalar corresponde a la seleccionada por el Proyectista.
- Verificar que la instalación que realice el Contratista sea acorde al Proyecto, respetando las especificaciones del fabricante y contando con el apoyo técnico del proveedor.
- Verificar que la excavación sea correcta y que el guardavía se instale de acuerdo con los planos y las instrucciones del fabricante.
- Efectuar ensayos de los materiales componentes del guardavía de considerarlo necesario.

b. Calidad de los materiales

- No se aceptará materiales que incumplan las exigencias de la **Subsección 807.02** y las especificaciones de la AASHTO M-180, M-120.
- El guardavía deberá ser de óptima calidad, y el galvanizado deberá cubrir su superficie la que no deberá presentar defectos tales como ampollas o áreas no cubiertas por el zinc, en cuyo caso serán rechazadas así como aquellas alabeadas o deformadas.

c. Dimensiones

- No se admitirán guardavías cuyo espesor sea inferior en más de 0,23 mm en relación con lo especificado en la **Subsección 807.03(a)** para los guardavías.
- No se admitirán tolerancias en relación con la altura a la cual debe quedar la línea central del guardavías, según se establece en la **Subsección 807.03(e)**.
- En relación con otras dimensiones, tales como la separación entre postes y la distancia del guardavía al borde del pavimento, serán aprobadas por el Supervisor, teniendo en cuenta la morfología de la zona.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo y riesgo, debiendo ser aprobado por el Supervisor.

Medición

807.14 Guardavías metálicos

La unidad de medida para los guardavías metálicos será el metro lineal (m), aproximado al decímetro (dm), instalado de acuerdo con el Proyecto, esta especificación y aprobada por el Supervisor.

La medida se efectuará a lo largo de la línea central del guardavía entre los centros de los postes de fijación extremos. No se considera en esta medida las secciones de amortiguación y final.

Pago

807.15

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo guardavías metálico suministrado, instalado y aprobado por el Supervisor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro, transporte, manejo, almacenamiento, desperdicios e instalación de los postes, láminas, secciones terminales y de amortiguación, y demás accesorios requeridos; la excavación, su relleno, la carga, el transporte y disposición de los materiales sobrantes de ella; la señalización preventiva de la vía y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Partida de pago	Unidad de pago
807.A Guardavías metálico (Tipo …)	Metro lineal (m)

SECCION 808

BARRERA DE SEGURIDAD DE CONCRETO

SECCIÓN 808

Barrera de seguridad de concreto

Descripción

808.01

Este trabajo consiste en la instalación de barreras de seguridad de concreto reforzado, por lo general, se colocan en los bordes de las bermas, separadores centrales y otros lugares de la vía, con fines de señalización y contención vehicular, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto.

Materiales

808.02 Concreto

Para el concreto utilizado en la fabricación de las barreras de seguridad será aplicable lo indicado en las **Subsecciones 503.02** y **503.03.**

Las barreras de seguridad se elaborarán con un concreto cuya resistencia mínima a compresión a los veintiocho días sea de 28 MPa.

808.03 Acero de refuerzo

La armadura de refuerzo cumplirá con lo indicado en la **Sección 504.**

Equipos

808.04

Todo el equipo necesario para la ejecución de los trabajos deberá cumplir con lo estipulado en la **Subsección 05.11.**

En relación al equipo requerido para preparar el concreto, se aplicara lo indicado en las **Subsecciones 438.03(a)** y **(b).**

Se deberá disponer del equipo necesario para la correcta y oportuna ejecución de los trabajos especificados.

Requerimientos de construcción

808.05 Localización

Las barreras de seguridad de concreto deberán instalarse de acuerdo al Proyecto y la aprobación del Supervisor.

808.06 Preparación de la superficie de colocación

Los módulos podrán instalarse de forma individual, sobrepuestos sobre la capa de rodadura del pavimento, en los lados, en el medio, o en las bermas de las vías, asegurando que los módulos se enganchen entre sí.

En caso que las defensas no se coloquen sobre la capa de rodadura del pavimento, se apoyarán sobre una capa de 20 cm de concreto hidráulico, o un solado artificial o una capa estabilizada convenientemente, compactada y nivelada, de tal forma que se garantice que una vez colocada la defensa, el desnivel de la superficie superior de la misma, medida en la dirección del eje de la carretera, sea inferior a lo especificado en la **Subsección 808.11.** La superficie de apoyo deberá ser firme, homogénea, uniforme y libre de protuberancias.

808.07 Fabricación de las barreras de seguridad de concreto

a. Barreras de Seguridad de concreto fabricados in situ

La fabricación de las barreras de seguridad de concreto será de acuerdo al Proyecto y con lo establecido en las **Secciones 503** y **504.**

b. Barreras de seguridad prefabricadas de concreto

Podrán utilizarse módulos hasta de 3 m de largo o más si así lo apruebe el Supervisor. La sección transversal y demás detalles para el drenaje, se ajustarán a las dimensiones definidas en el Proyecto y en especial, a la norma ASTM C 825.

Las dimensiones de los elementos de concreto y el acero de refuerzo serán los establecidos en el Proyecto y con lo establecido en las **Secciones 503** y **504.**

808.08 Consideraciones adicionales

Para el inicio y el término de las barreras, se construirán módulos especiales de altura variable, con sus respectivas piezas de enganche, de modo que la barrera disminuya paulatinamente su altura desde el borde superior hasta 20 cm, medidos desde el piso, en 18 m de longitud. Cuando sea posible, estos tramos extremos serán además curvados. En caso que la barrera sea corta para realizar la transición respectiva en 18 m, ésta se realizará en una longitud menor pero gradualmente hasta la altura especificada.

Las barreras deberán tener perforaciones en su base, que permitan el adecuado drenaje de las aguas superficiales de la calzada.

Las juntas deberán ser rellenadas con un material adecuado y aprobado por el Supervisor.

Aceptación de los trabajos

808.09 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Comprobar que los materiales utilizados cumplan las exigencias de la presente especificación
- Verificar que la superficie de colocación sea correcta y que la barrera se construya e instale de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del fabricante en caso de elementos prefabricados.

b. Calidad de los materiales

En lo referente a la calidad del cemento, agua, agregados y eventuales aditivos y productos químicos de curado, se aplicarán los criterios expuestos en las **Subsecciones 503.11(b)**, **503.11(c)**, **503.11(d)** y **503.11(e)**.

En relación con la calidad de la mezcla, se aplicará lo descrito en la **Subsección 503.11(f)**. Si las resistencias de los núcleos tomados de la obra ejecutada no resultasen satisfactorias, el Supervisor rechazará el tramo representado por dichos núcleos y el Contratista deberá demoler la

obra ejecutada, remover los escombros, cargarlos, transportarlos, depositarlos en los DME, según lo indicado en la **Sección 209,** y proceder a su reconstrucción a cuenta, costo y riesgo. En relación a la calidad del acero para el refuerzo, se aplicarán los criterios de la **Subsección 504.09(b)** y la **Subsección 504.09(c).**

808.10 Tolerancias en dimensiones

En relación con la calidad del producto terminado, el Supervisor no aceptará barreras de seguridad de concreto que presenten desperfectos de alineamiento o cuya sección transversal presente variaciones, en ancho o altura, superiores a 1 cm con respecto a los señalados en el Proyecto.

En alineaciones rectas o en curvas de radio superior a 300 m, la distancia entre las barreras y el eje del camino, tendrá una tolerancia de ±30 cm.

En curvas de radio igual o inferior a 300 m, la tolerancia para la distancia entre las barreras y el eje del camino será de ±6 cm.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas deberán ser corregidas por el Contratista, a su costo, y con aprobación del Supervisor.

822.11 Calidad del trabajo terminado

Para barreras de seguridad de concreto, se considerará para el control de calidad, el lote que resulte del menor valor entre 500 m o la fracción construida diariamente. El control de la regularidad de la superficie superior de la barrera, medida en la dirección del eje de la carretera, se efectuará mediante una regla de 3 m sobre la totalidad de la obra. No se admitirán desniveles superiores a 5 mm en más del 30% del tramo comprobado, ni más de 1 cm en ningún punto.

En barreras de seguridad prefabricadas, se tomará un lote constituido por cinco elementos cualesquiera, sobre los que se comprobará que las barreras no deben presentar rebabas que sean de indicio de pérdidas graves de lechada, ni irregularidades de más de 6 mm, ni superficie alguna que deje a la vista las armaduras de refuerzo. Tampoco deben presentarse caras deterioradas en las que el concreto aparezca deslavado, ni señales de discontinuidad. No se aceptarán barreras con fisuras de más de 0,1 mm de ancho, o con fisuras de retracción de más de 2 cm de longitud.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias de calidad del producto terminado deberán ser reemplazadas por el Contratista, a su costo, y con la aprobación del Supervisor.

Medición

808.12

La unidad de medida será el metro lineal (m), aproximado al decímetro (dm), para toda la defensa instalada de acuerdo con el Proyecto, esta especificación y aprobada por el Supervisor. La medida se efectuará a lo largo de la línea central de las barreras de seguridad de concreto.

Cuando la fracción centesimal sea ≥0,05 la aproximación se realizará al decímetro superior, y si es menor, se realizará al decímetro inferior.

Pago

808.13

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por toda barrera de seguridad de concreto suministrado e instalado, aprobado por el Supervisor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de suministro, transporte, manejo, almacenamiento e instalación de los materiales necesarios para la ejecución de los trabajos, el acero, el concreto, el material para juntas, aditamentos especiales y demás accesorios requeridos. También se incluirá la preparación de la superficie de colocación, la carga, el transporte y eliminación de los materiales sobrantes, la señalización preventiva de la vía y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos específicos.

Partida de pago	Unidad de pago
808.A Barreras de seguridad de concreto	Metro lineal (m)

SECCION 809

CAPTAFAROS

SECCIÓN 809

Captafaros

Descripción

809.01

Este trabajo consiste en la colocación de dispositivos de señalización generalmente como complemento de marcas en el pavimento u otros lugares de la vía, con la finalidad de alertar, guiar o informar al usuario en horas de la noche, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto.

Materiales

809.02

El captafaro se fabricará en acero laminado en caliente, galvanizado, de 2,50 mm de espesor, revestida con una capa de zinc en caliente mediante el proceso de inmersión, en una cuantía mínima de 550 g/m^2, incluyendo ambas caras, de acuerdo a la especificación ASTM A-123.

Los captafaros instalados sobre el pavimento se fijarán utilizando adhesivos, vástagos o por incrustación.

Los captafaros instalados en guardavías metálicos llevarán un tornillo con su respectiva tuerca y arandela, el cual permite su aseguramiento.

Las caras exteriores deberán ir revestidas con lámina retroreflectiva de tipo III o IV, según se indica en la **Subsección 800.06**, de color amarillo, y que cumplan los valores mínimos de retroreflectividad de la **Tabla 800-01**, la cual se adhiere al captafaro utilizando el autoadhesivo de este material. La lámina deberá ser colocada dentro del captafaro dejando un borde exterior de 3 mm para evitar acciones vandálicas.

Las dimensiones y forma del captafaro se indicarán en el Proyecto.

Equipo

809.03

Para la instalación de los captafaros, se requiere:

- Taladros
- Llaves fijas o de expansión para tornillos.
- Equipo de soldadura.
- Otros equipos y herramientas menores.

Requerimientos de construcción

809.04

Los captafaros se colocarán a separados a distancias establecidas en los planos.

En el caso de los captafaros colocados en los guardavías metálicos, se utilizarán los postes, introduciendo el tornillo por el hueco que dejan los ojales de los tramos de guardavías traslapados, sujetándolos con el tornillo y colocando un punto de soldadura a la tuerca para garantizar la fijación del elemento al guardavía metálico.

Aceptación de los trabajos

809.05 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado por el Contratista.
- Comprobar que los materiales utilizados cumplan con las exigencias de la presente especificación.

- Verificar que los trabajos se ejecuten de acuerdo con lo que establece la presente especificación.
- Contar, para efectos de pago, los captafaros correctamente elaborados e instalados.

b. Condiciones específicas y tolerancias para la aceptación

El Supervisor sólo aceptará los captafaros elaborados con materiales adecuados instalados conforme lo establece el Proyecto.

Medición

809.06

Los captafaros se medirán por unidad (Und.) suministrada e instalada de acuerdo con el Proyecto, la presente especificación y la aprobación del Supervisor.

Pago

809.07

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato, por todo captafaro suministrado e instalado de acuerdo con esta especificación y la aprobación del Supervisor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de preparación, suministro, transporte, almacenamiento, desperdicios e instalación del captafaro; el suministro e instalación de todos los elementos necesarios para asegurarlo al pavimento o guardavía; la señalización preventiva de la vía y, en general, todo costo adicional relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta sección y según la **Subsección 07.05.**

Partida de pago	Unidad de pago
809.A Captafaros	Unidad (Und.)

SECCION 810

POSTES DE KILOMETRAJE

SECCIÓN 810

Postes de kilometraje

Descripción

810.01

Este trabajo consiste en la colocación de hitos de concreto armado, que tienen por finalidad indicar el kilometraje de una vía, en forma progresiva,, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto, en el marco del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras vigente.

Materiales

810.02 Concreto

Los postes serán prefabricados y se elaborarán con concreto reforzado de acuerdo a lo indicado en el Proyecto y señalado en la **Subsección 503.04,** El anclaje será de concreto vaciado en sitio siguiendo lo indicado en esta misma Subsección.

810.03 Refuerzo

La armadura de refuerzo cumplirá con lo indicado en el Proyecto y el Manual anteriormente mencionado. Los postes serán reforzados con acero que cumpla las exigencias de la **Subsección 504**.

810.04 Pintura

El color de los postes será blanco y se pintarán con esmalte sintético. Su contenido informativo en bajo relieve, se hará utilizando esmalte negro y caracteres del alfabeto serie C y letras de las dimensiones mostradas en el Manual anteriormente mencionado.

Equipo

810.05

Se deberá disponer de todos los equipos necesarios para la correcta y oportuna ejecución de los trabajos especificados.

Requerimientos de construcción

810.06 Fabricación de los postes

Los postes se fabricarán fuera del sitio de instalación, con concreto y una armadura que satisfagan los requisitos de calidad establecidos en la **Subsección 810.02** y **810.03,** con la forma y dimensiones establecidas para el poste de kilometraje en el Manual anteriormente mencionado.

La pintura del poste se realizará con productos acordes con lo indicado en la **Subsección 810.04** y con los colores establecidos para el poste.

810.07 Ubicación de los postes

Los postes se colocarán en los sitios que indique el Proyecto o señale el Supervisor, como resultado de mediciones efectuadas por el eje longitudinal de la carretera. La colocación en el caso de carreteras de una pista bidimensional se hará en el costado derecho de la vía para los kilómetros pares y en el izquierdo para el kilometraje impar. En caso de autopistas se colocará un poste de kilometraje en cada pista y en cada km. Los postes se colocarán a una distancia del borde de la berma de cuando menos 1,5 m, debiendo quedar resguardado de impactos que puedan efectuar los vehículos.

810.08 Excavación

Las dimensiones de la excavación para anclar los postes en el suelo deberán ser las indicadas en el Proyecto y en concordancia con el Manual vigente anteriormente mencionado.

810.09 Colocación y anclaje del poste

El poste se colocará verticalmente de manera que su leyenda quede perpendicular al eje de la vía. El espacio entre el poste y las paredes de la

excavación se rellenará con el concreto de anclaje cuyas características se han descrito en la **Subsección 800.02**.

810.10 Limitaciones en la ejecución

No se permitirá la colocación de postes de kilometraje en presencia de precipitaciones pluviales, ni cuando haya agua retenida en la excavación o el fondo de ésta se encuentre demasiado húmedo.

Toda agua retenida en la excavación deberá ser retirada por el Contratista antes de colocar el poste y su anclaje.

Aceptación de los trabajos

810.11 Criterios

a. Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles:

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo empleado por el Contratista.
- Comprobar que los materiales y mezclas satisfagan las exigencias de la presente especificación.
- Verificar que los postes tengan las dimensiones correctas y que su instalación esté conforme con los planos y las exigencias de esta especificación.
- Contar, para efectos de pago, los postes correctamente elaborados e instalados.

b. Calidad de los materiales

El Supervisor no admitirá tolerancias en relación con los requisitos establecidos en las **Subsecciones 810.02**, **810.03** y **810.04** para los diversos materiales que conforman los postes y su anclaje.

c. Excavación

La excavación no podrá tener dimensiones inferiores a las establecidas en las **Subsección 810.08**. El Supervisor verificará, además, que su fondo sea horizontal y se encuentre debidamente compactado, de manera que proporcione apoyo uniforme al poste.

d. Instalación del poste

Los postes de kilometraje sólo serán aceptados por el Supervisor, si su instalación está en total acuerdo con lo indicado en **Subsección 810.09**.

e. Dimensiones del poste

No se admitirán postes cuyas dimensiones sean inferiores a las indicadas en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito automotor para Calles y Carreteras vigente. Tampoco se aceptarán si una o más de sus dimensiones exceden las indicadas en el Manual en más de 2 cm.

Todas las deficiencias que excedan las tolerancias mencionadas, deberán ser corregidas por el Contratista, a su cuenta, costo, riesgo, y con la aprobación del Supervisor.

Medición

810.12

Los postes de kilometraje se medirán por unidad (Und.) instalada de acuerdo con el Proyecto y la presente especificación, y aprobada por el Supervisor.

Pago

810.13

El pago se hará al respectivo precio unitario del contrato por todo poste de kilometraje instalado y aprobado por el Supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos de materiales, fabricación, pintura, manejo, almacenamiento y transporte del poste hasta el sitio de instalación; la excavación y el concreto para el anclaje; carga, transporte y disposición en los sitios que defina el Supervisor de los materiales excavados; la instalación del poste y, en general, todo costo adicional requerido para la correcta ejecución del trabajo especificado.

El pago constituirá compensación total por los trabajos señalados en esta Sección y según la **Subsección 07.0.**

Partida de pago	Unidad de pago
810.A Postes de kilometraje	Unidad (Und.)

CAPITULO IX

PROTECCIÓN AMBIENTAL

SECCION 901

CAPA SUPERFICIAL DE SUELO

SECCIÓN 901

Capa superficial de suelo

Descripción

901.01

Este trabajo consiste en la colocación de capa de suelo suministrado o conservado, debidamente aprobado, con la finalidad de restaurar el suelo original y/o forestar áreas afectadas por la obra, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto.

Materiales

901.02

Se distinguen 2 tipos de materiales de capa superficial a usar:

a. Suelo suministrado

El que demuestre condiciones para siembra y crecimiento de grass u otras plantas, de acuerdo al cumplimiento de las siguientes características:

1. Textura

- Materia orgánica, MTC E 134: 3 a 10%
- Arena, MTC E 109: 20 a 70%
- Limo, MTC E 109: 10 a 60%
- Arcilla, MTC E 109: 5 a 30%
- pH, de acuerdo al ensayo MTC E 129: 6 a 8

Las referencias AASHTO arriba indicadas se refieren a métodos de ensayo de materiales que deberán emplearse para la verificación de las características de los materiales conformantes. Una breve descripción de estos métodos es como sigue:

i. MTC E 134:

Este método proporciona una estimación válida del contenido de materia orgánica en suelos por oxidación y vía húmeda.

ii. MTC E 109:

Este método de análisis mecánico de suelos describe el procedimiento para la determinación cuantitativa de la distribución por dimensión de partículas en suelos.

iii. MTC E 129:

Este método describe el procedimiento y aparatos de medición para la determinación de un valor pH (potencial del hidrógeno), que podría ser usado en posible ensayo de corrosión en el caso de que se quisiera obtener una medida suplementaria de la resistividad del suelo.

b. Suelo conservado

Suelo excavado y conservado de los trabajos de construcción de carretera y que es apropiado para el crecimiento de la vegetación nativa o silvestre.

Requerimientos de Construcción

901.03 Preparación de área

Alisar todas las pendientes y áreas destinadas a ser cubiertas por esta capa superficial de suelo. De ser necesario se deberán efectuar rellenos de hondonadas, depresiones o zonas excavadas hasta alcanzar niveles sobre los que se colocará la capa superficial de suelo. Escarificar pendientes 1:3 con drenaje natural evitando zonas en que se pueda ocasionar acumulación de agua o acondicionar el área a una profundidad como mínimo de 15 cm.

901.04 Colocación de Capa Superficial de Suelo

Se deberá notificar al Supervisor con anterioridad de 07 días, el comienzo de la colocación de capa superficial de suelo. No colocar el suelo del lugar o el material de la capa misma cuando esté congelada, excesivamente húmeda o en alguna otra condición que vaya en detrimento del trabajo. En primer lugar hacer uso de todo el material de suelo conservado para cubrir el suelo original y continuar de ser necesario restaurando la capa superficial de suelo con

material suministrado. Durante la ejecución de las operaciones de traslado y de extensión del material mantener las superficies de la carretera limpia.

Extender esta capa superficial de suelo a una profundidad tal que, luego de su asentamiento proporcione la profundidad requerida indicada en el Proyecto. Desintegrar los terrones o montículos existentes del material de suelo con equipo apropiado de modo de obtener una textura uniforme. Remover y disponer los terrones que no se han desintegrado, piedras de dimensión mayor a 5 cm., raíces u otros elementos extraños según lo establecido en la **Sección 209.**

Compactar esta capa superficial después de su colocación usando un rodillo pata de cabra o tractor de orugas u otro equipo similar, aprobado por el Supervisor solo para perfilar el área, tomando en cuenta que el suelo debe tener una estructura y porosidad adecuada si va a ser revegetado. Hacerlo en forma perpendicular al flujo natural de agua.

Aceptación

901.05

Durante la ejecución de esta partida el material suministrado para capa superficial de suelo será evaluado, según lo indicado en la **Subsección 04.11** y de conformidad a los resultados de aplicación de los métodos de ensayo MTC indicados.

La colocación de la capa superficial de suelo será evaluada siguiendo las indicaciones de la presente especificación.

Medición

901.06

El suministro y la colocación de la capa superficial del suelo y colocación de la capa superficial de suelo conservado, se mide por Hectárea (ha) sobre la superficie del terreno.

Pago

901.07

Las cantidades aceptadas, serán pagadas a precio del contrato por unidad de medida por todo trabajo ejecutado satisfactoriamente de acuerdo con la presente especificación, aprobado por el Supervisor y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**. El pago de esta partida será compensación total por el trabajo prescrito en esta sección: provisión de material adecuado, transporte, colocación, herramientas, equipo, riego y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.

Partida de pago	Unidad de pago
901.A Capa superficial de suelo	Hectárea (ha)

SECCION 902

ÁRBOLES Y ARBUSTOS PARA COBERTURA VEGETAL DE TERRENO

SECCIÓN 902

Árboles y arbustos para cobertura vegetal de terreno

Descripción

902.01

Este trabajo consiste en la provisión y plantación de árboles y arbustos con la finalidad de restaurar la vegetación de las áreas que hayan sido alteradas por el proceso constructivo, de acuerdo con estas especificaciones, en conformidad con el Proyecto y aprobación del Supervisor.

Materiales

902.02

El Contratista deberá proveer todos los materiales e insumos para la ejecución de esta especificación, tales como:

- Fertilizante orgánico.
- Sustrato (tierra de chacra + arena de río).
- Cubierta retenedora de humedad (paja, aserrín).
- Plantas y árboles.
- Agua.

Se utilizará fertilizantes orgánicos como compost y humus, la cantidad estará de acuerdo a las variables edáficas de cada zona y será aprobada por el Supervisor.

El sustrato está conformado por la mezcla de tierra de chacra y arena de río, la proporción puede ser de 2:1 o de 1:1, esto va a depender de las características físicas del suelo, lo que se quiere obtener es un suelo suelto, que permita que las raíces de las plantas tengan buen desarrollo.

Las plantas deben ser de buena calidad, es decir deben tener un tamaño mayor a 30 cm, estar sanas libres de enfermedades, rustificadas, tallos no bifurcados, etc.

Las plantas se pueden presentar bajo las siguientes formas:

- Raíces al descubierto sin pan de tierra.
- Raíces con pan de tierra.
- Raíces en recipientes plásticos.

En lo pertinente a la producción de plantas se deberán cumplir las siguientes normas vigentes de calidad y/o de uso:

- Los productos químicos de sanidad utilizados en los viveros deberán estar dentro de la lista de los autorizados por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud.
- De sanidad de vegetación según lo normado por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) del Ministerio de Agricultura.
- De extracción y uso de agua: Uso del Recurso Agua Tipo III: "Agua para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales", según lo estipulado en el Reglamento de los Títulos I, II y III del D.L. N°. 17752 "Ley General de Aguas" vigente.

Requerimientos de Construcción

902.03 General

El Contratista contará con la participación de un Ingeniero Forestal o Agrónomo en la ejecución de esta especificación, quien determinará el método de siembra apropiado.

La revegetación se efectuará con especies típicas de la zona u otras especificadas en el Proyecto y Estudio de Impacto Ambiental de la carretera a construir.

En zonas de Sierra y Selva se deben considerar los meses apropiados de siembra que permita aprovechar las aguas de lluvia, pero con las precauciones del caso para evitar el deterioro de las áreas reforestadas.

No se permitirá la siembra de plantas en suelo congelado, cuando la nieve cubra el suelo o cuando el suelo no esté en condición satisfactoria para la plantación.

Es preferible utilizar plantas suministradas en bolsas, pues su porcentaje de prendimiento comparado con las plantas con raíz al descubierto es mayor. En ambos casos, en zonas de sierra, deben ser plantadas al inicio del periodo de lluvias.

El grupo de plantas será suministrado mediante un sistema de sostenimiento de raíz de tipo fibroso y cohesivo. No está permitido el suministro de plantas cuyo crecimiento en recipiente muestre evidencias de confinamiento forzado, reconocible cuando la parte superior de la planta está fuera de proporción (más largo) a la dimensión del recipiente o cuando tiene sus raíces crecidas fuera de él.

902.04 Inspección y distribución

El Contratista notificará al Supervisor con 30 días de anticipación respecto a la fecha de despacho del material a obra, con el fin que el Supervisor esté presente en el proceso de selección de plantas en el vivero forestal, que hará el Contratista de conformidad a lo indicado en el Proyecto. El Contratista proporcionará al Supervisor los certificados comerciales e información escrita completa del proveedor del material de plantas, donde se indicará las especies, cantidad, sanidad, tamaño promedio y edad, por lo menos 15 días previos al despacho de las plantas hacia el lugar de la obra.

902.05 Protección y almacenamiento temporal

Previamente se debe construir camas de espera que deben estar ubicadas en lo posible en un sitio con agua y protegidas de las inclemencias climáticas (insolación, viento y heladas), las plantas permanecerán temporalmente hasta que se disponga la plantación según el cronograma de actividades indicado por el Proyecto. El mantenimiento y manejo que se brindará a las plantas en las camas de espera será como sigue:

- En el caso de plantas con raíces al descubierto, separar las plantas y cubrir las raíces provisionalmente con tierra en surcos con agua.
- Plantas con bolsas, riego con manguera o regaderas y cubrir las bases de tierra de las plantas con maleza y paja u otro material apropiado y mantenerlo húmedo.

Instalar en su sitio definitivo y en el término de 30 días, todo el material de plantas de acuerdo con la **Subsección 902.04**.

902.06 Excavación de hoyos

Limpiar el área, removiendo todo el material inapropiado que exista en el lugar donde se va a plantar. Luego se realiza la marcación de los hoyos que va a depender del diseño de la plantación a instalar. Excavar el hoyo para planta como sigue:

a. Dimensiones de Hoyos

Los hoyos deben de tener por lo menos 40 cm de largo por 40 cm de ancho por 40 cm de profundidad, de acuerdo al tipo de planta.

b. Distanciamiento entre hoyos

Si la plantación se realiza en terreno plano se aplica un diseño cuadrático y el distanciamiento corresponderá a 4 m entre planta y planta. Si la plantación se realiza en laderas en terrenos con pendientes se realiza un diseño a tresbolillo, siguiendo las curvas de nivel y se aplicará un distanciamiento de 3 m entre planta y planta. Los distanciamientos dependen de la especie a plantar, estos pueden variar si el Proyecto así lo determina.

La tierra extraída de los hoyos puede ser usada para la instalación de las plantas si su calidad edáfica es adecuada para la especie a plantar, para esto previamente se deben separar las piedras, raíces u otros residuos que pudiera tener.

Los hoyos después de excavados pueden ser rellenados parcialmente con el suelo ya limpio, para evitar que el suelo descubierto pierda humedad o la tierra sea arrastrada por efecto de la precipitación.

902.07 Instalación de plantas

No se debe plantar hasta no contar con la inspección y aprobación del Supervisor. Las plantas del "stock" en espera de plantación que no cumplan las especificaciones técnicas de calidad serán rechazadas y reemplazadas por nuevas plantas de la misma especie y con la calidad mínima requerida, a cuenta y costo del Contratista.

a. Llenado de Hoyos con sustrato

El llenado de los hoyos se realizará con el sustrato preparado en base a la mezcla de tierra de chacra y arena de río, en la proporción determinada según las características físicas del suelo.

b. Plantación en terreno definitivo

- Si el hoyo está cubierto, hacer una apertura en el centro, suficiente como para introducir la planta en bolsa o la planta a raíz desnuda.
- Realizar la poda de la raíz. Eliminar las raíces de la base, cortando la parte inferior del envase de 2 a 3 cm. Igualmente, realizar dos cortes longitudinalmente a lo largo del envase y en forma superficial, sólo para cortar las raíces. En forma similar si la planta es a raíz desnuda se realiza la poda de las raíces secundarias y principal.
- Eliminar completamente el envase y colocarlo a un costado del hoyo.
- Si el hoyo está completamente abierto, rellenar con tierra superficial, calculando el tamaño de la planta. Colocar la planta en el centro y en posición vertical, rellenar el hoyo con tierra superficial y luego con la tierra extraída del fondo del hoyo, hasta cubrir la planta a la altura del cuello de la raíz. Si la tierra contigua al hoyo es de buena calidad, se le utiliza para rellenarlo, en vez de la tierra extraída del fondo del hoyo, esto siempre y cuando el suelo del lugar presente buenas condiciones edáficas, sino usar el sustrato preparado con la tierra de chacra y la arena de río.
- Apisonar la tierra del hoyo de los bordes hacia adentro, sin llegar a compactarla, dejando un espacio de 2 a 3 cm entre la superficie el hoyo y la del terreno. Esta depresión facilitará la captación de agua.
- Instalación de tutores a cada planta, que consiste en cañas o palos de un tamaño de 1,5 m, que se instala cerca de la planta amarrado con una pita suavemente. Los tutores protegen las plantas de los fuertes vientos, manteniéndolas en pie.

Finalizado la tarea recoger bolsas o envases para desecharlos adecuadamente.

902.08 Fertilización

Fertilizar usando cualquiera de los siguientes métodos:

- Mezclar el fertilizante con la tierra (sustrato) al momento de plantar. Cuando el hoyo se abre con anticipación, al momento de taparlo, también se aplica el fertilizante orgánico (compost o humus).
- Esparcir uniformemente el fertilizante alrededor del área del hoyo de plantas individuales o encima de los asientos de arbustos. Aplicar y mezclar el fertilizante en los 5 cm superiores de tierra de relleno.

902.09 Riegos

Regar las plantas durante e inmediatamente después de plantarlas y a lo largo del período de establecimiento de la planta; tomar en cuenta que la frecuencia y cantidad de riego está en función de varios factores como la especie elegida, el tipo de suelo, las precipitaciones, la temperatura, etc. Por lo que es de suma importancia proporcionar a las plantas el agua que realmente necesita para su prendimiento, crecimiento y desarrollo.

902.10 Período de establecimiento de la planta

El período de establecimiento de las plantas es de un año contado a partir de la finalización de la plantación. Emplear en este tiempo todos los medios que sean necesarios para preservar las plantas en una condición saludable de crecimiento. El cuidado durante este período comprende el riego, mantenimiento de hoyos, podas, recalce o cambio de plantas muertas, reparación o reemplazo de tutores, control fitosanitario y evaluación periódica de las plantas instaladas.

El Contratista será responsable de la ejecución, cuidado y protección de las áreas en que se ha efectuado la plantación hasta la fecha de la entrega de la obra a la entidad contratante, pero si a esta fecha no se ha cumplido con el período de establecimiento de las plantas, será responsable por las plantaciones hasta la culminación de éste.

Aceptación

902.11

El material de plantación (que incluye las plantas, el fertilizante, cubierta retenedora de humedad y suelo de cobertura superficial) será evaluado mediante inspección visual hecha por el Supervisor durante el cumplimiento de ejecución de esta especificación y mediante certificación de calidad del material de parte del proveedor.

Se hará una inspección del material de plantación 15 días antes del término del período de establecimiento de la planta para identificar aquellas plantas muertas, agonizantes o enfermas, para su remoción y reemplazo (recalce). Durante la siguiente estación de plantación remover y reemplazar todas aquellas plantas identificadas de acuerdo a esta sección. Una inspección final de todo el material de plantas dentro de los 15 días después de completar la plantación de reemplazo será la base para aceptación final.

Medición

902.12

Medir las plantas por unidad (Und.).

Pago

902.13

Las cantidades aceptadas, medidas tal como anteriormente se indica, serán pagadas a precio de contrato por unidad de medida para la partida de pago tal como se consigne en el presupuesto oferta. El pago de esta partida será compensación total por el trabajo prescrito en esta sección, en el que se incluye la provisión de las plantas, fertilizantes, tierra vegetal, cubiertas retenedoras de humedad, riegos periódicos, transporte, período de establecimiento de la planta y en general todo trabajo ejecutado con aprobación del Supervisor y según lo indicado en la **Subsección 07.05**. Los pagos parciales por plantas serán hechos como sigue:

- 70% del precio oferta será pagado a continuación de la plantación inicial.
- El 30% restante del precio oferta será pagado en la última valorización de obra, previa verificación que se ha cumplido con lo estipulado en la **Subsección 902.10**.
- De no haberse vencido el período de establecimiento de las plantas, el Contratista presentará una Carta Fianza que garantice el cumplimiento de lo estipulado en la **Subsección 902.10** por el monto equivalente al tiempo y trabajo implicado pendiente.

Partida de pago	Unidad de pago
902.A Árboles y arbustos para cobertura vegetal de terreno	Unidad (Und.)

SECCION 903

HERBÁCEAS PARA COBERTURA VEGETAL DE TERRENO

SECCIÓN 903

Herbáceas para cobertura vegetal de terreno

Descripción

903.01

Este trabajo consiste en la preparación del suelo, siembra de semillas de herbáceas, riego, fertilización, y colocación de cubierta de paja retenedora de humedad, con finalidad de evitar y mitigar la erosión y ocurrencia de procesos geodinámicos que pudieran afectar la flora, fauna y poblaciones aledañas a la vía, de acuerdo con estas especificaciones, en conformidad con el Proyecto y aprobación del Supervisor.

La aplicación de este trabajo se realizará sobre taludes de terraplenes, cortes y otras áreas.

Materiales

903.02

El Contratista deberá proporcionar todos los materiales e insumos para la ejecución de los trabajos, tales como:

- Polvo de piedra caliza de uso agrícola.
- Fertilizante.
- Cubierta retenedora de humedad (paja, aserrín).
- Semilla de plantas nativas o silvestres preferentemente o de otras especies planteadas en el Proyecto.
- Emulsión estabilizante.
- Agua.

El tipo de fertilizante estará indicado en el Proyecto, tomado del listado de fertilizantes de producción nacional e importada, emitido por la Oficina de Información Agraria del Ministerio de Agricultura "Fertilizantes" actualizados.

En lo pertinente al caso de material, deberán cumplir las normas vigentes de calidad y/o de uso que se indican en la **Subsección 902.02.**

Requerimientos de construcción

903.03 Estaciones de sembrado de cobertura vegetal

Sembrar durante la estación de crecimiento preponderante en el lugar de la obra. Evitar sembrar durante viento fuerte o cuando el terreno es muy húmedo, congelado o en su defecto hasta cuando sea utilizable.

903.04 Preparación del terreno para el sembrado

Nivelar el área de sembrío de semillas según alineamiento y pendiente establecidas en el Proyecto. Remover las malezas, tronquillos, piedras de 5 cm de diámetro o mayores y algún otro escombro que esté en detrimento a la aplicación, crecimiento o mantenimiento de la vegetación herbácea.

Cultivar el área de sembrío de semillas a una profundidad mínima de 10 cm y preparar un lecho firme para su colocación.

En los taludes con una inclinación superior a 3:1, la profundidad del cultivo podrá ser disminuida como se indique en el Proyecto.

La caliza, si fuera necesaria, se aplicará antes o durante la preparación del terreno de siembra y se mezclará uniformemente con la tierra.

903.05 Riego

Humedecer las áreas antes del sembrado y mantener la humedad hasta 10 días después de la germinación de las semillas.

903.06 Fertilización

Aplicar el fertilizante bajo los siguientes métodos:

a. Método en seco

El fertilizante se incorporará en la parte superior del terreno antes de la operación de la siembra de semillas.

b. Método hidráulico

El fertilizante y las semillas podrán ser aplicados en una sola operación. En este caso se adiciona fertilizante a la pasta aguada formada por agua, semillas y otros determinados en la **Subsección 903.07**.

903.07 Siembra

Aplicar las semillas bajo alguno de los siguientes métodos:

a. Método en seco

Aplicar las semillas con un sembrador mecánico de las características existentes en el mercado y aprobado por el Supervisor ó en caso que este equipo sea inaccesible al lugar de la obra los métodos de operación manual serán aprobados por el Supervisor. Compactar ligeramente el lecho dentro de las 24 horas posteriores al sembrado.

b. Método hidráulico

Usar un equipo de tipo hidráulico de las características existentes en el mercado y aprobado por el Supervisor capaz de proveer una aplicación uniforme usando agua como el agente portante. Añadir al agua un material de rastreo consistente ya sea de madera o de paja de fibra celulosa de hierba. Añadir las semillas a esta pasta aguada no más de 30 minutos antes de su aplicación. Sembrar a mano en áreas donde el equipo mecánico sea inaccesible.

903.08 Colocación de cubierta retenedora de humedad

Aplicar una cubierta de paja usando un tipo de distribuidor de las características existentes en el mercado y aprobado por el Supervisor. Hacerlo dentro de las 48 horas posteriores al sembrado y por alguno de los siguientes métodos:

a. Método en seco

Esparcir todo el material de paja, con excepción de aserrín y fibra de celulosa de hierba, mediante un distribuidor de paja que utilice aire bajo presión capaz de soplar el material encima del área de sembrado. Anclar este material de paja con una emulsión estabilizante aprobada o con un método mecánico aprobado.

b. Método hidráulico

En el caso de cubierta retenedora de humedad de fibra de celulosa de hierba o aserrín, usar un equipo de tipo hidráulico capaz de proveer una aplicación uniforme. Evitar aplicar esta cubierta en presencia de precipitaciones pluviales.

Aplicar matriz de fibra de paja hidráulica a una tasa mínima de 3.400 kg por hectárea.

Aplicarla de tal manera que ningún orificio en la matriz sea mayor que 1 mm. Aplicar de tal manera que no haya brechas entre la matriz y el suelo.

La colocación de cubierta de paja se hará a mano en áreas en donde el equipo sea inaccesible.

903.09 Protección y cuidado de áreas de sembrado

Proteger y cuidar las áreas de sembrado incluyendo riego cuando sea necesario, hasta su aceptación final. Reparar todo daño a áreas de sembrado ocasionado por tráfico peatonal o vehicular o por otras causas. Proceder al resembrado, al refertilizado y cubierta de paja siguiendo similarmente las presentes especificaciones. Aplicar suplemento de semillas, paja, fertilizante, caliza o nitrato de amonio.

Aceptación

903.10

Las semillas serán evaluadas mediante inspección visual del Supervisor durante la ejecución de esta especificación y mediante el certificado de control de calidad del productor a ser entregado por el Contratista al Supervisor.

Medición

903.11

Medir el sembrado y la cubierta retenedora de humedad por hectárea (ha) de superficie de terreno.

Pago

903.12

Las cantidades aprobadas y medidas tal como anteriormente se indica, serán pagadas a precio del contrato por unidad de medida, del presupuesto oferta. El pago cubrirá de manera integral el trabajo prescrito en esta sección, incluyendo el riego periódico para establecer y mantener el crecimiento de las plantas.

- 70% del precio oferta será pagado a continuación de la plantación inicial.
- El 30% restante del precio oferta será pagado en la última valorización de obra, previa verificación que se ha cumplido con la presente especificación.

Partida de pago	Unidad de pago
903.A Herbáceas para cobertura vegetal de terreno	Hectárea (ha)

SECCION 904

MALLAS Y SISTEMAS DE CONFINAMIENTO CELULAR PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN

SECCIÓN 904

Mallas y sistemas de confinamiento celular para el control de la erosión

Descripción

904.01

Este trabajo consiste en la colocación de elementos de control de erosión, protección de cunetas y estabilización de taludes, de acuerdo con estas especificaciones, en conformidad con el Proyecto y aprobación del Supervisor. Comprende la instalación de mallas y sistemas de confinamiento celular.

Materiales

Las mallas de control de erosión pueden ser de los siguientes tipos:

- Tipo (1)

  Estera, tela de cáñamo, malla de corteza vegetal (yute o maguey), malla de fibra entramada de papel.

- Tipo (2)

  Malla de fibra de especie nativa de palmera.

- Tipo (3)

  Malla sintética de control de erosión.

- Tipo (4)

  Malla de refuerzo hecha con cobertura de césped.

904.02

Los materiales a utilizar serán los que se especifiquen a continuación:

a. Tipo 1

1. Estera de Paja: Compuesta por una capa de paja agrícola limpia que puede ser de trigo, cebada ó fibra de madera libre de malezas, moho o

de algún otro material sujeta a una red de polipropileno fotodegradable mediante costura hecha con hebra de algodón. Este material debe cumplir con los requerimientos de la **Tabla 904-01**.

Tabla 904-01

Material	Especificaciones
Paja (*)	240 g/m² mínimo
Red (**)	Red fotodegradable en una cara con un entramado cuadrado de 5-20 mm y una masa de 1,5 kg/100 m²

(*) Contenido de humedad máximo: 20%

(**) Las dimensiones son aproximadas y pueden variar de acuerdo a los estándares del fabricante

2. **Tela de cáñamo:** Compuesta por una tela cáñamo con un tejido estándar y con una masa de 145±20 gr/m^2.

3. **Malla de yute o maguey:** Compuesta por una malla de yute o de maguey con tejido plano y entreabierto fabricado de soguilla de yute o de maguey cuyo espesor no varíe en más de la mitad de su diámetro normal. Debe cumplir con lo siguiente:

   - Dimensión de la unidad de entramado: 25x25 mm. máx.
   - Masa de la malla, ASTM D 1776: 0,5 kg/m^2±5%

4. **Malla de fibra de papel o malla de torzal:** composición de estas mallas se sujetará a las siguientes características:

   - Aberturas de la malla 3 a 6 mm.
   - Contracción después de humedecerla 20% máximo.

b. Tipo 2

La malla de fibra de especie nativa de palmera está compuesta por una capa consistente de yute o de maguey biodegradable sin tinte ni tratamiento, fibra vegetal de palmera y fibra sintética de polipropileno la cual será tejida en una malla plana con aberturas cuadradas de aproximadamente 16 a 25 mm de lado. El material debe cumplir con los requerimientos de la **Tabla 904-02**.

Tabla 904-02

Capa de Control de Erosión constituido por Palmera nativa

Material	Especificación
Palmera 100% fibra (*)	240 g/m²
Red (**)	Red fotodegradable en ambas caras con entramado cuadrado de 16-25 mm con una masa de 1,5 kg/100 m²

(*) Contenido de humedad máximo: 20%

(**) Las dimensiones son aproximadas y pueden variar de acuerdo a los estándares del fabricante

c. Tipo 3

La malla sintética de control de erosión está conformada por una estera flexible producida a máquina consistente de fibras de monofilamento de poliolefin colocadas entre dos redes orientadas biaxialmente. Es necesario mantener mecánicamente las redes juntas mediante costura paralela hecha con hebra de poliolefin de tal manera de formar un tejido de entramado tridimensional, altamente resistentes a deterioro químico o del ambiente. El material debe cumplir con los requerimientos de la **Tabla 904-03**.

Tabla 904-03

Malla sintética para control de erosión

Propiedad	Especificación	Método de prueba
Color	Verde	Visual
Espesor	6 mm. mín.	ASTM D 1777
Resistencia (1)	1.590 x 525 N/m mín.	ASTM D 5035
Elongación (1	50% máx.	ASTM D 5035
Porosidad (2)	85% min.	Calculada
Elasticidad	80%	ASTM D 1777
Elasticidad Ultravioleta (4)	80%	ASTM D 4355

1) Valores para ambas direcciones de entrecruce a máquina bajo condiciones secas o saturadas. La dirección de la máquina para una prueba de franja de 50 milímetros incluye una línea de puntada de hebra de poliolefin en la dirección del máquina y centrada en el ancho de la franja y extendida en todo el largo de la muestra.

2) Cálculo basado en la masa, espesor y gravedad específica.

3) El porcentaje de espesor original retenido después de la aplicación de 3 ciclos de una carga de 690 kilo pascal por 60 segundos seguida de 60 segundo sin carga. El espesor será medido 30 minutos después de que la carga se haya retirado.

4) Resistencia a la tracción retenida después de 1 000 horas en un medidor meteorológico Xenón ARC.

d. Tipo 4

La malla de refuerzo hecha con cobertura de césped está compuesta de un entramado mecánico de red con un acabado de polímero fundido, monofilamentos o fibras que están acomodadas para formar una estera resistente y dimensionalmente estable. Los métodos de acabado incluyen el de soldadura de polímero, fusión termal o de polímero, o la colocación de fibras entre dos redes de alta resistencia y orientadas de forma biaxial y unidas mediante una costura paralela hecha con hebra de poliolefin. Esta malla debe ser resistente a la degradación biológica, química y ultravioleta. El material debe cumplir con los requerimientos de la **Tabla 904-04**.

Tabla 904-04

Malla de Control de Erosión con Cobertura de Césped

Propiedad	Especificación	Método de prueba
Color	Negro	Visual
Espesor	13 mm. Mín.	ASTM D 1777
Resistencia (1)	1.370 x 790 N/m 50% máx.	ASTM D 5035
Elongación (1	90% máx	ASTM D 5035
Porosidad (2)	80% min	Calculada
Elasticidad	80% min	ASTM D 1777
Elasticidad Ultravioleta (4)	93	ASTM D 4355

(1) Valores para ambas direcciones de entrecruce a máquina bajo condiciones secas o saturadas usando el método de prueba de franja de 50 milímetros.

(2) Cálculo basado en la masa, espesor y gravedad específica.

(3) El porcentaje de espesor original retenido después de la aplicación de 3 ciclos de una carga de 690 kilo pascal por 60 segundos seguida de 60 segundos sin carga. El espesor será medido 30 minutos después de que la carga se haya retirado.

(4) Resistencia a la tracción retenida después de 1 000 horas en un medidor meteorológico Xenón ARC

e. Tipo de sistema celular de confinamiento

El sistema geocelular de confinamiento está compuesto por una estructura flexible, tipo panal de abeja tridimensional, fabricada de polietileno que haya sido apropiadamente estabilizada con negro de humo u otro estabilizador propio del fabricante.

Deberán cumplir las prescripciones de calidad y de uso indicadas por los fabricantes y las especificaciones que sobre calidad de materiales de los dos últimos, se indican en **Secciones 901** y **903.**

Requerimientos de construcción

904.03 Mallas de control de erosión (Tipos 1, 2, 3 y 4)

La instalación de las mallas de control de erosión será de conformidad con el Proyecto, teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante.

Las mallas de control de erosión se instalarán sobre la superficie del suelo el cual estará en su rasante final, mostrando un acabado estable, firme y libre de rocas u otras obstrucciones. Se extenderá las mallas de manera uniforme y suave, sin tensionarla, para asegurar su contacto directo con todos los puntos del suelo. Se deberá desenrollar las mallas de control de erosión en forma paralela a la dirección del flujo de drenaje. Los bordes de traslape serán tal como lo indica el Proyecto y el fabricante. Para fijar la malla sobre el terreno se deberá colocar el extremo o borde en la parte superior del talud, en una ranura vertical de 15 cm, rellenar esta ranura y compactar.

En instalación para cunetas, colocarlas desde arriba sobre las paredes laterales del terraplén y extenderlas sobre la línea anticipada de flujo y construir ranuras verticales de chequeo de 15 cm a intervalos de 8 m. Construir estas ranuras verticales de chequeo en forma perpendicular a la dirección del flujo y asegurar la sujeción de las mallas de control de erosión con armellas o grapas tal como lo recomiende el fabricante. Se deberá asentar todas las grapas al ras de la superficie del suelo.

Seguidamente se deberá reparar las áreas dañadas, restaurar el suelo hasta la rasante terminada, refertilizarla y resembrarla.

a. **Malla sintética de control de erosión (tipo 3).** Instalar la malla después que la cobertura de césped esté en su lugar.

b. **Malla de refuerzo con cobertura de césped (tipo 4).** Instalar la malla antes que la cobertura de césped esté en su lugar. Después de sembrar el césped, cepillar o rastrillar muy ligeramente 15±5 mm de capa superficial del suelo en el interior de los vacíos de la malla para rellenar el espesor de la malla.

904.04 Sistema de confinamiento celular

Excavar a la profundidad que requiera el sistema de confinamiento celular y suavizar y compactar la pendiente. Instalar la parte superior del sistema al mismo nivel o a menor nivel que la pendiente adyacente. Expandir la geocélula hacia abajo de la pendiente. Conectar las secciones geocelulares adyacentes con anillos de enganche o grapas cada dos células.

Anclar el sistema con estacas por la parte de arriba cada dos células. Repetir el patrón de anclaje en cada décima fila y en la fila inferior.

Rellenar el sistema de confinamiento con la capa superficial de suelo de las características especificadas en la **Sección 901**. Compactar a mano esta capa dentro de cada célula. Aplicar una cobertura de césped tal como se especifica en la **Sección 903.**

Aceptación de los trabajos

904.05

El material y la instalación que incluye mallas y sistemas de confinamiento celular como elementos de control de erosión, protección de cunetas y estabilización de taludes, será evaluado mediante inspección visual por el Supervisor durante la ejecución de esta partida y la certificación de calidad del material del fabricante a ser entregado por el Contratista al Supervisor.

La capa superficial del suelo será evaluada tal como lo indica la **Sección 901**.

La cobertura de césped será evaluada tal como lo indica la **Sección 903**.

Medición

904.06

La medición de las mallas de control de erosión y de los sistemas de confinamiento celular será por metro cuadrado (m^2) sin incluir los traslapes.

La medición de la capa superficial del suelo se hará según se indica en la **Sección 901**.

La medición de la cobertura de césped se hará según se indica en la **Sección 903.**

Pago

904.07

Las cantidades aprobadas, serán pagadas a precio de contrato por unidad de medida según el caso de partidas descritas líneas abajo, conformantes del presupuesto.

Partida de pago	Unidad de pago
904.A Malla de control de erosión (Tipo 1,2,3 ó 4)	Metro cuadrado (m²)
904.B Sistema de confinamiento celular	Metro cuadrado (m²)

SECCION 905

FUENTES DE AGUA

SECCIÓN 905

Fuentes de agua

Descripción

905.01

Este trabajo consiste en instalar, adecuadamente, el equipo para la extracción de agua a ser utilizada para la obra, así como para proveerla a todos los niveles en la construcción de la carretera, sin dañar al entorno del área de extracción, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con el Proyecto.

El Contratista deberá efectuar los trámites de autorización de las fuentes de agua definidas en el Proyecto, ante la Autoridad Local del Agua (ALA) correspondiente.

905.02 Evaluación de las fuentes de agua

El Contratista, debe evaluar las fuentes de agua establecidas en el Proyecto y definir si es necesario examinar otras teniendo presente que algunas serán utilizadas como agua potable para los campamentos y otras para usos requeridos en el Proyecto. El Supervisor aprobará las fuentes de agua luego de su evaluación y control de límites de calidad vigentes, de acuerdo al uso que va a tener el recurso:

- Para uso en campamentos, agua potable según las normas sanitarias dadas por DIGESA.
- Para riego de zonas revegetadas y otros usos, deberán seguirse las indicaciones de la Ley de Recursos Hídricos (Ley N°. 29998), así como el D.S. N°. 002-2008-MINAM, donde se indican los estándares de calidad ambiental para el agua.
- Para su uso en conformación de subbase, base y rellenos, el agua deberá cumplir lo establecido en la **Subsección 301.A.04**.
-

- Para Concreto y morteros, el agua deberá cumplir con lo establecido en la **Subsección 503.03 (d)** de agua.

Se deben tomar muestras para su análisis, con el propósito de comprobar la calidad de las aguas de dichas fuentes. Los resultados deben ser de conocimiento del Supervisor, para que se tomen las acciones necesarias, si así se requiere.

El Contratista debe establecer un sistema de extracción del agua de manera que no produzca la turbiedad del recurso, encharcamiento en el área u otro daño en los componentes del medio ambiente aledaño.

Evitar la captación de fuentes de agua que tiendan a secarse, o que presenten conflictos con terceras personas.

Cuando el Supervisor verifique que determinada fuente de agua en uso pueda haber sido contaminada, deberá ordenar al Contratista se suspenda la utilización de dicha fuente y se tome las muestras para el análisis respectivo. Se volverá a utilizar la fuente con la aprobación del Supervisor.

Requerimientos de construcción

905.03

Se considerará apta para el amasado y/o curado de concreto y morteros, el agua cuyas propiedades y contenido en sustancias disueltas están comprendidas dentro de los límites siguientes:

- El contenido máximo de materia orgánica, expresada en oxígeno consumido, será de 3 mg/l (3 ppm).
- El contenido de residuo sólido no será mayor de 5 g/l (5.000 ppm).
- El pH estará comprendido entre 5,5 y 8.
- El contenido de sulfatos, expresado en ión SO_4 será menor de 0,6 g/l (600 ppm).
- El contenido de cloruros, expresado en ión Cl, será menor de 1 g/l (1.000 ppm).
- El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresada en $NaHCO_3$, será menor de 1 g/l (1.000 ppm).

- Opcionalmente si la variación de color es una característica que se desea controlar, el contenido de fierro, expresado en ión férrico, será de una parte por millón (1 ppm).

Cuando el agua ensayada no cumpla uno o varios de los requisitos previos establecidos anteriormente, se podrán realizar ensayos comparativos empleando en un caso el agua en estudio y en otro agua destilada o potable, manteniendo además similitud en materiales a utilizar y procedimientos, con el fin de obtener ensayos reproducibles.

Medición

905.04

Los trabajos que se efectúen para el abastecimiento de agua no serán materia de medición directa.

Pago

905.05

No se efectuará pago directo por el abastecimiento de agua en la obra, en todas sus calidades y exigencias. El Proyecto deberá incluir los costos que demande dicho abastecimiento en las respectivas partidas que lo componen, que constituirá compensación total por el costo de equipo, personal, análisis de laboratorio, transporte e imprevistos.

SECCION 906

RECUPERACIÓN AMBIENTAL DE ÁREAS AFECTADAS

SECCIÓN 906

Recuperación ambiental de áreas afectadas

Descripción

906.01

Este trabajo consiste en la restauración de las áreas afectadas por la construcción de la carretera, como canteras, deposito de material excedente (DME), campamentos, almacenes, patios de máquinas, plantas de producción o procesamiento de materiales, caminos provisionales y otros, de acuerdo con estas especificaciones, en conformidad con el Proyecto y aprobación del Supervisor.

No se considera en estos trabajos los Depósitos de Materiales Excedentes que se regirán por lo estipulado en la **Sección 209.**

Requerimientos de construcción

906.02

Cuando las obras hayan concluido parcial o totálmente, el Contratista deberá proceder a la recuperación ambiental de todas las áreas afectadas durante el proceso constructivo lo que deberá ser aprobado por el Supervisor, que además verificará el tipo de vegetación y cantidad de área de revegetación, en conformidad con el Proyecto.

906.03 Topografía

Las áreas afectadas correspondientes a las áreas de canteras, plantas de trituración, plantas de asfalto y campamentos serán materia de levantamientos topográficos antes y después de la explotación según se estipula en la **Subsección 102.3(i)**. Estas labores tendrán por finalidad verificar y contrastar las condiciones iniciales y finales de los trabajos.

Los planos topográficos deben incluir información sobre los volúmenes extraídos, los volúmenes de relleno para la readecuación ambiental y tipo de vegetación utilizada.

906.04 Adecuación de canteras

Para cada cantera se deberá diseñar un adecuado sistema y programa de aprovechamiento del material, de manera de producir el menor daño al ambiente. Será diferente si se trata de explotar un lecho de río o quebrada, un promontorio elevado (cerros), una ladera o extraer material del subsuelo. Depende, también, del volumen que se va a extraer de la cantera y el uso que se le va a dar al material, pudiendo requerirse antes una previa selección del mismo, lo que origina desechos que luego es necesario eliminar. Se deberá seguir las estipulaciones que al respecto se incluye en el Plan de Manejo Ambiental del Proyecto.

Aquellas canteras que no van a ser posteriormente utilizadas para la conservación de la carretera deben ser sometidas a un proceso de reacondicionamiento, tratando en lo posible de adecuar el área intervenida a la morfología del área circundante. Dependiendo del sistema de explotación adoptado, las acciones que deben efectuarse son las siguientes: nivelación de los lechos de quebradas o ríos afectados, eliminación de las rampas de carga; peinado y alisado o redondeado de taludes para suavizar la topografía y evitar posteriores deslizamientos; eliminación del material descartado en la selección (utilizarlo para rellenos) y revegetación total del área intervenida, utilizando el suelo orgánico retirado al inicio de la explotación y que debe haber sido guardado convenientemente.

Se deberá evitar dejar zonas en que se pueda acumular agua y establecer un drenaje natural.

En el caso de explotaron de laderas se realizarán de manera que se evite la desestabilización de los taludes y los probables derrumbes. En el caso, de utilizar el lecho de un río o quebrada, se deberá a proceder a la nivelación del cauce luego de la explotación superficial del mismo.

906.05 Caminos de acceso y desvíos

Las áreas ocupadas por los caminos de acceso a las canteras, plantas, campamentos, así como los desvíos y caminos provisionales, también deben ser recuperadas, debiendo nivelarse y revegetarse el área afectada.

Los caminos de acceso y desvíos provisionales deberán quedar clausurados, exceptuando los que sirvan a canteras que serán usadas posteriormente.

906.06 Campamentos

La rehabilitación del área ocupada por los campamentos, se realizará luego del desmantelamiento de los mismos. Las principales acciones a llevar a cabo son: eliminación de desechos, clausura de silos y rellenos sanitarios, eliminación de pisos de concreto u otro material utilizado, recuperación de la morfología del área y revegetación.

906.07 Patios de maquinaria

El reacondicionamiento del área intervenida, será efectuada teniendo en consideración: eliminación de suelos contaminados y su traslado a depósitos de desecho, limpieza de basuras, eliminación de pisos, recuperación de la morfología del área y revegetación, almacenar los desechos de aceite en bidones y trasladarlos a lugares seleccionados en las localidades cercanas para su adecuada disposición final. Debe tenerse presente que por ningún motivo estos desechos de aceites deben ser vertidos en el suelo o en cuerpos de agua.

906.08 Plantas de trituración y de asfalto

Luego de la desactivación y traslado de las plantas de asfalto y trituración se deberán efectuar las siguientes acciones: eliminación adecuada del material de desecho, escarificación y eliminación en los DME, según lo indicado en la **Subsección 209**.

Los residuos peligrosos (suelos contaminados con hidrocarburos y sus derivados) procedentes de cualquiera de estas instalaciones deberá ser transportado por una Empresa Prestadora de Servicios Sólidos (EPS-RS), inscrita en la DGSA en cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

906.09 Rehabilitación de áreas en el derecho de vía

La recuperación ambiental del derecho de vía, consiste en el reacondicionamiento morfológico del área intervenida debiéndose rellenar las zanjas o peinar el suelo para eliminar los montículos y surcos, y obtener una pendiente adecuada hacia el drenaje natural y a la alcantarilla más próxima.

El material para el relleno de zanjas podrá ser proveniente de cortes o de limpieza de derrumbes u otro material aprobado por Supervisor.

Todas las obras de rehabilitación de áreas en el derecho de vía deben ser ejecutadas cuando las obras hayan sido totálmente concluidas y antes de su recepción por parte de la entidad contratante.

906.10 Depósitos de Materiales Excedentes (DME)

Según se indica y se desarrolla con más profundidad en la **Sección 209**, los Depósitos de Materiales Excedentes (DME) son el lugar donde se colocan todos los materiales sobrantes del proceso constructivo y se construirán de acuerdo con el diseño que se haga para cada uno de ellos en el Proyecto.

Medición

906.11

La recuperación ambiental de áreas afectadas será medida en hectáreas (ha), que contempla lo siguiente: canteras, plantas de trituración, plantas de asfaltos, plantas de concreto, campamentos, almacenes, patios de maquinaria, depósitos de material excedente, caminos provisionales, accesos, desvíos, derechos de Vía e instalaciones auxiliares.

En la medición se considerará todos los componentes que se indican en la **Subsección 906.01** y que hayan sido efectivamente recuperados cumpliendo las disposiciones que se dan en esta especificación.

Pago

906.12

El pago de la Recuperación Ambiental de Áreas Afectadas se hará al precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con esta especificación y aprobado por el Supervisor y según lo dispuesto en la **Subsección 07.05**. El precio deberá cubrir todos los costos de transporte, rellenar, nivelar y revegetar las áreas comprometidas en forma uniforme e integral, según lo dispuesto en el Proyecto y aprobado por el Supervisor.

Partida de pago	Unidad de pago
906.A Recuperación ambiental de áreas afectadas	Hectárea (ha)

ANEXOS

ANEXO 01

PROCESO ALEATORIO PARA SELECCIONAR LA UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTRO

ANEXO 1

Proceso aleatorio para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo

La **Tabla Anexo 1-5** contiene números aleatorios (Random) obtenidos por entero al azar y que están formados por un conjunto de dígitos cada uno de los cuales tienen igual probabilidad de ser uno cualquiera de los dígitos comunes en base 10, para el proceso de seleccionar la ubicación de puntos de la carretera en que se tomen las muestras para ensayos de laboratorio o donde se verifique la calidad de los trabajos. También puede ser utilizada para medición de deflexiones con viga Benkelman.

El proceso consiste en lo siguiente:

1. Identificar la Sección de control de acuerdo al tipo de trabajo ejecutado y a la especificación respectiva.
2. Determinar el número de puntos de muestreo dentro de la sección de control seleccionando la máxima distancia longitudinal promedio deseada entre las muestras y dividiendo la longitud de la sección entre la máxima distancia longitudinal promedio.
3. Seleccionar por sorteo y al azar un número que represente una columna de la **Tabla Anexo 1-5**. Dicho número tendrá un valor comprendido entre 1 y 28.
4. Buscar en la **Tabla Anexo 1-5** la columna que identifica al número seleccionado. En la subcolumna A ubicar todos los números menores o igual que el número de puntos de muestreo definidos en el Acápite 2.
5. Multiplicar la longitud total de la sección de control por los valores que se hallan en la subcolumna B adyacentes a los valores de la subcolumna A. Sumar los resultados obtenidos a la progresiva de inicio de la Sección de Control para obtener la progresiva de la ubicación de los puntos de muestreo.
6. Multiplicar el ancho total de la sección de obra por los valores que se hallan en la subcolumna C, adyacentes a la subcolumna B, para

obtener la distancia transversal medida desde el borde izquierdo de la sección que determina la ubicación del punto de muestreo en la progresiva respectiva.

Este paso no se aplica a la medición de deflexiones Benkelman, que tienen establecido el punto de aplicación de las cargas con respecto al borde del pavimento.

Ejemplo: Se trata de determinar la ubicación de los puntos de muestreo para los ensayos de densidad de la base granular en una carretera en construcción:

1. El ancho de la base es de 9,50 m y la sección de control para la compactación de acuerdo a la especificación es de 1 prueba cada 250 m^2 con 6 mediciones, es decir con una sección de control de 1.500 m^2.
   - Longitud de la sección de control : 158 m
   - Estación inicial de la sección de control : km 10+120
   - Número de puntos de muestreo : 158/26=6
2. Por sorteo y al azar se ha seleccionado el número 15.
3. Los números seleccionados de la columna 15 de la **Tabla Anexo 1-5** correspondientes a los valores menores o igual al número de puntos de muestreo son:

Tabla Anexo 1-1

Columna A	Columna B	Columna C
01	0,139	0,230
06	0,185	0,481
03	0,523	0,519
05	0,780	0,497
04	0,951	0,482
02	0,977	0,172

4. Determinación de las progresivas de los puntos de muestreo:

Tabla Anexo 1-2

Longitud x columna B	Distancia del inicio	Progresiva inicial	Progresiva del punto de muestreo
158x0,139	22	Km 10+120	Km 10+142
158x0,185	29	Km 10+120	Km 10+149
158x0,523	83	Km 10+120	Km 10+203
158x0,780	123	Km 10+120	Km 10+243
158x0,951	150	Km 10+120	Km 10+270
158x0,977	154	Km 10+120	Km 10+274

Progresiva del fin de sección Km. 10 + 278, que se convierte en el inicio de la siguiente sección.

5. Determinación de la distancia transversal de los puntos de muestreo, medido desde el borde izquierdo de la base.

Tabla Anexo 1-3

Ancho x columna C	Distancia del borde izquierdo (m)
9,50x0,230=	2,2
9,50x0,481=	4,6
9,50x0,519=	4,9
9,50x0,497=	4,7
9,50x0,482=	4,6
9,50x0,172=	1,6

6. Resumen: ubicación de puntos de muestreo en la sección de control.

Tabla Anexo 1-4

Punto	Progresiva	Distancia del borde izquierdo (m)
1	Km 10+142	2,2
2	Km 10+149	4,6
3	Km 10+203	4,9
4	Km 10+243	4,7
5	Km 10+270	4,6
6	Km 10+274	1,6

Tabla Anexo 1-5

Números aleatorios (Random)

Columna N.º 8			Columna N.º 9			Columna N.º 10			Columna N.º 11			Columna N.º 12			Columna N.º 13			Columna N.º 14		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
09	0,042	0,071	14	0,061	0,935	26	0,038	0,023	27	0,074	0,779	16	0,073	0,987	03	0,033	0,901	26	0,035	0,175
17	0,141	0,411	02	0,065	0,097	30	0,066	0,371	06	0,084	0,396	23	0,078	0,056	07	0,047	0,391	17	0,089	0,363
02	0,143	0,221	03	0,094	0,228	27	0,073	0,876	24	0,098	0,524	17	0,096	0,076	28	0,064	0,113	10	0,149	0,681
05	0,162	0,899	16	0,122	0,945	09	0,095	0,568	10	0,133	0,919	04	0,153	0,163	12	0,066	0,360	28	0,238	0,075
03	0,285	0,016	18	0,158	0,430	05	0,180	0,741	15	0,187	0,079	10	0,254	0,834	26	0,076	0,552	13	0,244	0,767
28	0,291	0,034	25	0,193	0,469	12	0,200	0,851	17	0,227	0,767	06	0,284	0,628	30	0,067	0,101	24	0,262	0,366
08	0,369	0,557	24	0,224	0,572	13	0,259	0,327	20	0,236	0,571	12	0,305	0,616	02	0,127	0,187	08	0,264	0,651
01	0,436	0,386	10	0,225	0,223	21	0,264	0,681	01	0,245	0,988	25	0,319	0,901	06	0,144	0,068	18	0,285	0,311
20	0,450	0,289	09	0,233	0,838	17	0,283	0,645	04	0,317	0,291	01	0,320	0,212	25	0,202	0,674	02	0,340	0,131
18	0,455	0,789	20	0,290	0,120	23	0,363	0,063	29	0,350	0,911	08	0,416	0,372	01	0,247	0,025	29	0,353	0,478
23	0,488	0,715	01	0,297	0,242	20	0,364	0,366	26	0,380	0,104	13	0,432	0,556	23	0,253	0,323	06	0,359	0,270
14	0,496	0,276	11	0,337	0,760	16	0,395	0,363	28	0,425	0,864	02	0,489	0,827	24	0,320	0,651	20	0,387	0,248
15	0,503	0,342	19	0,389	0.064	02	0,423	0,540	22	0,487	0,526	29	0,503	0,787	10	0,328	0,365	14	0,392	0,694
04	0,515	0,693	13	0,411	0,474	08	0,432	0,736	05	0,552	0,511	15	0,518	0,717	27	0,338	0,412	03	0,408	0,077
16	0,532	0,112	20	0,447	0,893	10	0,476	0,468	14	0,564	0,357	28	0,524	0,998	13	0,356	0,991	27	0,440	0,280
22	0,557	0,357	22	0,478	0,321	03	0,508	0,774	11	0,572	0,306	03	0,542	0,352	16	0,401	0,792	22	0,461	0,830
11	0,559	0,620	29	0,481	0,993	01	0,601	0,417	21	0,594	0,197	19	0,585	0,462	17	0,423	0,117	16	0,527	0,003
12	0,650	0,216	27	0,562	0,403	22	0,687	0,917	09	0,607	0,524	05	0,695	0,111	21	0,481	0,838	30	0,531	0,486
21	0,672	0,320	04	0,566	0,179	29	0,697	0,862	19	0,650	0,572	07	0,733	0,838	08	0,560	0,401	25	0,678	0,360
13	0,709	0,273	08	0,603	0,758	11	0,701	0,605	18	0,664	0,101	11	0,744	0,948	19	0,564	0,190	02	0,725	0,014
07	0,745	0,687	15	0,632	0,927	77	0,728	0,498	25	0,674	0,428	18	0,793	0,748	05	0,571	0,054	05	0,797	0,595
30	0,780	0,285	06	0,707	0,107	14	0,745	0,679	02	0,697	0,674	27	0,802	0,967	18	0,587	0,584	15	0,801	0,927
19	0,845	0,097	28	0,737	0,161	24	0,819	0,444	03	0,767	0,928	21	0,826	0,487	15	0,604	0,145	12	0,836	0,294
26	0,846	0,366	17	0,846	0,130	15	0,840	0,823	16	0,809	0,529	24	0,835	0,832	11	0,641	0,298	04	0,854	0,982
29	0,861	0,307	07	0,874	0,491	25	0,863	0,568	30	0,838	0,294	26	0,855	0,142	22	0,672	0,156	11	0,884	0,928
25	0,906	0,874	05	0,880	0,828	06	0,878	0,215	13	0,845	0,470	14	0,861	0,462	20	0,674	0,887	19	0,886	0,832
24	0,919	0,809	23	0,931	0,659	18	0,930	0,601	08	0,855	0,524	20	0,874	0,625	14	0,806	0,881	07	0,929	0,932
10	0,952	0,555	26	0,960	0,365	04	0,954	0,827	07	0,867	0,718	30	0,929	0,056	09	0,841	0,560	09	0,932	0,206
06	0,961	0,504	21	0,878	0,194	28	0,963	0,004	12	0,981	0,722	09	0,935	0,582	29	0,918	0,752	01	0,970	0,692
27	0,969	0,811	12	0,982	0,183	19	0,988	0,020	23	0,937	0,872	22	0,947	0,797	04	0,959	0,099	23	0,973	0,082

Tabla Anexo 1-5 (continuación)

Números Aleatorios (Random)

Columna N.º 15			Columna N.º 16			Columna N.º 17			Columna N.º 18			Columna N.º 19			Columna N.º 20			Columna N.º 21		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
15	0,023	0,979	19	0,062	0,588	13	0,045	0,004	25	0,027	0,290	12	0,052	0,075	20	0,030	0,881	01	0,010	0,946
11	0,118	0,465	25	0,080	0,218	18	0,086	0,878	06	0,057	0,571	30	0,075	0,493	12	0,034	0,291	10	0,014	0,939
07	0,134	0,172	09	0,131	0,295	26	0,126	0,990	26	0,059	0,026	28	0,120	0,341	22	0,043	0,893	09	0,032	0,346
01	0,139	0,230	18	0,136	0,381	12	0,128	0,661	07	0,105	0,176	27	0,145	0,689	28	0,143	0,073	06	0,093	0,180
16	0,145	0,122	05	0,147	0,864	30	0,146	0,337	18	0,107	0,358	02	0,209	0,957	03	0,150	0,937	15	0,151	0,012
20	0,165	0,520	12	0,158	0,365	05	0,169	0,470	22	0,128	0,827	26	0,272	0,818	04	0,154	0,867	16	0,185	0,455
06	0,185	0,481	28	0,214	0,184	21	0,244	0,433	23	0,156	0,440	22	0,299	0,317	19	0,158	0,359	07	0,227	0,277
09	0,211	0,316	14	0,215	0,757	23	0,270	0,849	15	0,171	0,157	18	0,306	0,475	29	0,304	0,615	02	0,304	0,400
14	0,248	0,348	13	0,224	0,846	25	0,274	0,407	08	0,220	0,097	20	0,311	0,653	06	0,369	0,633	30	0,316	0,074
25	0,249	0,890	15	0,227	0,809	10	0,290	0,925	20	0,252	0,066	15	0,348	0,156	18	0,390	0,536	18	0,328	0,799
13	0,252	0,577	11	0,280	0,898	01	0,323	0,490	04	0,268	0,576	16	0,381	0,710	17	0,403	0,392	20	0,352	0,288
30	0,273	0,088	01	0,331	0,925	24	0,352	0,291	14	0,275	0,302	01	0,411	0,607	23	0,404	0,182	26	0,371	0,216
18	0,277	0,689	10	0,339	0,992	15	0,361	0,155	11	0,297	0,589	13	0,417	0,715	01	0,415	0,457	19	0,448	0,754
22	0,372	0,958	30	0,417	0,787	29	0,374	0,882	01	0,358	0,305	21	0,472	0,484	07	0,437	0,696	13	0,487	0,598
10	0,461	0,075	08	0,439	0,921	08	0,432	0,139	09	0,412	0,089	04	0,478	0,885	24	0,446	0,546	12	0,546	0,640
28	0,519	0,536	20	0,472	0,484	04	0,467	0,266	16	0,429	0,834	25	0,479	0,080	26	0,485	0,768	24	0,550	0,038
17	0,520	0,090	24	0,498	0,712	22	0,508	0,880	10	0,491	0,203	11	0,566	0,104	15	0,511	0,313	03	0,604	0,780
03	0,523	0,519	04	0,516	0,396	27	0,632	0,191	28	0,542	0,306	10	0,576	0,659	10	0,517	0,290	22	0,621	0,930
26	0,573	0,502	03	0,548	0,688	16	0,661	0,836	12	0,563	0,091	29	0,665	0,397	30	0,556	0,853	21	0,629	0,154
19	0,634	0,206	23	0,597	0,508	19	0,675	0,629	02	0,593	0,321	19	0,739	0,298	25	0,561	0,837	11	0,634	0,908
24	0,635	0,810	21	0,681	0,114	14	0,680	0,890	30	0,692	0,198	14	0,749	0,759	09	0,574	0,599	05	0,696	0,459
21	0679	0,841	02	0,739	0,298	28	0,714	0,508	19	0,705	0,445	08	0,756	0,919	13	0,613	0,762	23	0,710	0,078
27	0,712	0,366	29	0,792	0,038	06	0,719	0,441	24	0,709	0,717	07	0,798	0,183	11	0,698	0,783	29	0,726	0,585
05	0,780	0,497	22	0,829	0,324	09	0,735	0,040	13	0,820	0,739	23	0,834	0,647	14	0,715	0,179	17	0,749	0,916
23	0,861	0,106	17	0,834	0,647	17	0,741	0,906	05	0,848	0,866	06	0,837	0,978	16	0,770	0,128	04	0,802	0,186
12	0,865	0,377	16	0,909	0,608	11	0,747	0,205	27	0,867	0,633	03	0,849	0,964	08	0,815	0,385	14	0,835	0,319
29	0,882	0,635	06	0,914	0,420	20	0,850	0,047	03	0,883	0,333	24	0,851	0,109	05	0,872	0,490	08	0,870	0,546
08	0,902	0,020	27	0,958	0,856	02	0,859	0,356	17	0,900	0,443	05	0,859	0,935	21	0,885	0,999	28	0,871	0,539
04	0,951	0,482	26	0,981	0,976	07	0,870	0,612	21	0,914	0,483	17	0,863	0,220	02	0,958	0,177	25	0,971	0,369
02	0,977	0,172	07	0,983	0,624	03	0,916	0,463	29	0,950	0,753	09	0,863	0,147	27	0,961	0,980	27	0,984	0,252

Tabla Anexo 1-5 (continuación)

Números Aleatorios (Random)

Columna N.º 22			Columna N.º 23			Columna N.º 24			Columna N.º 25			Columna N.º 26			Columna N.º 27			Columna N.º 28		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
12	0,051	0,032	26	0,051	0,187	08	0,015	0,521	02	0,039	0,005	16	0,026	0,102	21	0,050	0,952	29	0,042	0,039
11	0,068	0,980	03	0,053	0,256	16	0,068	0,994	16	0,061	0,599	01	0,033	0,886	17	0,085	0,403	07	0,105	0,293
17	0,089	0,309	29	0,100	0,159	11	0,118	0,400	26	0,068	0,054	04	0,088	0,686	10	0,141	0,624	25	0,115	0,420
01	0,091	0,371	13	0,102	0,465	21	0,124	0,565	11	0,073	0,812	22	0,090	0,602	05	0,154	0,157	09	0,126	0,612
10	0,100	0,709	24	0,110	0,316	18	0,153	0,158	07	0,123	0,649	13	0,114	0,614	06	0,164	0,841	10	0,205	0,144
30	0,121	0,744	18	0,114	0,300	17	0,190	0,159	05	0,126	0,658	20	0,136	0,576	07	0,197	0,013	03	0,210	0,054
02	0,166	0,056	11	0,123	0,208	26	0,192	0,676	14	0,161	0,189	05	0,138	0,228	16	0,215	0,363	23	0,234	0,533
23	0,179	0,529	09	0,138	0,182	01	0,237	0,030	18	0,166	0,040	10	0,216	0,565	08	0,222	0,520	13	0,266	0,799
21	0,187	0,051	06	0,194	0,115	12	0,283	0,077	28	0,248	0,171	02	0,233	0,610	13	0,269	0,477	20	0,305	0,603
22	0,205	0,543	22	0,234	0,480	03	0,286	0,318	06	0,255	0,117	07	0,278	0,357	02	0,288	0,012	05	0,372	0,223
28	0,230	0,688	20	0,274	0,107	10	0,317	0,734	15	0,261	0,928	30	0,405	0,273	25	0,333	0,633	26	0,385	0,111
19	0,243	0,001	21	0,331	0,292	05	0,337	0,844	10	0,301	0,811	06	0,421	0,807	28	0,348	0,710	30	0,422	0,315
27	0,267	0,990	08	0,346	0,085	25	0,441	0,336	24	0,363	0,025	12	0,426	0,583	20	0,362	0,961	17	0,453	0,783
15	0,283	0,440	27	0,382	0,979	27	0,469	0,786	22	0,378	0,792	08	0,471	0,708	14	0,511	0,989	02	0,460	0,916
16	0,352	0,089	07	0,387	0,865	24	0,473	0,237	27	0,379	0,959	18	0,473	0,738	26	0,540	0,903	27	0,461	0,841
03	0,377	0,648	28	0,411	0,776	20	0,475	0,761	19	0,420	0,557	19	0,510	0,207	27	0,587	0,643	14	0,483	0,095
06	0,397	0,769	16	0,444	0,999	06	0,557	0,001	21	0,467	0,943	03	0,512	0,329	12	0,603	0,745	12	0,507	0,375
09	0,409	0,428	04	0,515	0,993	07	0,610	0,238	17	0,494	0,225	15	0,640	0,329	29	0,619	0,895	28	0,509	0,748
14	0,465	0,406	17	0,518	0,827	09	0,617	0,041	09	0,620	0,081	09	0,665	0,354	23	0,623	0,333	21	0,583	0,804
13	0,499	0,651	05	0,539	0,620	13	0,641	0,648	30	0,623	0,106	14	0,680	0,884	22	0,624	0,076	22	0,587	0,993
04	0,539	0,972	02	0,623	0,271	22	0,664	0,291	03	0,625	0,777	26	0,703	0,622	18	0,670	0,904	16	0,689	0,339
18	0,560	0,747	30	0,637	0,374	04	0,668	0,856	08	0,651	0,790	29	0,739	0,394	11	0,711	0,253	06	0,727	0,298
26	0,575	0,892	14	0,714	0,364	19	0,717	0,232	12	0,715	0,599	25	0,759	0,386	01	0,790	0,392	04	0,731	0,814
29	0,756	0,712	15	0,730	0,107	02	0,776	0,504	23	0,782	0,093	24	0,803	0,602	04	0,813	0,611	08	0,807	0,983
20	0,760	0,920	19	0,771	0,552	29	0,777	0,548	20	0,810	0,371	27	0,842	0,491	19	0,843	0,732	15	0,833	0,757
05	0,847	0,925	23	0,780	0,662	14	0,823	0,223	01	0,841	0,726	21	0,870	0,435	03	0,844	0,511	19	0,896	0,464
25	0,872	0,891	10	0,924	0,888	23	0,848	0,264	29	0,862	0,009	28	0,906	0,367	30	0,858	0,299	18	0,916	0,384
24	0,874	0,135	12	0,929	0,204	30	0,892	0,817	25	0,891	0,873	23	0,948	0,367	09	0,929	0,199	01	0,948	0,610
08	0,911	0,215	01	0,937	0,714	28	0,943	0,190	04	0,917	0,264	11	0,956	0,142	24	0,931	0,263	11	0,976	0,799
07	0,946	0,065	25	0,974	0,398	15	0,975	0,962	13	0,958	0,990	17	0,993	0,989	15	0,939	0,947	24	0,978	0,633

ANEXO 02

ÍNDICE DE PARTIDAS

ANEXO 2

Índice de partidas

El Índice de Partidas que se presenta en este Anexo reproduce la relación de partidas que se hallan detalladas dentro de cada uno de los Capítulos y Secciones de las Especificaciones.

Este índice servirá como guía al proyectista para la preparación de los Expedientes Técnicos y presupuestos de obras viales que requieran para su desarrollo las partidas presentadas, lo que permitirá uniformizarlas para todos los proyectos de la Entidad Contratante.

La codificación y listado de partidas no es limitada al haberse diseñado la nomenclatura para que pueda incluirse partidas no previstas asociadas a determinado Capítulo y Sección de las Especificaciones.

Tabla Anexo 2-1

Sección	Nombre de la partida	Unidad de pago	Página
1. Trabajos Preliminares			
101.A	Movilización y desmovilización de equipo	Global (glb)	95
102.A	Topografía y georeferenciación	Kilometro (km)	99
103.A	Mantenimiento de tránsito temporal y seguridad vial	Global (glb)	109
104.A	Campamentos	Global (glb)	123
105	Protección de restos arqueológicos	--------	131
2. Movimiento de tierras			
201.A	Desbroce y limpieza en bosque	Hectárea (ha)	135
201.B	Desbroce y limpieza en zonas no boscosas	Hectárea (ha)	139
202.A	Excavación para explanaciones (sin clasificar)	Metro cúbico (m^3)	149
202.B	Excavación para explanaciones (clasificada)	Metro cúbico (m^3)	149
203.A	Remoción de derrumbes	Metro cúbico (m^3)	167
204.A	Excavación de túnel	Metro lineal (m)	175
204.B	Retiro de material de derrumbe	Metro cúbico (m^3)	175
205.A	Terraplenes	Metro cúbico (m^3)	185
206.A	Pedraplenes	Metro cúbico (m^3)	199
207.A	Mejoramiento de suelos	Metro cúbico (m^3)	211
208.A	Obras de encauzamiento de ríos y quebradas	Metro cúbico (m^3)	221
208.B	Encauzamiento de puentes	Metro cúbico (m^3)	221
209.A	Conformación y acomodo de DME	Metro cúbico (m^3)	227

Sección	Nombre de la partida	Unidad de pago	Página
3. Afirmados			
301.A	Afirmados	Metro cúbico (m^3)	237
301.A.A	Suelos estabilizados con cemento	Metro cúbico (m^3)	247
301.B.A	Suelos estabilizados con cal	Metro cúbico (m^3)	261
301.C.A	Suelos estabilizados con productos químicos	Metro cúbico (m^3)	273
301.D.A	Suelos estabilizados con cloruro de sodio	Metro cúbico (m^3)	285
301.D.B	Suelos estabilizados con cloruro de calcio	Metro cúbico (m^3)	297
301.D.C	Suelos estabilizados con cloruro de magnesio	Metro cúbico (m^3)	309
301.E.A	Suelos estabilizados con emulsión asfáltica	Metro cúbico (m^3)	321
4. Pavimentos			
Capas anticontaminantes, subbases y bases			
401.A	Capa anticontaminante	Metro cúbico (m^3)	353
402.A	Subbases granulares	Metro cúbico (m^3)	359
403.A	Bases granulares	Metro cúbico (m^3)	369
403.A.A	Base de concreto hidráulico poroso	Metro cúbico (m^3)	379
403.B.A	Base de concreto asfáltico poroso	Metro cúbico (m^3)	399
403.C.A	Base de concreto hidráulico	Metro cúbico (m^3)	411
412	Plantas de producción de materiales	--------	443
413.A	Capa de agregado - suelo vegetal para recubrimiento	Metro cuadrado (m^2)	453
414	Separación de suelos de subrasante y capas granulares con geotextil	--------	459
Pavimentos Flexibles			
416.A	Imprimación asfáltica	Metro cuadrado (m^2)	491
417.A	Riego de liga	Metro cuadrado (m^2)	501
418.A	Tratamiento superficial simple	Metro cuadrado (m^2)	507
418.B	Tratamiento superficial múltiple (“n” capas)	Metro cuadrado (m^2)	514
419.A	Sello asfáltico	Metro cuadrado (m^2)	523
420.A	Mortero asfáltico	Metro cuadrado (m^2)	531
421.A	Sello de fisuras	Metro lineal (m)	545
422.A	Sello de grietas	Metro lineal (m)	551
423.A	Pavimento de concreto asfáltico en caliente (MAC)	Metro cúbico (m^3)	559
423.B	Pavimento superpave (nivel 1)	Metro cúbico (m^3)	561
424.A	Pavimento de concreto asfáltico en frío (Mezcla densa)	Metro cúbico (m^3)	603
424.B	Pavimento de concreto asfáltico en frío (Mezcla abierta)	Metro cúbico (m^3)	630
425.A	Micropavimentos	Metro cuadrado (m^2)	643
426.A	Cemento asfáltico	--------	659
427.A	Emulsión asfáltica	--------	665
428.A	Asfalto líquidos	--------	671
429.A	Filler	--------	677
430.A	Mejoradores de adherencia	--------	683
431.A	Cemento asfáltico modificado con polímeros	--------	691
432.A	Emulsión asfáltica modificada con polímeros	--------	701
433.A	Pavimento de concreto asfáltico con mezclas porosas	Metro cúbico (m^3)	709
434.A	Pavimento de concreto asfáltico con mezclas Stone Mastic Asphalt (SMA)	Metro cúbico (m^3)	729
435.A	Fresado de pavimento asfáltico	Metro cuadrado (m^2)	747

Sección	Nombre de la partida	Unidad de pago	Página
436.A	Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en caliente	Metro cúbico (m^3)	755
437.A	Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en frío con emulsión asfáltica	Metro cúbico (m^3)	771
437.B	Pavimento con mezcla asfáltica reciclada en frío con cemento asfáltico espumado	Metro cúbico (m^3)	771
	Pavimentos Rígidos		
438.A	Pavimento de concreto hidráulico	Metro cúbico (m^3)	801
439.A	Suministro de cemento portland	--------	853
440.A	Pavimento de adoquines de concreto	Metro cuadrado (m^2)	867
440.B	Pavimento de adoquines de piedra	Metro cuadrado (m^2)	867
	5. Drenaje		
501.A	Excavaciones para estructuras en roca en seco	Metro cúbico (m^3)	885
501.B	Excavaciones para estructuras en roca bajo agua	Metro cúbico (m^3)	885
501.C	Excavaciones para estructuras en material común seco	Metro cúbico (m^3)	885
501.D	Excavaciones para estructuras en material común bajo agua	Metro cúbico (m^3)	885
502.A	Rellenos para estructuras	Metro cúbico (m^3)	895
503.A	Concreto estructural (clase A, B,.....G)	Metro cúbico (m^3)	905
504.A	Acero de refuerzo	Kilogramo (kg)	939
505.A	Tubería de concreto simple de diámetro interior (...) mm	Metro lineal (m)	949
506.A	Tubería de concreto reforzado de diámetro interior (...) mm	Metro lineal (m)	959
507.A	Tubería metálica corrugada circular de diámetro (...) m	Metro lineal (m)	969
507.B	Tubería metálica corrugada abovedado de (...) m de luz y (...) m de flecha	Metro lineal (m)	969
508.A	Tubería de polietileno de alta densidad (PAD o HDPE) de diámetro (...) mm	Metro lineal (m)	981
509.A	Subdrenes	Metro lineal (m)	991
510.A	Cunetas revestidas en concreto	Metro lineal (m)	1001
511.A	Geotextiles	Metro cuadrado (m^2)	1009
512.A	Subdrenes con geotextil y material granular	Metro lineal (m)	1023
513.A	Geotextil para pavimentación	Metro cuadrado (m^2)	1031
514.A	Capa filtrante	Metro cúbico (m^3)	1039
	6. Obras Complementarias		
601.A	Mampostería	Metro cúbico (m^3)	1045
602.A	Gaviones	Metro cúbico (m^3)	1055
603.A	Defensas ribereñas	Metro lineal (m)	1061
604.A	Demoliciones de edificaciones	Metro cúbico (m^3)	1067
604.B	Demoliciones de estructuras de concreto, mampostería y otros	Metro cúbico (m^3)	1067
604.C	Desmontaje y traslado de estructuras metálicas, madera u otros	Tonelada (ton.)	1067
604.D	Demolición, desmontaje y/o remoción de cercas	Metro lineal (m)	1067
604.E	Demolición, desmontaje y/o remoción de especies vegetales y otros obstáculos	Unidad (und.)	1067
604.F	Demolición de pavimentos, sardineles y veredas de concreto	Metro cúbico (m^3)	1067
604.G	Remoción de servicios existentes	Global (glb)	1067
605.A	Delimitación y Señalización del Derecho de Vía	Metro lineal (m)	1079

Sección	Nombre de la partida	Unidad de pago	Página
7. Transporte			
700.A	Transporte de materiales granulares para distancias entre 120 m y 1.000 m	Metro cúbico - Kilómetro (m^3-km)	1087
700.B	Transporte de materiales granulares para distancias mayores de 1.000 m	Metro cúbico - Kilómetro (m^3-km)	1087
700.C	Transporte de materiales excedentes para distancias entre 120 m y 1.000 m	Metro cúbico - Kilómetro (m^3-km)	1087
700.D	Transporte de materiales excedentes para distancias mayores de 1.000 m	Metro cúbico - Kilómetro (m^3-km)	1087
700.E	Transporte de mezclas asfálticas para distancias hasta 1.000 m	Metro cúbico - Kilómetro (m^3-km)	1087
700.F	Transporte de mezclas asfálticas para distancias mayores de 1.000 m	Metro cúbico - Kilómetro (m^3-km)	1087
700.G	Transporte de roca para distancias entre 120 m y 1.000 m	Metro cúbico - Kilómetro (m^3-km)	1087
700.H	Transporte de roca para distancias mayores de 1.000 m	Metro cúbico - Kilómetro (m^3-km)	1087
8. Señalización y seguridad vial			
800.A	Señal Vertical (panel, postes o estructuras de soporte y cimentación)	Unidad (und.)	1097
801.A	Señales preventivas (... m x ... m)	Unidad (und.)	1123
802.A	Señal Reglamentaria: Octogonal, Rectangular, Cuadrada, Triangular y Otros	Unidad (und.)	1127
803.A	Señal Informativa (... m x ... m)	Unidad (und.)	1131
804.A	Postes Delineadores	Unidad (und.)	1135
804.A.A	Tachas retroreflectivas	Unidad (und.)	1145
805.A	Marcas en el pavimento	Metro cuadrado (m^2)	1161
806.A	Barreras de seguridad vial (Tipo ...)	Metro lineal (m)	1173
807.A	Guardavías metálico (Tipo ...)	Metro lineal (m)	1183
808.A	Barreras de seguridad de concreto	Metro lineal (m)	1193
809.A	Captafaros	Unidad (und.)	1201
810.A	Postes de kilometraje	Unidad (und.)	1207
9. Protección ambiental			
901.A	Capa superficial de suelo	Hectárea (ha)	1215
902.A	Árboles y arbustos para cobertura vegetal de terreno	Unidad (und.)	1221
903.A	Herbáceas para cobertura vegetal de terreno	Hectárea (ha)	1231
904.A	Malla de control de erosión (Tipo 1,2,3 ó 4)	Metro cuadrado (m^2)	1239
904.B	Sistema de confinamiento celular	Metro cuadrado (m^2)	1239
905.A	Fuentes de agua	--------	1249
906.A	Recuperación ambiental de áreas afectadas	Hectárea (ha)	1255

Ministerio de Transportes y Comunicaciones
República del Perú

“Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial”

Agosto 2008

Aprobado por la Resolución Ministerial
N° 660-2008-MTC/02

PRESENTACIÓN

El **"Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial"** es un documento técnico de apoyo a la gestión de los proyectos de infraestructura vial de carreteras, puentes, túneles, obras de drenaje, elementos de seguridad vial, medio ambiente y otros afines. No incluye términos relativos a vías férreas y vías urbanas.

El propósito es contar con un documento que describa los significados de los diferentes términos técnicos utilizados en los proyectos de infraestructura vial en forma general.

Con la finalidad de facilitar su uso, los términos con sus respectivas definiciones han sido organizados por orden alfabético; conteniendo además, en la última parte algunas siglas de uso también frecuente.

Como toda ciencia, la ingeniería vial está en permanente cambio e innovación, por lo que será necesario que el presente documento sea revisado y actualizado periódicamente por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones agradece la labor de las dependencias y profesionales del Sector que han hecho posible la elaboración de este documento.

Lima, agosto de 2008.

A

ABRASIÓN: Desgaste mecánico de agregados y rocas resultante de la fricción y/o impacto.

ABRASIVO: Cualquier roca, mineral u otra sustancia que debido a su superior dureza, tenacidad, consistencia u otra propiedad, es apropiado para moler, afilar, cortar, frotar u otro uso similar.

ABSORCIÓN: Fluido que es retenido en cualquier material después de un cierto tiempo de exposición (suelo, rocas, maderas, etc.).

ACANTILADO: Pendiente escarpada que retrocede o es erosionada por efecto de las olas marinas, corriente fluviales u otros elementos relativos a la intemperie.

ACARREO: Transporte de materiales a diferentes distancias en el área de la obra.

ACCESO: Ingreso y/o salida a una instalación u obra de infraestructura vial.

ACCIDENTE DE TRABAJO: Lesión o muerte de trabajadores que se presenta de manera imprevista y súbita dentro del área de trabajo.

ACCIDENTE DE TRÁNSITO: Cualquier hecho fortuito u ocurrencia entre uno o más vehículos en una vía pública o privada.

ACERA: Parte de una vía urbana o de un puente destinada exclusivamente al tránsito de peatones. También se denomina vereda.

ADITIVO: Producto químico ó mineral que modifica una ó más propiedades de un material ó mezcla de éstas.

ADITIVO ACELERADOR DE FRAGUA: Producto funcional que acelera el tiempo de fraguado del mortero y concreto Portland.

ADITIVO RETARDADOR DE FRAGUA: Producto funcional que retarda el tiempo de fraguado del mortero y concreto Portland.

ADOQUÍN: Piedra labrada, concreto u otro material en forma de un prisma para uso en pavimentos.

ADOQUINADO: Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

AFIRMADO: Capa compactada de material granular natural ó procesado con gradación especifica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en carreteras y trochas carrozables.

AGLOMERANTE: Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.

AGRADACIÓN: Crecimiento o elevación general y progresiva del perfil longitudinal del lecho de un cauce como resultado de la deposición de sedimentos.

AGREGADO: Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

AGREGADO ANGULAR: Agregados que poseen bordes bien definidos formados por la intersección de caras planas rugosas.

AGREGADO BIEN GRADUADO: Agregado cuya gradación va desde el tamaño máximo hasta el de un relleno mineral y que se encuentra centrado a una curva granulométrica “huso” especificada.

AGREGADO DE GRADACIÓN ABIERTA: Agregado que contiene poco o ningún relleno mineral, y donde los espacios de vacíos en el agregado compactado son relativamente grandes.

AGREGADO FINO: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

AGREGADO GRUESO: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

AGREGADO REACTIVO: Material que contiene sustancias capaces de reaccionar químicamente con los productos de solución o hidratación del cemento Pórtland en morteros y/o concretos bajo condiciones ordinarias de exposición, dando como resultado en algunos casos expansión perjudicial, rajaduras o manchado.

AGREGADO RECICLADO: Material graduado según especificaciones resultante del procesamiento de materiales de construcción recuperados y complementados con otros faltantes.

AGUAS ABAJO: Curso de agua visto en el sentido de la corriente.

AGUAS ARRIBA: Curso de agua visto en el sentido contrario a la corriente.

AGUJAS DE GILLMORE: Instrumento que se utiliza para determinar los tiempos de fraguado del cemento hidráulico.

AHUELLAMIENTO: Surcos o huellas que se presentan en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.

AIRE INCORPORADO: Burbujas microscópicas de aire intencionalmente incorporadas por un aditivo en morteros o concretos durante el mezclado, generalmente mediante el uso de un agente activo de superficie; típicamente burbujas entre 10 µm (0,01 mm) y 1 000 µm (1 mm), de forma esférica o aproximadamente esférica.

ALCANTARILLA: Elemento del sistema de drenaje superficial de una carretera, construido en forma transversal al eje ó siguiendo la orientación del curso de agua; puede ser de madera, piedra, concreto, metálicas y otros. Por lo general se ubica en quebradas, cursos de agua y en zonas que se requiere para el alivio de cunetas.

ALTERACIÓN DE LA CAPACIDAD VIAL E INTERFERENCIA AL TRÁNSITO: Son situaciones que pueden presentarse como consecuencia del uso de la infraestructura vial, ocasionando alteraciones en el flujo máximo vehicular, interferencias o congestión al tránsito.

ALTITUD: Altura o distancia vertical de un punto superficial del terreno respecto al nivel del mar. Generalmente se identifica con la sigla “msnm” (metros sobre el nivel del mar).

ALTIMETRÍA: Conjunto de operaciones necesarias para definir y representar, numérica o gráficamente, las cotas de puntos del terreno.

ALTÍMETRO: Instrumento que indica la diferencia de altitud entre el punto donde se encuentra localizado y un punto de referencia; habitualmente se utiliza para conocer la altura sobre el nivel del mar de un punto.

ALUD: Gran masa de nieve, agua y piedras, que se desliza por la ladera de una montaña.

ALUVIAL: Suelo sedimentado a través del tiempo, que ha sido transportado en suspensión del agua y luego depositado.

ALUVIONAL: Suelo transportado a través de aluviones o huaicos y luego depositado.

ALUVIÓN: Ver HUAICO.

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO: Metodología de evaluación de un Proyecto de Inversión Pública (PIP) que consiste en identificar, cuantificar y valorar monetariamente los costos y beneficios generados por el PIP durante su vida útil, con el objeto de emitir un juicio sobre la conveniencia de su ejecución en lugar de otra alternativa.

ANÁLISIS COSTO EFECTIVIDAD: Metodología de evaluación de un Proyecto de Inversión Pública que consiste en comparar las intervenciones que producen similares beneficios esperados con el objeto de seleccionar la de menor costo dentro de los límites de una línea de corte. Se aplica en los casos en los que no es posible efectuar una cuantificación adecuada de los beneficios en términos monetarios.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO O MECÁNICO: Procedimiento para determinar la granulometría de un material ó la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

ÁNGULO DE REPOSO: El que se produce entre la horizontal y el talud máximo que el suelo asume a través de un proceso natural.

APLICACIÓN ASFÁLTICA: Utilización del material asfáltico en sus distintas formas con o sin agregados.

ARCILLAS: Partículas finas con tamaño de grano menor a 2 µm (0,002 mm) provenientes de la alteración física y química de rocas y minerales.

ÁREA AMBIENTAL SENSIBLE: Aquella que puede sufrir daños graves severos (medio ambiente y/o cultural) y en muchos casos de manera irreversible como consecuencia de la construcción de la carretera. Dentro de estas áreas se encuentra los Parques Nacionales, Reservas Forestales, Reservas y Resguardos Indígenas, lagunas costeras, estuarios, y en general cualquier Unidad de Conservación establecida o propuesta, y que por su naturaleza de ecosistema fácilmente vulnerable o único puede sufrir un deterioro considerable.

ÁREAS DE ACCESO RESTRINGIDO: Son aquellos tramos o partes de la carretera en donde la autoridad competente ha impuesto restricciones de acceso al tránsito y/o transporte para aislar externalidades negativas generadas por las actividades relacionadas con el transporte y tránsito. Dichas restricciones pueden ser aplicadas en forma permanente, temporal o periódica.

ÁREA DE TRABAJO: Superficie de terreno comprendida dentro de un perímetro donde se efectúa una obra y sus instalaciones complementarias tales como: almacenes, canteras, polvorines, accesos, depósitos de material excedente, plantas de producción de materiales, etc.

ARENA: Partículas de roca que pasan la malla Nº 4 (4,75 mm.) y son retenidas por la malla Nº 200.

ARENA MOVEDIZA (quicksand): Condición en la cual el agua fluye hacia arriba a través de un suelo con velocidad suficiente como para reducir significativamente su capacidad de soporte con un decrecimiento de su presión intergranular.

ARISTA EXTERIOR DE LA EXPLANACIÓN: Es la intersección del talud del desmonte o terraplén con el terreno natural. Cuando el terreno natural circundante está al mismo nivel que la carretera, la arista exterior de la explanación es el borde exterior de la cuneta.

ASENTAMIENTO: Desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

ASENTAMIENTO DIFERENCIAL: Diferencia de nivel como consecuencia del desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

ASFÁLTENOS: La fracción de hidrocarburo de alto peso molecular, en el asfalto, que es precipitada por medio de un solvente parafínico de nafta, usando una proporción específica de solvente-asfalto.

ASFALTO: Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo.

ASFALTO DE CURADO LENTO (SC): Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y aceites de baja volatilidad.

ASFALTO DE CURADO MEDIO (MC): Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y un diluyente tipo kerosene de volatilidad media.

ASFALTO DE CURADO RÁPIDO (RC): Asfalto diluido compuesto de cemento asfáltico y un diluyente tipo nafta o gasolina de alta volatilidad.

ASFALTO DE IMPRIMACIÓN: Asfalto fluido de baja viscosidad (muy líquido) que por aplicación penetra en una superficie no bituminosa.

ASFALTO DILUIDO: Cemento asfáltico que ha sido licuado al mezclarlo con solventes de petróleo (también llamados diluyentes). De acuerdo con el tiempo de curado determinado por la naturaleza del diluyente utilizado, el asfalto diluido se clasifica en: RC, MC, SC. Los diluyentes se evaporan una vez expuestos a las condiciones atmosféricas, permitiendo así que el cemento asfáltico realice su función.

ASFALTO EMULSIONADO: Ver EMULSIÓN ASFÁLTICA.

ASFALTO EN PELÍCULA DELGADA: Asfalto sometido a proceso de calentamiento para determinar el efecto del calor y del aire sobre una película del mismo. El envejecimiento puede efectuarse en horno TFOT ó RTFOT.

ASFALTO MODIFICADO: Producto de la incorporación de un polímero u otro modificador en el asfalto para mejorar sus propiedades físicas y geológicas como la disminución de la susceptibilidad a la temperatura y a la humedad.

AUTOCLAVE: Aparato que se usa para determinar la expansión y contracción de los morteros de cemento sometidos a presión y temperatura determinadas.

AUTOPISTA DE PRIMERA CLASE : Carretera de IMDA mayor a 4 000 veh/día, de calzadas separadas por medio de un separador central mínimo de 6 m, cada una con dos o más carriles, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporciona flujos vehiculares continuos, sin pasos a nivel, con servicios auxiliares (mecánico y salud), berma lateral derecha de 3m o más y berma lateral izquierda no menor de 1,20 m, que permite velocidades de circulación mayor a 120 km/h para vehículos livianos.

AUTOPISTA DE SEGUNDA CLASE (CARRETERA DUAL): Carretera de IMDA mayor a 4 000 veh/día, de calzadas separadas por medio de un separador central que puede ser menor de 6 m, cada una con dos o más carriles, que proporcionan flujos vehiculares continuos, berma lateral derecha menor de 3 m y berma lateral izquierda no menor de 1,20 m, que permite velocidades de circulación hasta 120 km/h para vehículos livianos. Excepcionalmente puede tener pasos a nivel con rampas de acceso y salida concordante con la velocidad directriz y necesidades de seguridad vial de la carretera.

AUTORIDAD COMPETENTE: Entidad pública encargada de la administración y gestión de la infraestructura vial pública.

B

BACHE: Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

BACHEO: Actividad de mantenimiento rutinario que consiste en rellenar y compactar los baches o depresiones que pudieran presentarse en la superficie de rodadura.

BADÉN: Estructura construida con piedra y/o concreto para permitir el paso vehicular sobre quebradas de flujo estacional o de flujos de agua menores. A su vez, permiten el paso de agua, materiales y de otros elementos sobre la superficie de rodadura.

BANCO DE GRAVA: Material que se encuentra en depósitos naturales y usualmente mezclado en mayor ó menor cantidad con material fino (arenas, arcillas) que da lugar a bancos de gravas arcillosas, gravas arenosas.

BANCO DE PROYECTOS: Es un aplicativo informático que sirve para almacenar, actualizar, publicar y consultar información resumida y estandarizada de los Proyectos de Inversión Pública (PIP) en su fase de preinversión (fase anterior a la ejecución).

BANQUETA: Obra de estabilización de taludes consistente en la construcción de una o mas terrazas sucesivas en el talud. También se usa el término banqueta para construir una terraza en el talud aledaño a la carretera destinada a que se cumpla el requisito de la distancia mínima de visibilidad de parada del vehículo.

BARRENO: Instrumento en forma de espiral, con un elemento helicoidal, para taladrar o hacer agujeros.

BARRERA DE SEGURIDAD VIAL: Sistema de contención de vehículos instalados en los márgenes o en el separador central de la carretera y en los bordes de los puentes.

BARRERA O TRANQUERA: Obstáculo colocado para desvio de tráfico vehicular.

BASE: Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento.

BASE DE TRIANGULACIÓN: Distancia entre dos puntos permanentes, cuya medida sirve de base para definir una red de puntos de triangulación de apoyo topográfico.

BENCH MARK (BM): Referencia topográfica de coordenada y altimetría de un punto marcado en el terreno, destinado a servir como control de la elaboración y replanteo de los planos de un proyecto vial.

BERMA: Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

BIFURCACIÓN: División de una vía en ramales, uno de los cuales cuando menos se aparta de la dirección primitiva.

BITUMEN: Un tipo de sustancia cementante de color negro u oscuro (sólida, semi-sólida, o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas (o alquitranes), los betunes y las asfaltitas.

BOLONERÍA: Fragmento rocoso, usualmente redondeadas por el intemperismo o la abrasión, con una dimensión promedio de más de 12” (305mm).

BOMBEO: Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

BOTADERO: Lugar elegido para depositar desechos de forma tal que no afecte el medio ambiente.

BUZAMIENTO: Inclinación de una capa de terreno o filón.

BYPASS: Ver PASO A DESNIVEL

C

CABEZAL DE ALCANTARILLA: Estructura terminal a la boca de entrada y salida de una alcantarilla, construida con la finalidad de encauzar y evitar la erosión del agua, así como ajustarse a la superficie del talud del terreno.

CABEZAL PARA PILOTES: Bloque de madera, rollo de mecate, o ambos, que se colocan sobre la cabeza del pilote con fines de protección, y sirven para amortiguar y repartir el golpe del mazo de un martinete.

CAISSÓN: Tipo de cimentación. Se utiliza cuando los suelos no son adecuados para cimentaciones superficiales, por ser blandos; frecuentemente se emplea para cimentar pilares de puentes en el cauce de los ríos. Su particularidad consiste en que se va construyendo a medida que se va hundiendo en el terreno y su sección transversal puede ser redonda, cuadrada, rectangular o elíptica.

CAJA COLECTORA: Estructura que recoge las aguas de una cuneta para encauzar a una alcantarilla.

CALENDARIO DE AVANCE DE LA OBRA (CAO): Documento en el que consta la programación mensual valorizada para la ejecución de una obra.

CALICATA: Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

CALIZA: Roca de origen sedimentario compuesta esencialmente de carbonato de calcio (calcita) proveniente de acumulación mecánica de fragmentos de este mineral, por precipitación química.

CALZADA: Ver SUPERFICIE DE RODADURA.

CAMBIO DE ESTÁNDAR: Modificación de las características de una vía, ya sea en forma integral o progresiva para alcanzar niveles de servicio adecuados.

CAMINO: Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas.

CAMINO DE HERRADURA: Vía terrestre para el tránsito de peatones y animales.

CANAL: Es una zanja construida para recibir y encauzar medianas o pequeñas cantidades de agua provenientes del terreno natural o de otras obras de drenaje.

CANTERA: Deposito natural de material apropiado para ser utilizado en la construcción, rehabilitación, mejoramiento y/o mantenimiento de las carreteras.

CANTO RODADO: Fragmento de roca que al ser transportado a lo largo del tiempo por el flujo de agua ha adquirido formas no angulares y superficie lisa.

CAPA ASFÁLTICA DE FRICCIÓN DE GRADACIÓN ABIERTA: Una capa superficial de pavimento que consiste de una mezcla de planta con muchos vacíos, y que permite el drenaje rápido de aguas de lluvia a través de la capa y hacia la berma. La mezcla se caracteriza por un alto porcentaje de agregado grueso de un solo tamaño. Este tipo de capa evita el hidroplaneo, y proporciona una superficie resistente al desgaste.

CAPA ASFÁLTICA NIVELANTE: Una capa (mezcla de asfalto y agregado) de espesor variable usada para eliminar irregularidades en el contorno de una superficie existente, antes de un tratamiento o de una construcción.

CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO: Es la resistencia admisible del suelo de cimentación considerando factores de seguridad apropiados al análisis que se efectúa.

CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA DEL TERRENO: Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

CARRETERA: Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

CARRETERA AFIRMADA: Carretera cuya superficie de rodadura está constituida por una o más capas de AFIRMADO.

CARRETERA NO PAVIMENTADA: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

CARRETERA PAVIMENTADA: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Pórtland (rígida).

CARRETERA SIN AFIRMAR: Carretera a nivel de subrasante ó aquella donde la superficie de rodadura ha perdido el AFIRMADO.

CARRIL: Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

CARRIL ADICIONAL PARA CIRCULACIÓN LENTA: Carril adicional situado a la derecha de los principales, que permite desviarse a los vehículos que circulan con menor velocidad para permitir el adelantamiento de vehículos más rápidos.

CARRIL DE CAMBIO DE VELOCIDAD: Carril destinado a incrementar o reducir la velocidad, desde los elementos de un acceso a la de la calzada principal de la carretera, o viceversa.

CAUCE: Lecho de ríos, quebradas y arroyos.

CBR (California Bearing Ratio): Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

CEMENTO ASFÁLTICO: Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad o consistencia para ser usado directamente en la construcción de pavimentos asfálticos.

CEMENTO PORTLAND: Es un producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de yeso natural.

CEMENTO PORTLAND TIPOS: a) Tipo I: Para usos generales en la construcción, donde no se requiere tenga propiedades especiales; b) Tipo II: Para uso general y donde se requiere resistencia moderada a la acción de los sulfatos y un moderado calor de hidratación; c) Tipo III: Para uso en obras donde se requiera una alta resistencia inicial; d) Tipo IV: Para uso en obras donde se requiere un bajo calor de hidratación; y e) Tipo V: Para uso en obras donde se requiere una alta resistencia a los sulfatos.

CENTRO DE CONSUMO: Lugar donde se comercializan bienes y servicios.

CENTRO DE PRODUCCIÓN: Lugar de origen de un producto.

CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD: Documento que permite conocer los resultados de ensayos de laboratorio o de campo, durante el proceso constructivo de una carretera.

CHANCADO (Triturado): La porción total sin tamizar que resulta de un triturador de piedra.

CIMENTACIÓN: Parte de una estructura que transmite cargas al terreno de fundación.

CLASIFICADOR DE RUTAS: Documento oficial del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), clasificadas en Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural. Incluye las carreteras existentes y en proyecto, el Código de Ruta y su definición según puntos o lugares principales que conecta.

CLOTOIDE: Es una curva plana del tipo espiral que se utiliza como curva de transición en el diseño geométrico de vías.

CÓDIGO DE RUTA: Identificación simplificada de una vía del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

COHESIÓN: La resistencia al corte de un suelo, a una tensión normal.

COLMATACIÓN: Acumulación de material o de residuos sólidos que afecta la capacidad hidráulica de las estructuras de drenaje de la carretera.

COLOIDALES (partículas): Tamaño tan pequeños que ejercen una actividad superficial apreciable sobre las propiedades del agregado.

COMPACTACIÓN: Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento Pórtland.

CONCEDENTE: El que otorga en concesión la ejecución y explotación de determinadas obras de infraestructura o la prestación de determinados servicios por un plazo establecido.

CONCESIÓN: Otorgamiento de la ejecución y explotación de determinadas obras de infraestructura o la prestación de determinados servicios por un plazo establecido.

CONCESIONARIO: El que suscribe el Contrato de Concesión con el Concedente.

CONCRETO: Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En algunos casos se agrega aditivos para proporcionarle cualidades que no poseen y en otros para mejorar los que poseen.

CONCRETO ASFÁLTICO: Mezcla procesada, compuesta por agregados gruesos y finos, material bituminoso y de ser el caso aditivos de acuerdo a diseño y especificaciones técnicas. Es utilizada como capa de base o de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.

CONCRETO CICLÓPEO: Concreto Portland al que se adiciona piedra grande o mediana en porcentajes según diseño. Por lo general se utiliza en estructuras de gran volumen.

CONCRETO PORTLAND: Mezcla de material aglomerante (cemento Portland y agua) y agregados fino y grueso. Pueden contener aditivos para darle cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.

CONCRETO PRE- MEZCLADO: Concreto dosificado en planta y transportado a obra por camiones mezcladores o agitadores.

CONCURSO PÚBLICO: Proceso de selección que se convoca para la contratación de servicios de toda naturaleza, incluyendo consultorías y arrendamientos.

CONFLUENCIA: Tramo en que convergen flujos de tráfico similares o cursos de agua.

CONGLOMERADO: Roca sedimentaria clástica, compuesta de cantos rodados cementados en una matriz fina que puede ser calcárea o silicosa.

CONO DE ABRAMS: Molde con forma de cono trunco constituido de un metal no atacable por la pasta de cemento, que se usa para medir la consistencia de la mezcla de concreto fresco. Se conoce también como cono de asentamiento o SLUMP.

CONSERVACIÓN VIAL: Ver MANTENIMIENTO VIAL

CONSOLIDACIÓN: Reducción gradual en volumen de un suelo, como resultado de un incremento de las tensiones de compresión. Puede haber: i) Consolidación Inicial (comprensión inicial), ii) Consolidación Primaria, iii) Consolidación Secundaria.

CONSTRUCCIÓN: Ejecución de obras de una vía nueva con características geométricas acorde a las normas de diseño y construcción vigentes.

CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO: Es el contenido de humedad al cual un suelo ó material granular al ser compactado utilizando un esfuerzo especificado proporciona una máxima densidad seca. El esfuerzo puede ser estándar ó modificado.

CONTENIDO DE HUMEDAD: Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente.

CONTRACCIÓN: Esfuerzo volumétrico asociado con un decrecimiento en sus dimensiones.

CONTRATISTA: Proveedor que celebra contrato con Entidad Licitante o Contratante

CONTRATO DE CONCESIÓN: Instrumento jurídico de derecho público que se establece entre el concedente y el concesionario, otorgando la ejecución y explotación de determinadas obras de infraestructura o la prestación de servicios por un plazo establecido.

CONTROL DE CALIDAD: Pruebas técnicas para comprobar la correcta ejecución de las diferentes etapas o fases de un trabajo con relación a las especificaciones técnicas o requisitos específicos establecidos.

COORDENADAS DE REFERENCIA: Referencias ortogonales Norte-Sur adoptadas para elaborar los planos de topografía y de diseño del proyecto.

CORREDOR VIAL: Conjunto de dos o más rutas continúas que se conforman con una finalidad específica.

CORROSIÓN: Destrucción paulatina de las estructuras metálicas por acción de agentes externos.

CORTE (directo): Ensayo según el cual un suelo sometido a una carga normal falla al moverse una sección con respecto a otra.

CORTE A MEDIA LADERA: Sección transversal de la carretera que se desarrolla en zona de corte abierto o combinada con el terraplén.

CORTE CERRADO: Sección transversal de la carretera que se desarrolla en zona de corte.

COTA: Altura de un punto sobre un plano horizontal de referencia.

COTA DE RASANTE: Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

COTA DE TERRENO: Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

CRUCE A DESNIVEL: Ver PASO A DESNIVEL

CUADERNO DE OBRA: Documento que, debidamente foliado, se abre al inicio de toda obra y en el que el Inspector o Supervisor y el residente de obra anotan las ocurrencias, órdenes, consultas y las respuestas a las consultas.

CUARTEADORES MECÁNICOS: Aparatos diseñados para dividir la muestra original en partes representativas y reducir su tamaño a cantidades apropiadas para los ensayos.

CUARTEO: Procedimiento de reducción del tamaño de una muestra.

CUBICACIÓN: Medición de los volúmenes de movimiento de tierras (excavaciones, terraplenes o rellenos).

CUNETA DE CORONACIÓN: Cuneta construida en la parte alta de una ladera, para alejar las aguas que pudieran llegar a la carretera.

CUNETAS: Canales abiertos construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes a fin de proteger la estructura del pavimento.

CURADO DE CONCRETO: Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del concreto o mortero.

CURVA COMPUESTA: Dos o mas arcos concurrentes de radios diferentes y curvatura de igual sentido, con o sin interposición de curva de transición.

CURVA DE COMPACTACIÓN (curva de Proctor): Representación gráfica que relaciona el peso unitario seco (densidad) y el contenido de agua del suelo para un determinado esfuerzo de compactación.

CURVA DE NIVEL: Línea definida por la intersección del terreno con un plano horizontal estableciéndose una cota determinada, la curva de nivel une puntos de igual cota.

CURVA DE TRANSICIÓN: Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente.

CURVA GRANULOMÉTRICA: Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados.

CURVA HORIZONTAL: Curva circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal.

CURVA HORIZONTAL DE TRANSICIÓN: Trazo de una línea curva de radio variable en planta, que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos curvas circulares de radio diferente.

CURVA VERTICAL: Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.

D

DEGRADACIÓN: Descenso general y progresivo del perfil longitudinal del lecho de un cauce como resultado de la erosión a largo plazo.

DEFENSA RIBEREÑA: Estructura construida para proteger las obras de infraestructura de las crecidas de los ríos.

DEMULSIBILIDAD (emulsiones): Procedimiento para el ensayo de estabilidad de las emulsiones asfálticas aniónicas y catiónicas de rotura rápida.

DENSIDAD: Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

DENSIDAD EN EL SITIO: Procedimiento para determinar el peso unitario de los suelos en el terreno.

DERECHO DE VÍA: Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva.

DERRUMBE: Desprendimiento y precipitación de masas de tierra y piedra, obstaculizando el libre transito de vehículos por la carretera.

DESBROCE: Acción de cortar y eliminar todo arbusto, hierba, maleza, vegetación que crezca en los costados de la carretera y que impida su visibilidad.

DESINTEGRACIÓN: Separación progresiva de partículas de agregado en el pavimento, desde la superficie hacia abajo o desde los bordes hacia el interior. La desintegración puede ser causada por falta de compactación, construcción de una capa muy delgada en periodos fríos, agregado sucio o desintegrable, muy poco asfalto en la mezcla, o sobrecalentamiento de la mezcla asfáltica.

DESQUINCHE: Acción de eliminar toda piedra, roca o material ubicado en el talud que presente signos de inestabilidad, evitando la caída de dichos elementos hacia las cunetas o superficie de rodadura.

DESTILACIÓN (de emulsiones): Procedimiento de separación del residuo, aceite destilado. También hay de asfaltos líquidos.

DIAGRAMA DE MASAS: Metodología de cómputo de transporte de materiales provenientes de movimiento de tierras que se utilizan para optimizar la inversión en costo de transporte.

DIAGRAMAS VIALES: Documentos oficiales que grafican, de modo simple, el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) dentro de la demarcación política de cada departamento, identificando y diferenciando las vías según la clasificación del SINAC, con indicación de características generales de superficie de rodadura, principales puentes, accidentes topográficos importantes (abras, ríos, etc.); así como, centros poblados y otros puntos de referencia por los que discurren las vías.

DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO: Señales, marcas, semáforos y dispositivos auxiliares que tienen la función de facilitar al conductor la observancia estricta de las reglas que gobiernan la circulación vehicular, tanto en carreteras como en las calles de la ciudad.

DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO: Distancia necesaria para que, en condiciones de seguridad, un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto. En el caso más general es la suma de las distancias recorridas durante la maniobra de adelantamiento propiamente dicha, la maniobra de reincorporación a su carril delante del vehículo adelantado, y la distancia recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto.

DISTANCIA DE CRUCE: Longitud de carretera que debe ser vista por el conductor de un vehículo que pretende atravesar dicha carretera (vía preferencial).

DISTANCIA DE PARADA: Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto u obstáculo que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado.

DISTANCIA DE TRANSPORTE: Distancia pagada de transporte de materiales para una obra, que se computa desde los bancos, canteras o donde termina la distancia libre de transporte (explanaciones), hasta el lugar de su utilización.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO: Distancia mínima de visibilidad necesaria para que en condiciones de seguridad un vehículo pueda adelantar a otro.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE CRUCE: Distancia mínima de visibilidad a lo largo de una carretera en ambas direcciones, que requiere observar el conductor de que pretende atravesar una carretera.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA: Distancia mínima que necesita ver el conductor de un vehículo, delante de su vehículo, para detenerlo al observar un obstáculo ubicado en su carril, para evitar impactarlo.

DISTANCIA LIBRE DE TRANSPORTE: Distancia máxima a la que es transportado un material de explanaciones sin pago de distancia de acarreo.

DOBLAMIENTO: Ensayo de productos metálicos.

DOCUMENTOS TÉCNICOS REFERENCIALES: Estudios y documentación técnica que se encuentra disponible para los participantes de un proceso en particular.

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO: Proceso de medición por peso o por volumen de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto y mortero.

DUCTILIDAD: Propiedad de una sustancia de ser estirada o estrechada en forma delgada. Aún cuando la ductilidad se considera como una característica importante del cemento asfáltico en muchas de sus aplicaciones, la presencia o ausencia de ductilidad es generalmente considerada más importante que el mismo grado de ductilidad.

DURABILIDAD: Propiedad de un material o mezcla para resistir desintegración por efectos mecánicos, ambientales o de tráfico.

DURABILIDAD DEL CONCRETO ASFÁLTICO: Propiedad de una mezcla asfáltica de pavimentación para resistir desintegración por efectos ambientales o de tráfico. Los efectos ambientales incluyen cambios en las características del asfalto, tales como oxidación y/o volatilización y en el agregado debido a la acción del agua, incluyendo congelamiento y deshielo.

DUREZA: Resistencia superficial que presentan los materiales a ser rayados.

E

ECUACIÓN DE EMPALME: Expresión algebraica usada para corregir la progresiva en una sección específica de una vía, como resultado de variantes o cambios de progresivas.

EJE DE LA CARRETERA: Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.

EJES LONGITUDINALES DEL SINAC: Carreteras que recorren longitudinalmente al país, uniendo el territorio nacional desde la frontera norte hasta la frontera sur.

EJES TRANSVERSALES DEL SINAC: Carreteras transversales o de penetración, que básicamente unen la costa con el interior del país.

ELASTICIDAD: Propiedad de un material que hace que retorne a su forma original después que la fuerza aplicada se mueve o cesa.

ELEMENTOS VIALES: Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial.

EMERGENCIA VIAL: Daño imprevisto que experimenta la vía por causa de las fuerzas de la naturaleza o de la intervención humana, y que obstaculiza o impide la circulación de los usuarios de la vía.

EMPALME: Conexión de una carretera con otras, acondicionada para el tránsito vehicular.

EMULSIFICANTE: Sustancia que modifica la tensión superficial de gotas microscópicas (coloidales).

EMULSIÓN ASFÁLTICA: Una emulsión de cemento asfáltico y agua que contiene una pequeña cantidad de agente emulsivo.

EMULSIÓN SELLANTE: Mezcla semifluida de una emulsión asfáltica y un árido fino.

ENCAUZAMIENTO: Acción de dirigir una corriente de agua hacia un cauce determinado.

ENCALAMINADO: Ondulaciones u hondas en la superficie de rodadura de una vía, producto de un tipo de movimiento plástico en sentido longitudinal.

ENCOFRADO: Apoyos temporales para mantener el concreto fresco en el lugar hasta que se endurezca en tal grado que se pueda auto soportar (cuando la estructura es capaz de soportar sus cargas muertas).

ENROCADO: Colocación de piedras grandes en forma ordenada para fundación de cimentación o protección de taludes.

ENSANCHE DE PLATAFORMA: Obra de una carretera que amplía su sección transversal, utilizando parte de la plataforma existente.

ENSAYO DE COMPRESIÓN: Ensayo para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión.

ENSAYO DE LA MANCHA (Oliensis): Procedimiento que permite comprobar si un asfalto ha sufrido un recalentamiento en su proceso de obtención.

ENSAYO DE PENETRACIÓN (Sonda de Windsor): Medidor de dureza. El aparato consiste en una pistola activada por pólvora que clava una sonda de aleación dentro del concreto. Se mide la longitud expuesta de la sonda y se la relaciona con una tabla de calibración para obtener la resistencia a compresión del concreto.

ENSAYO MARSHALL: Procedimiento para obtener el contenido de asfalto y diferentes parámetros de calidad de una mezcla bituminosa.

ENSAYO NORMALIZADO PARA TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS: Procedimiento para determinar el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados que se emplearán en la elaboración de concretos y morteros.

ENSAYO SPT (Standard Penetration Test): Medida de la resistencia de un suelo al ser hincado en el terreno, un muestreador ó instrumento.

EQUIVALENTE DE ARENA: Proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo (sucio) ó material arcilloso en los suelos ó agregados finos.

EROSIÓN: Desgaste producido por el agua en la superficie de rodadura o en otros elementos de la carretera.

ESCLERÓMETRO (Martillo de rebote Schmidt): Medidor de dureza de la superficie que proporciona un medio rápido y sencillo para verificar la uniformidad del concreto. Mide el rebote de un émbolo cargado con un resorte después de golpear una superficie lisa de concreto.

ESCORIA DE ALTO HORNO: Producto no metálico, compuesto esencialmente por silicatos y aluminio-silicatos de cal y otras bases, que se obtiene simultáneamente, en un alto horno, con la producción del hierro.

ESCORRENTÍA: Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno.

ESPECIFICACIONES ESPECIALES: Adiciones, revisiones y complementos a las Especificaciones Generales, que se generan para una obra específica individual y son aplicables solo a ella. El Proyectista es el autor y responsable de la emisión de estas Especificaciones Especiales.

ESPECIFICACIONES GENERALES: Definen las diferentes partidas susceptibles a considerar en un proyecto de infraestructura vial, incluyendo aspectos tales como descripción de las actividades, procedimientos o métodos de construcción, recursos de personal, equipo y materiales a emplear, requisitos técnicos, control de calidad, métodos de medición y forma de pago.

ESTABILIDAD: Propiedad de una mezcla asfáltica de pavimentación de resistir deformación bajo las cargas impuestas. La estabilidad es una función de la cohesión y la fricción interna del material.

ESTABILIDAD BAJO AGUA: Capacidad del suelo de conservar sus propiedades volumétricas y/o de soporte bajo condición de inmersión en agua.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS: Mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en las superficies de rodadura o capas inferiores de la carretera, y son conocidas como suelo cemento, suelo cal y otros diversos.

ESTACA: Elemento de madera, metal u otro con punta en un extremo, que se hinca en el terreno para marcar un punto.

ESTACADO: Puntos señalados en el terreno mediante estacas que indican posiciones.

ESTACIÓN: Punto del terreno en el cual se ubica el aparato topográfico para efectuar la medición correspondiente.

ESTACIÓN TOTAL: Instrumentos topográfico que combina un teodolito electrónico y un medidor electrónico de distancias con su correspondiente microprocesador.

ESTADÍA: Medición indirecta de distancia.

ESTADO LÍMITE: Condición más allá de la cual el puente o elemento estructural deja de satisfacer los requisitos para los cuales fue diseñado.

ESTIAJE: Nivel más bajo de las aguas de un río en un período determinado.

ESTRATO TÍPICO: Estrato de suelo con características tales que puede ser representativo de otros iguales o similares en un terreno dado.

ESTRIBOS: Apoyos extremos de un puente, que tienen por finalidad principal soportar la superestructura, transmitir las cargas al terreno y sostener el relleno de los accesos.

ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA: Documento técnico que forma parte del estudio definitivo y contiene como mínimo lo siguiente: tráfico; topografía; suelos; canteras y fuentes de agua; hidrología y drenaje; geología y geotecnia.

ESTUDIO DEFINITIVO: Documento Técnico donde se establecen los detalles de diseño de ingeniería de los elementos que constituyen el proyecto vial y que contiene como mínimo lo siguiente: i) Resumen ejecutivo, ii) Memoria descriptiva, iii) Metrados, iv) Análisis de precios unitarios, v) Presupuesto, vi) Formulas polinómicas (según corresponda), vii) Cronogramas, viii) Especificaciones Técnicas, ix) Estudios básicos, x) Diseños, xi) Plan de mantenimiento, xii) Impacto Ambiental, xiii) Planos.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD: Documento técnico que contiene el diseño preliminar del proyecto con la finalidad de obtener la valoración de los beneficios y costos de la alternativa seleccionada.

ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA): Documento técnico que contiene el plan de manejo socio-ambiental de los proyectos de infraestructura vial según su grado de riesgo, para las diferentes fases de estudios, ejecución de obras, mantenimiento y operación, incluyendo los sistemas de supervisión y control en concordancia con los dispositivos legales sobre la materia. Además incluye las normas, guías y procedimientos relativos al Reasentamiento Involuntario y temas relacionados con el desarrollo de pueblos indígenas y arqueología del área de trabajo.

ESTUDIO DE PERFIL: Documento técnico que comprende la estimación inicial tanto de aspectos técnicos como de beneficios y costos de un conjunto de alternativas.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD: Documento técnico que comprende el análisis preliminar de diferentes alternativas, con el objeto de seleccionar la más conveniente en función del costo y beneficio del proyecto.

ESTUDIO DE PREINVERSIÓN: Documento técnico que se realiza con la finalidad de obtener la declaración de viabilidad de un proyecto de inversión pública, comprendiendo etapas a nivel de perfil, prefactibilidad y factibilidad.

ESTUDIO DE INVERSIÓN: Documento técnico a nivel de ejecución de obra de un proyecto de inversión pública.

ESTUDIO DE SUELOS: Documento técnico que engloba el conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tiene por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las solicitaciones de carga.

EXPEDIENTE DE CONTRATACIÓN: Conjunto de documentos en el que aparecen todas las actuaciones referidas a una determinada adquisición o contratación, desde la decisión de adquirir o contratar hasta la culminación del contrato, incluyendo la información previa referida a las características técnicas, valor referencial, la disponibilidad presupuestal y su fuente de financiamiento.

EXPEDIENTE TÉCNICO DE OBRA: Conjunto de documentos que comprende: memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución de obra, metrados, presupuesto, valor referencial, análisis de precios, calendario de avance, fórmulas polinómicas y, si el caso lo requiere, estudio de suelos, estudio geológico, de impacto ambiental u otros complementarios.

EXPLANACIÓN: Movimiento de tierra para obtener la plataforma de la carretera (calzada o superficie de rodadura, bermas y cunetas).

EXTERNALIDAD NEGATIVA: Influencia negativa, medida en costos sobre la sociedad, generada por las funciones de transporte y tránsito.

EXUDACIÓN DEL ASFALTO: Flujo de asfalto hacia arriba en un pavimento asfáltico, resultando en una película de asfalto sobre la superficie.

F

FARALLÓN: Roca alta y aislada que sobresale en el mar o en tierra firme.

FASES DE LOS PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA: Preinversión, Inversión y Postinversión.

FATIGA: Reducción gradual de la resistencia de un material debido a solicitaciones repetidas.

FILLER: Material proveniente por lo general de la caliza pulverizada, polvos de roca, cal hidratada, cemento Pórtland, y ciertos depósitos naturales de material fino, empleado en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente como relleno de vacíos, espesante de la mezcla ó como mejorador de adherencia.

FINOS: Porción del agregado fino o suelo que pasa la malla Nº 200 (0,074 mm).

FISURA: Fractura fina, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 3 milímetros.

FLEXIBILIDAD: Propiedad de un pavimento asfáltico para ajustarse a asentamientos en la fundación. Generalmente, un alto contenido de asfalto mejora la flexibilidad de una mezcla.

FLUIDEZ DE MORTEROS (en la mesa de flujo): Se utiliza en morteros, según el ensayo MTC E617.

FLUJO DE TRÁNSITO: Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.

FRAGUADO: Proceso de una mezcla de concreto o mortero para alcanzar progresivamente la resistencia de diseño.

G

GÁLIBO: Distancia libre entre el fondo de la superestructura del puente y el nivel de aguas máximas del río.

GAVIONES: Tipo de muro de diversos usos conformado por lo general de malla metálicas rellenadas por material pétreo según diseño.

GEODINÁMICA EXTERNA: Conjunto de factores geológicos de carácter dinámico, que actúan sobre el terreno materia del estudio geológico y geotécnico.

GEOTEXTIL: Material de construcción sintético u orgánico que existe en grandes variedades y tienen una amplia gama de aplicaciones en obras viales.

GPS (SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL): Es un instrumento de medición tridimensional utilizada en topografía para establecer puntos de control mediante coordenadas así como para definir posiciones exactas en cualquier lugar del mundo durante las 24 horas del día.

GRADIENTE: Ver PENDIENTE DE LA CARRETERA.

GRADOS DE PENETRACIÓN: Sistema de Clasificación de los cementos asfálticos basado en la penetración a una temperatura de 25ºC. Existen grados patrones de clasificación tales: 40-50, 60-70, 85-100, 120-150 y 200-300.

GRADOS DE VISCOSIDAD: Sistema de clasificación de cementos asfálticos basado en rangos de viscosidad a una temperatura de 60ºC (140ºF). Usualmente también se especifica una viscosidad mínima a 135ºC (275ºF). El propósito es de establecer valores límites de consistencia a estas dos temperaturas. Los 60ºC (140ºF) se aproximan a la máxima temperatura de servicio de la superficie del pavimento asfáltico. Los 135ºC (275ºF) se aproximan a la temperatura de mezclado y colocación de pavimentos de mezclas en caliente. Existen cinco grados de cemento asfáltico basado en la viscosidad del asfalto original a 60ºC (140ºF).

GRANULOMETRÍA: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.

GRAVA: Agregado grueso, obtenido mediante proceso natural o artificial de los materiales pétreos.

GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO: Determina el Peso Específico de un suelo con el Picnómetro, siendo la relación entre el peso en el aire de un cierto volumen de sólidos a una temperatura dada.

GRIETA: Fractura, de variados orígenes, con un ancho mayor a 3 milímetros, pudiendo ser en forma transversal o longitudinal al eje de la vía.

GUARDAVÍA: Ver BARRERA DE SEGURIDAD VIAL.

H

HDM: Modelo de transportes del Banco Mundial para la evaluación técnica y económica de inversiones y mantenimiento de carreteras.

HIDRATACIÓN: Formación de un compuesto por combinación de agua en otras sustancias.

HIDRÓMETRO: Instrumento de laboratorio que permite determinar el porcentaje de partículas de suelo dispersado que permanecen en suspensión en un determinado tiempo.

HITOS KILOMÉTRICOS O DE KILOMETRAJE: Elementos de diversos materiales que sirven únicamente para indicar la progresiva de la carretera. Generalmente se ubican cada 1 000 m.

HORIZONTE (suelo): Una de las capas de un perfil de suelos.

HUAICO: Gran masa de material compuesta de suelos, rocas, vegetaciones, etc. movilizadas abruptamente de las partes altas debido a diversos fenómenos naturales. Esta masa así movilizada, en su recorrido, adquiere la consistencia de un lodo aluviónico pesado y destructor que, al llegar a un río próximo se disipa. Este fenómeno, en términos internacionales corresponde a la definición de flujo aluviónico o simplemente aluvión, siendo una característica típica de ciertas rocas blandas (arcillas, margas) o de ciertas rocas duras con un alto grado de alteración.

I

IMPACTO AMBIENTAL: Alteración o modificación del medio ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza, que incluye los impactos socio ambientales.

IMPERMEABILIDAD: Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.

IMPRIMACIÓN: Aplicación de un material bituminoso, de baja viscosidad, para recubrir y aglutinar las partículas minerales, previamente a la colocación de una capa de mezcla asfáltica.

IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA: Ver IMPRIMACIÓN

IMPRIMACIÓN REFORZADA: Imprimación de una o más capas con inclusión de agregado fino (arena).

ÍNDICE DE FORMA (agregados): Permite medir las características de forma y textura.

ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL (IMDA): Volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos durante 24 horas de una muestra vehicular (conteo vehicular), para un período anual.

INERTE: Que no participa en alguna forma en una reacción química.

INESTABILIDAD: Pérdida de resistencia a las fuerzas que tienden a ocasionar movimiento o distorsión de una estructura del pavimento.

INFLAMACIÓN (Punto de): Temperatura a la cual los vapores de un material bituminoso producen ignición (inflamación) al contacto directo con una llama. Puede hacerse con la copa abierta TAG.

INFRAESTRUCTURA VIAL DE CARRETERAS: Toda carretera que conforma o no el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

INFRAESTRUCTURA VIAL PÚBLICA: Todo camino, arteria, calle o vía férrea, incluidas sus obras complementarias, de carácter rural o urbano de dominio y uso público.

INTEMPERISMO: Efectos producidos por la intemperie (a cielo descubierto, sin techo).

INTERCAMBIO VIAL: Zona en la que dos o mas carreteras se cruzan a distinto nivel para el desarrollo de todo los movimientos posibles de cambio de dirección de una carretera a otra sin interrupciones del tráfico vehicular.

INTERSECCIÓN: Caso en que dos o más vías se interceptan a nivel o desnivel.

INVENTARIO VIAL: Registro ordenado, sistemático y actualizado de todas las carreteras existentes, especificando su ubicación, características físicas y estado operativo.

IRI: Sigla que corresponde al Índice de Rugosidad Internacional.

ITINERARIO: Dirección y descripción de una carretera con indicación de sus puntos notables.

J

JERARQUIZACIÓN VIAL: Ordenamiento de las carreteras que conforman el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) en niveles de jerarquía, debidamente agrupadas en tres redes viales (Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural), sobre la base de su funcionalidad e importancia.

JUNTA: Separación establecida entre dos partes contiguas de una obra, para permitir su expansión o retracción por causa de las temperaturas ambientes.

L

LADERA: Terreno de mediana o fuerte inclinación donde se asienta la carretera.

LECHO: Curso de un río o quebrada por donde corren las aguas en crecientes y estiajes.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

LICITACIÓN PÚBLICA: Proceso de selección que se convoca para la contratación de obras y adquisición de bienes y suministros.

LÍMITE LÍQUIDO: Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

LÍMITE PLÁSTICO: Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semi-sólido.

LIMOS: Partículas de roca o minerales cuyas dimensiones están entre 0,02 y 0,002 mm.

LÍNEA DE GRADIENTE: Procedimiento de trazado directo de una poligonal estacada en el campo, como eje preliminar con cotas que configuran una pendiente constante, hasta alcanzar un punto referencial de destino en un trazo nuevo.

LICUEFACCIÓN: Proceso de transformación del suelo del estado sólido al estado líquido.

LONGITUD DE PUENTE: Distancia longitudinal entre las juntas de dilatación extremas de la superestructura de un puente.

LUZ DEL PUENTE: Distancia longitudinal entre los ejes de apoyo de la superestructura de un puente.

LUZ LIBRE: Distancia longitudinal horizontal de una estructura sin obstrucciones.

M

MALLA: Abertura cuadrada de un tamiz.

MANTENIMIENTO PERIÓDICO: Conjunto de actividades programables cada cierto periodo, que se realizan en las vías para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a: i) reposición de capas de rodadura, colocación de capas nivelantes y sello, ii) reparación o reconstrucción puntual de capas inferiores del pavimento, iii) reparación o reconstrucción puntual de túneles, muros, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y señalización, iv) reparación o reconstrucción puntual de la plataforma de carretera y v) reparación o reconstrucción puntual de los componentes de los puentes tanto de la superestructura como de la subestructura.

MANTENIMIENTO RUTINARIO: Conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud; así como, limpieza o reparación de juntas de dilatación, elementos de apoyo, pintura y drenaje en la superestructura y subestructura de los puentes.

MANTENIMIENTO VIAL: Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

MAPAS VIALES: Diagramas viales a escala y con coordenadas geográficas. Pueden ser de carácter nacional, departamental o provincial.

MARCAS EN EL PAVIMENTO: Líneas y símbolos que se utilizan con el objeto de reglamentar el movimiento de vehículos e incrementar la seguridad en su operación. Sirve, en algunos casos, como suplemento a las señales y semáforos en el control del tránsito; en otros constituye un único medio, desempeñando un factor de suma importancia en la regulación de la operación del vehículo en la vía.

MARGEN DERECHA: Orilla o borde derecho de curso de agua visto en sentido AGUAS ABAJO.

MARGEN IZQUIERDA: Orilla o borde izquierdo de curso de agua visto en sentido AGUAS ABAJO.

MATERIA ORGÁNICA: Son compuestos carbonáceos existentes en el suelo, tales como turba, lodos orgánicos y suelos que contengan materia vegetal.

MATERIAL DE CANTERA: Material de características apropiadas para su utilización en las diferentes partidas de construcción de obra, que deben estar económicamente cercanas a las obras y en los volúmenes significativos de necesidad de la misma.

MATERIAL DE PRÉSTAMO COMPENSADO: Es aquel que corresponde a compensaciones de materiales adecuados para su uso en las explanaciones, de cortes con rellenos, dentro de la distancia denominada “libre de transporte”.

MATERIAL DE PRÉSTAMO LATERAL: Material de características apropiadas para su uso en la construcción de las explanaciones, que provienen de bancos y canteras naturales adyacentes a la explanada de la carretera.

MATERIAL DE PRÉSTAMO PROPIO: Material adecuado para las explanaciones, proveniente de los cortes para ser utilizado en rellenos, transportado fuera de la distancia denominada “libre de transporte”.

MÁXIMA DENSIDAD SECA: Máximo valor de densidad seca definido por la curva de compactación para un esfuerzo especificado (estándar ó modificado).

MEJORAMIENTO: Ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y de la estructura del pavimento; así como la construcción y/o adecuación de los puentes, túneles, obras de drenaje, muros, y señalizaciones necesarias.

MÉTODOS NUCLEARES: Procedimientos utilizados para la determinación de densidades y/o humedades en los terraplenes, bases y superficies utilizando equipos nucleares.

METRADO: Cuantificación detallada por partidas de las actividades por ejecutar o ejecutadas en una obra.

MISCIBILIDAD (con agua): Fenómeno de coagulación cuando se diluye la emulsión en agua.

MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO: Es una mezcla en frío procesada en planta u otros medios, compuesta por agregados gruesos y finos, material bituminoso y de ser el caso aditivos de acuerdo a diseño y especificaciones técnicas. Es utilizada como capa de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.

MINERAL: Material inorgánico de origen natural con una composición química definida.

MÓDULO RESILIENTE (Suelos): Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

MORTERO: Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante (bituminoso o cemento Pórtland), agua y puede contener aditivos.

MORTERO ASFÁLTICO: Mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica, polvo mineral y, eventualmente aditivos que se aplica sobre la superficie de una vía de acuerdo con las especificaciones.

MOVIMIENTO DE TIERRA: Ver EXPLANACIÓN.

MUESTRAS DE CAMPO: Materiales obtenidos de un yacimiento, de un horizonte de suelo y que se reduce a tamaños, cantidades representativos y más pequeñas según procedimientos establecidos.

MUESTREO: Investigación de suelos, materiales, asfalto, agua etc., con la finalidad de definir sus características y/o establecer su mejor empleo y utilización.

MURO: Estructura destinada a garantizar la estabilidad de los elementos que constituye la vía, según su función, se denominan: de contención, sostenimiento, encauzamiento y otros

N

NAPA FREÁTICA: Nivel superior del agua subterránea en el momento de la exploración. El nivel se puede dar respecto a la superficie del terreno o a una cota de referencia.

NIVELES DE SERVICIO: Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

O

OBRA: Infraestructura vial ejecutada en un ÁREA DE TRABAJO, teniendo como base un Expediente Técnico aprobado, empleando generalmente recursos: mano de obra, materiales y equipo.

OBRA ADICIONAL: Aquella no considerada en el expediente técnico, ni en el contrato, cuya realización resulta indispensable y/o necesaria para dar cumplimiento a la meta prevista de la obra principal.

OBRAS DE DRENAJE: Conjunto de obras que tienen por fin controlar y/o reducir el efecto nocivo de las aguas superficiales y subterráneas sobre la vía, tales como: alcantarillas, cunetas, badenes, subdrenes, zanjas de coronación y otras de encauzamientos.

OBRAS DE PUESTA A PUNTO: Intervenciones de mantenimiento vial extraordinario que se ejecuta con la finalidad de recuperar los niveles de servicio.

OBRA PÚBLICA: Obra que ejecuta en forma directa o indirecta una entidad del Estado con la finalidad de servir al público.

OPERACIÓN VIAL: Conjunto de actividades que se inician al término de una intervención de la vía y tienen por finalidad mantener un nivel de servicio adecuado. Estas están referidas al cuidado y vigilancia de los elementos confortantes de la vía incluyendo la preservación de la integridad física del Derecho de Vía, el control de cargas y pesos vehiculares, los servicios complementarios, medidas de seguridad vial así como la prevención y atención de emergencias viales.

ÓVALO O ROTONDA: Intersección dispuesta en forma de anillo (circular u oval) al que acceden, o del que parten, tramos de carretera, siendo único el sentido de circulación en el anillo.

P

PASIVO AMBIENTAL: Daño ambiental o impacto no mitigado. Este pasivo es considerado cuando afecta de manera perceptible y cuantificable elementos ambientales naturales (físicos y bióticos) y humanos e incluso bienes públicos (infraestructura) como parques y sitios arqueológicos.

PASO A DESNIVEL: Cruce a diferentes niveles entre dos o más carreteras o líneas férreas o la combinación de estas, se conoce también como BYPASS.

PASO A NIVEL: Cruce a la misma cota entre una carretera y una línea de ferrocarril o entre dos carreteras.

PASO DE PEATONES: Zona transversal al eje de una vía, destinada al cruce de peatones mediante regulación de la prioridad de paso.

PATRIMONIO VIAL: Conjunto de caminos, arterias, calles o vías férreas, incluidas sus obras complementarias, que con su respectivo derecho de vía conforman la estructura vial de uso y dominio público susceptible de valorización.

PAVIMENTO: Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y rodadura.

PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO: Pavimento asfáltico resultante de la mezcla asfáltica antigua recuperada mediante fresado y con adición de asfalto, agregados y de ser el caso aditivos, según diseño.

PAVIMENTO FLEXIBLE: Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.

PAVIMENTO RÍGIDO: Constituido por cemento Pórtland como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivos.

PEAJE: Tasa que paga el usuario, por el derecho de utilizar la infraestructura vial pública.

PENDIENTE DE LA CARRETERA: Inclinación del eje de la carretera, en el sentido de avance.

PERFIL LONGITUDINAL: Trazado del eje longitudinal de la carretera con indicación de cotas y distancias que determina las pendientes de la carretera.

PERALTE: Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

PERMEABILIDAD: Capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

PESO ESPECÍFICO (productos asfálticos): Sólidos y semisólidos. Relación del peso de un volumen dado de material a 25ºC y el peso de un volumen aquel de agua a la temperatura indicada.

pH: Medida del estado de acidez o basicidad de una solución. Los valores extremos del pH son 0 y 14; y el valor medio 7 indica que la solución es neutra.

PILARES: Apoyos intermedios de un puente, que tienen por finalidad principal soportar la superestructura y transmitir las cargas al terreno.

PILOTE: Elemento de cimentación profunda de madera, acero o concreto. Transmiten la carga por punta o fricción del cuerpo con el suelo que lo circunda o por ambas.

PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA): Conjunto de obras diseñadas para mitigar o evitar los impactos negativos de las obras de la carretera, sobre la comunidad y el medio ambiente. Las obras PMA deben formar parte del proyecto de la carretera y de su presupuesto de inversión.

PLANO TOPOGRÁFICO: Representación gráfica pormenorizada a escala de una extensión de terreno.

PLANOS DEL PROYECTO: Representación conceptual de una obra vial constituido por plantas, perfiles, secciones transversales y dibujos complementarios de ejecución. Los planos muestran la ubicación, naturaleza, dimensiones y detalles del trabajo a ejecutar.

PLANOS TIPO: Documentos aprobados que se elaboran en base a especificaciones técnicas y que se usan en obras estándar de uso frecuente.

PLATAFORMA: Superficie superior de una carretera, incluye calzada, bermas y cunetas.

PLAZOLETA DE CRUCE: Sección ensanchada de una carretera de un solo carril, destinada a facilitar el adelantamiento o el volteo del tránsito.

PONTÓN: Denominación utilizada para referirse a puentes de longitud menor a 10 m.

POLÍMERO: Aditivo modificador del asfalto.

POROSIDAD: Propiedad de un cuerpo que se caracteriza por la presencia de vacíos en su estructura.

PRESIÓN ADMISIBLE: Máxima presión que la cimentación puede transmitir al terreno sin que ocurran asentamientos mayores a lo admisible, según lo especifique la norma del diseño respectiva.

PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN: Es la cota o estrato del terreno de fundación de la estructura de una obra.

PROGRAMA DE EJECUCIÓN: Documento en el que consta la programación por periodos determinados de tiempo para la ejecución de un estudio u obra.

PROPIEDAD RESTRINGIDA: Faja de terreno lateral y colindante al Derecho de Vía, donde está prohibido ejecutar construcciones permanentes que puedan afectar a la seguridad vial, a la visibilidad, o dificulten posibles ensanches. Su ancho se establece por resolución del titular de la autoridad competente respectiva.

PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA (PIP): Toda intervención limitada en el tiempo que utiliza total o parcialmente recursos públicos, con el fin de crear, ampliar, mejorar, modernizar, o restablecer la capacidad productora de bienes o servicios; cuyos beneficios se generen durante la vida útil del proyecto y éstos sean independientes de los de otros proyectos.

PROYECTISTA: Persona natural o jurídica, que la Entidad encarga o contrata para la elaboración de los documentos relativos a un proyecto.

PROVEEDOR: Persona natural o jurídica que vende o arrienda bienes, presta servicios generales o de consultoría o ejecuta obras.

PUENTE: Estructura requerida para atravesar un accidente geográfico o un obstáculo natural o artificial.

PUESTO EN OBRA: Se dice de los materiales y/o equipos colocados dentro del ÁREA DE TRABAJO.

PUNTO DE ABLANDAMIENTO (anillo y bola): Temperatura de referencia a la cual los asfaltos tienen la misma viscosidad o penetración (aproximadamente 800 dmm); es decir, cuando se tornan fluidos debido a que son materiales viscoelásticos.

PUNTO DE INTERSECCIÓN: Punto en que se cortan las prolongaciones de dos tangentes sucesivas, conocido como PI.

PUNTO DE TANGENCIA: Punto donde termina la tangente y comienza la curva, conocido como PT.

PUNTO NOTABLE : Sitio o lugar importante en el itinerario de una ruta, tales como puentes, ciudades, centros poblados, abras, túneles, etc.

Q

QUEBRADA: Abertura entre dos montañas, por formación natural o causada por erosión de las aguas.

R

RAMAL: Bifurcación de una carretera que tiene un punto de inicio fijo, siendo que su punto final no se conecta necesariamente con otra vía similar o de mayor rango vial.

RAMPA: Ramal de intercambio con pendiente, destinado a empalmar una vía con otra a niveles diferentes.

RASANTE: Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

REACTIVIDAD (agregado/álcali del cemento): Método para medir la posible reactividad de los agregados con los álcalis del aglomerante.

REASENTAMIENTO INVOLUNTARIO: Reasentamiento que es el resultado de una causa externa: desastres naturales, problemas sociales, proyectos de desarrollo. En este último caso posibilita ser planificado e incluido en el Plan de Reasentamiento Involuntario que forma parte del Expediente Técnico.

RECAPEO ASFÁLTICO: Colocación de una o más capas de mezcla asfáltica sobre la superficie de rodadura de un pavimento existente con fines de mantenimiento ó rehabilitación. En caso se especifique incluye una capa nivelante para corregir el perfil del pavimento antiguo.

RECONSTRUCCIÓN: Renovación completa de una obra de infraestructura vial, previa demolición parcial o completa de la existente, pudiendo modificarse sus características originales.

RECUPERACIÓN (elástica): Sirve para determinar el grado de elasticidad de los asfaltos modificados.

RED VIAL: Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural)

RED VIAL DEPARTAMENTAL O REGIONAL: Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito de un Gobierno Regional. Articula básicamente a la Red Vial Nacional con la Red Vial Vecinal o Rural.

RED VIAL NACIONAL: Corresponde a las carreteras de interés nacional conformada por los principales ejes longitudinales y transversales, que constituyen la base del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). Sirve como elemento receptor de las carreteras Departamentales o Regionales y de las carreteras Vecinales o Rurales.

RED VIAL VECINAL O RURAL: Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales de distrito, éstas entre sí, con centros poblados ó zonas de influencia local y con las redes viales nacional y departamental o regional

REFORESTACIÓN: Consiste en sembrar vegetación con la finalidad de estabilización de taludes, arenamiento y protección del medio ambiente.

REGISTRO NACIONAL DE CARRETERAS (RENAC): Instrumento de gestión de carácter oficial donde se inscriben las vías que conforman el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

REHABILITACIÓN: Ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están referidas principalmente a reparación y/o ejecución de pavimentos, puentes, túneles, obras de drenaje, de ser el caso movimiento de tierras en zonas puntuales y otros.

REPLANTEO TOPOGRÁFICO: Acción de trazar y/o controlar en el terreno un proyecto antes, durante y después de su ejecución y cuantas veces sea necesario.

RELLENO: Ver TERRAPLÉN.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN: Ensayo de resistencia a la compresión que se realiza colocando una muestra cilíndrica en una prensa al que se le aplica una fuerza hasta la rotura de la muestra o testigo.

RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO: Propiedad de la superficie del pavimento, particularmente cuando esta mojado, para resistir el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos.

RIEGO DE LIGA: Aplicación delgada y uniforme de material asfáltico sobre una superficie existente de asfalto o de concreto hidráulico, con la finalidad de asegurar la adherencia entre la capa de rodadura existente y la de cobertura.

RIEGO PULVERIZADO: Aplicación de emulsión asfáltica diluida en forma ligera, que tiene por objeto renovar viejas superficies asfálticas, sellar pequeñas fisuras y vacíos en la superficie.

ROCA: Material formado por diversos minerales unidos por fuerzas cohesivas permanentes.

ROCA FIJA: Masas de rocas medianas o fuertemente litificadas que, debido a su cohesión y consolidación, requieren necesariamente el empleo sistemático de explosivos para su disgregación.

ROCA SUELTA: Masas de rocas cuyos grados de fracturamiento, cohesión y consolidación, necesiten el uso de maquinaria y/o requieran explosivos, siendo el empleo de este último en menor proporción que para el caso de roca fija.

ROCE: Consiste en el corte y eliminación de la vegetación con fines de ejecución o mantenimiento de la carretera.

ROTURA DE EMULSIÓN: Fenómeno de separación del agua y el asfalto, comenzado el proceso de curado. La velocidad de rotura está controlada principalmente por el agente emulsivo.

RUGOSIDAD (PAVIMENTO): Parámetro del estado más característico de la condición funcional de la capa de superficie de rodadura de un pavimento. Se expresa mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

RUTA: Carretera definido entre dos puntos determinados, con origen, itinerario y destino debidamente identificados.

S

SARDINEL: Encintado de concreto, piedra u otros materiales, que sirve para delimitar o confinar la calzada o la plataforma de la vía. También se utiliza en puentes para advertir al usuario y como defensa de la estructura contra los impactos que puede originar un vehículo.

SECCIÓN TRANSVERSAL: Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

SECTOR: Parte continúa de un tramo.

SEDIMENTACIÓN: Proceso por el cual un material sólido se deposita en los cauces de los ríos, quebradas, alcantarillas, cunetas o canales, por efecto del transporte de corrientes de agua.

SEGURIDAD VIAL: Conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad.

SELLOS ASFÁLTICOS: Trabajos consistentes en la aplicación de un material bituminoso sobre la superficie de un pavimento existente y cubierto por agregado fino de diferente graduación según diseño.

SEÑALIZACIÓN VIAL: Dispositivos que se colocan en la vía, con la finalidad de prevenir e informar a los usuarios y regular el tránsito, a efecto de contribuir con la seguridad del usuario.

SEPARADOR: Espacio o dispositivo estrecho y ligeramente saliente, distinto de una franja o línea pintada, situado longitudinalmente para separar el tránsito de la misma o distinta dirección y dispuesto de tal forma que intimide e impida el paso de vehículos entre calzadas o carriles.

SERVICIOS COMPLEMENTARIOS: Conjunto de servicios de carácter opcional que la autoridad competente autoriza mediante contrato, en beneficio de la seguridad y la comodidad de los usuarios, dentro del Derecho de Vía.

SISTEMA DE PEAJE ABIERTO: Es aquel donde el usuario abona la tasa en el ingreso de la carretera afectada a este sistema, independientemente del kilometraje recorrido.

SISTEMA DE PEAJE CERRADO: Consiste en mantener controles de acceso a la carretera y tasas proporcionales a las distancias recorridas, en módulos establecidos, efectuándose el pago en cada salida.

SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS (SINAC): Conjunto de carreteras conformantes de la Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural.

SLUMP.- MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO CON EL CONO DE ABRAMS: Establece la determinación del asentamiento del concreto fresco tanto en el laboratorio como en el campo. Este método consiste en colocar una muestra de concreto fresco en un molde con forma de cono trunco, según las características y procedimientos que establezcan las especificaciones técnicas correspondientes.

SOBREANCHO: Ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

SOCAVAR: Erosión de la cimentación de una estructura u otro elemento de la vía por la acción del agua.

SOLUBILIDAD: Es una medida de la capacidad de una determinada sustancia para disolverse en otra.

SUBBASE: Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.

SUB DREN: Obra de drenaje que tiene por finalidad deprimir la napa freática que afecta la vía por efectos de capilaridad.

SUBESTRUCTURA: Componente estructural donde se apoya la superestructura y que trasmite al terreno de cimentación las cargas aplicadas al puente, entre ellos los estribos y pilares.

SUBRASANTE: Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

SUELO ARCILLOSO: Conformado por arcillas o con predominancia de éstas. Por lo general, no es adecuado para el tránsito vehicular.

SUELO ARENOSO: Conformado por arena o con predominancia de ésta. Por lo general, no es adecuado para el tránsito vehicular.

SUELOS EXPANSIVOS: Suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

SUELOS INALTERADOS (No disturbados): Generalmente son cohesivos que conservan su estructura y humedad.

SUPERESTRUCTURA: Componente estructural que recibe en forma directa las cargas vehiculares que circulan por el puente; conformada por diferentes tipos de elementos metálicos, de concreto, madera y otros.

SUPERFICIE DE RODADURA: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.

SUPERFICIE DE RODADURA DE UN PUENTE: Parte de la superestructura destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles. Estructuralmente representa la superficie de desgaste del tablero de un puente.

SUPERVISOR DE OBRA: Persona natural o jurídica que presta el servicio de supervisión en un estudio u obra

T

TALUD: Inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes.

TAMIZ: Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

TASA: Tributo cuya obligación tiene como hecho generador la prestación efectiva por el Estado de un servicio público individualizado en el contribuyente.

TENSIÓN: Ensayo que se practica en barras y alambres de acero, determinando parámetros que hacen a la calidad del producto, como son: alargamiento, área y su reducción, carga máxima, carga final, etc.

TENSIÓN DE COMPRESIÓN: Esfuerzo normal que tiende a acortar el cuerpo en la dirección en la que actúa.

TERCERIZACIÓN: Término que se usa para identificar las actividades de gestión de la infraestructura que se realiza mediante contratación con terceros.

TÉRMINOS DE REFERENCIA: Documento que elabora la Entidad Contratante, con la finalidad de establecer los objetivos, alcances, características técnicas, productos esperados y demás condiciones requeridas para la prestación de un servicio de consultoría a contratar.

TERRAPLÉN: Parte de la EXPLANACIÓN situada sobre el terreno original. También se le conoce como relleno.

TESTIGO: Una muestra cilíndrica de concreto endurecido, de mezcla bituminosa compactada y endurecido usualmente obtenida por medio de una broca diamantina de una máquina extractora.

TORONES: Elementos constitutivos de los cables de acero.

TRABAJABILIDAD: La facilidad con que las mezclas de pavimentación y de otras obras de infraestructura vial pueden ser colocadas y compactadas.

TRÁFICO: Ver TRÁNSITO.

TRAMO: Parte continúa de una carretera.

TRÁNSITO: Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía

TRANSICIÓN DEL PERALTE: Es la traza del borde de la calzada, en la que se desarrolla el cambio gradual de la pendiente del borde de la calzada, entre la que corresponde a la zona tangente, y el que corresponde a la zona peraltada de la curva.

TRANSICIÓN DE SOBREANCHO: Traza del borde de la calzada, en la que se modifica gradualmente el ancho de la calzada hasta alcanzar el máximo ancho de la sección requerida en la curva.

TRANSITABILIDAD: Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo.

TRATAMIENTO SUPERFICIAL: Aplicación de una o más capas conformadas por riegos asfálticos que pueden incluir aditivos y agregados cuyas características son definidas según especificaciones técnicas. Por lo general son de una, dos y tres capas (monocapa y bicapa)

TRAYECTORIA: Ver ITINERARIO.

TROCHA CARROZABLE: Vía transitable que no alcanza las características geométricas de una carretera.

U

USUARIO: Persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza la infraestructura vial pública.

V

VALORIZACIÓN: Cuantificación económica de un avance físico en la ejecución de la Obra o prestación de servicios realizada en un período determinado.

VARIANTE: Bifurcación de una carretera en el que se fija su punto de inicio, siendo su punto final, necesariamente, otro punto de la misma carretera.

VEHICULO: Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

VEHICULO LIVIANO DE USO PRIVADO (Ligero): Vehículo automotor de peso bruto hasta 1,5 t.

VEHICULO LIVIANO: Vehículo automotor de peso bruto mayor a 1,5 t hasta 3,5 t.

VEHICULO PESADO: Vehículo automotor de peso bruto mayor a 3,5 t.

VELOCIDAD DIRECTRIZ: Ver VELOCIDAD DE DISEÑO.

VELOCIDAD DE DISEÑO: Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto.

VELOCIDAD DE OPERACIÓN: Máxima velocidad autorizada para la circulación vehicular en un tramo o sector de la carretera.

VEREDA: Ver ACERA

VÍA: Camino, arteria o calle.

VÍA DE ACCESO RESTRINGIDO: Ver ÁREAS DE ACCESO RESTRINGIDO.

VÍA DE EVITAMIENTO: Vía que se construye para evitar atravesar una zona urbana.

VÍA DE SERVICIO: Vía sensiblemente paralelo a una carretera, respecto de la cual tiene carácter secundario, conectado a ésta solamente en algunos puntos y que sirve a las propiedades o edificios contiguos. Puede ser con sentido único o doble sentido de circulación.

VÍA URBANA: Arterias o calles conformantes de un centro poblado, que no integran el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

VIDA ÚTIL: Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.

VIADUCTO: Vías rápidas de tránsito continuo, elevadas o no.

VIABILIDAD DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA: Condición atribuida expresamente a un Proyecto de Inversión Pública (PIP) que demuestra ser rentable, sostenible y compatible con las políticas sectoriales.

VIGA BENKELMAN: Instrumento que se usa para determinar la deflexión de un pavimento flexible producido por una carga estática.

VISCOSIDAD: Medida de la resistencia al flujo. Es un método usado para medir la consistencia del asfalto.

VISCOSIDAD ABSOLUTA: Método usado para medir viscosidad usando el poise como la unidad de medida. Este método hace uso de un vacío parcial para inducir flujo en el viscosímetro.

VISCOSIDAD CINEMÁTICA: Método usado para medir viscosidad, usando el STOKE como la unidad de medida.

VISCOSÍMETRO: Aparato (Tubo capilar) de vidrio adecuado para el ensayo a viscosidad capilar de vacío, cuando se requiere este ensayo.

VOLUMEN DE VACÍOS: Cantidad total de espacios vacíos en una mezcla compactada.

Z

ZANJA DE CORONACIÓN: Canal abierto en terreno natural, encima de un talud de corte, destinado a captar y conducir las aguas de escorrentía y evitar la erosión del talud.

SIGLAS Y ABREVIATURAS

AASHTO	**:**	Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte (American Association of State Highway and Transportation Officials)
ASTM	**:**	Asociación Americana para el Ensayo de Materiales (American Society for Testing Materials)
BID	**:**	Banco Interamericano de Desarrollo.
BM	**:**	Banco Mundial
BIRF	**:**	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento
CONSUCODE	**:**	Consejo Superior de Contrataciones y Adquisiciones del Estado.
CGR	**:**	Contraloría General de la República
DGCET	**:**	Dirección General de Concesiones en Transportes
DGASA	**:**	Dirección General de Asuntos Socio-Ambientales
DGCF	**:**	Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
DGTT	**:**	Dirección General de Transporte Terrestre
DRTC		Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones
DC	**:**	Dirección de Caminos
DEE	**:**	Dirección de Estudios Especiales
DEM	**:**	Dirección de Equipo Mecánico
DFV	**:**	Dirección de Fiscalización Vial
DNV	**:**	Dirección de Normatividad Vial
FHWA	**:**	Federal Highway Administration – USA
GL	**:**	Gobiernos Locales
GN	**:**	Gobierno Nacional
GR	**:**	Gobiernos Regionales
INC	**:**	Instituto Nacional de Cultura.
INDECOPI	**:**	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia de la Propiedad Intelectual.
INEI	**:**	Instituto Nacional de Estadística e Informática.
IVP	**:**	Instituto Vial Provincial
MEF	**:**	Ministerio de Economía y Finanzas.
MINCETUR	**:**	Ministerio de Comercio Exterior y Turismo.
MTC	**:**	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
MEMV	**:**	Microempresas de Mantenimiento Vial
NCHRP	**:**	National Cooperative Highway Research Program - USA

ONG	**:**	Organización No Gubernamental
OGPP	**:**	Oficina General de Planeamiento y Presupuesto del MTC
OSITRAN	**:**	Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso público.
PCA	**:**	Asociación de Cemento Pórtland (Portland Cement Association)
PCM	**:**	Presidencia del Consejo de Ministros
PVD	**:**	Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Descentralizado – PROVÍAS DESCENTRALIZADO
PVN	**:**	Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional – PROVÍAS NACIONAL
SEACE	**:**	Sistema Electrónico de Adquisiciones y Contrataciones del Estado
SNIP	**:**	Sistema Nacional de Inversión Pública
IV.	**:**	Intercambio Vial
Ov.	**:**	Ovalo
Pto.	**:**	Puerto
Pte.	**:**	Puente
m	**:**	Metro
km	**:**	Kilómetro
km/h	**:**	Kilómetro por hora
kg	**:**	Kilogramo
t	**:**	Tonelada
h	**:**	Hora

PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

MANUAL DE HIDROLOGIA, HIDRÁULICA Y DRENAJE

MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN

II. OBJETIVOS Y ALCANCES

2.1 Objetivos
2.2 Antecedentes

oik. HIDROLOGÍA

3.1. Alcances
3.2. Factores Hidrológicos y Geológicos que inciden en el Diseño Hidráulico de las Obras de Drenaje
3.3. Estudios de Campo
3.4. Evaluación de la Información Hidrológica
3.5. Área del Proyecto - Estudio de la(s) Cuenca(s) Hidrográfica(s)
3.6. Selección del Período de Retorno
3.7. Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos
3.8. Determinación de la Tormenta de Diseño
3.9. Tiempo de Concentración
3.10. Hietograma de Diseño
3.11. Precipitación total y efectiva
3.12. Estimación de Caudales
3.13. Avenida de Diseño

IV. HIDRÁULICA Y DRENAJE

4.1. Drenaje Superficial
4.1.1. Drenaje transversal de la carretera
4.1.1.1. Aspectos generales
4.1.1.2. Premisas para el estudio
4.1.1.3. Alcantarillas
4.1.1.4. Badenes
4.1.1.5. Puentes
4.1.2. Drenaje longitudinal de la carretera
4.1.2.1. Cunetas

4.1.2.2. Cunetas o zanjas de coronación

4.1.2.3. Zanjas de drenaje

4.1.2.4. Cunetas de banqueta

4.1.2.5. Bordillos

4.1.2.6. Canales de drenaje

4.2. Drenaje Subterráneo

4.2.1 Subdrenaje

4.2.2 Cajas de registro y buzones

4.2.3 Drenes de penetración

4.2.4 Drenaje del pavimento

4.2.5 Protección del suelo de la explanación contra el agua libre en terreno de elevado nivel freático, llano y sin desague.

4.2.6 Protección del suelo de explanación situado bajo la calzada contra los movimientos capilares del agua.

4.2.7 Capa drenante

V. ANEXOS

Bibliografía

Glosario de Términos

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

El Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado mediante Decreto Supremo Nº 034 – 2008 – MTC dispone entre otros la implementación del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, el cual es un documento que resume lo más sustancial de la materia, que servirá de guía y procedimiento para el diseño de las obras de drenaje superficial y subterránea de la infraestructura vial, adecuados al lugar de ubicación de cada proyecto.

La DGCF mediante Memorándum Nº 3599-2008-MTC/14 a la Dirección de Estudios Especiales encarga la elaboración del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje el cual pasará por un proceso de revisión y complementación permanente a través de su difusión vía Internet u otro medio que permita obtener los aportes necesarios por parte de entidades, profesionales y/o empresas dedicadas a la especialidad, a fin de optimizar su contenido.

Las definiciones de los términos utilizados en el presente Manual se describen en la parte final de este documento, asimismo los términos que no se incluyan en él, se encuentran contenidos en el "Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial" aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Las características geográficas, hidrológicas, geológicas y geotécnicas de nuestro país dan lugar a la existencia de problemas complejos en materia de drenaje superficial y subterráneo aplicado a carreteras; debido al carácter muy aleatorio de las múltiples variables (hidrológico-hidráulico, geológico-geotécnico) de análisis que entran en juego, aspectos hidráulicos que aún no están totalmente investigados en nuestro país; el planteamiento de las soluciones respectivas, obviamente estarán afectados por niveles de incertidumbres y riesgos inherentes a cada proyecto. Por lo tanto y dado el carácter general y orientativo del presente Manual, para el

tratamiento de los problemas señalados se deberá aplicar los adecuados criterios profesionales.

Hidrología es la ciencia geográfica que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.

Los estudios hidrológicos son fundamentales para:

El diseño de obras hidráulicas, para efectuar estos estudios se utilizan frecuentemente modelos matemáticos que representan el comportamiento de toda la cuenca en estudio.

El correcto conocimiento del comportamiento hidrológico de un río, arroyo, o de un lago es fundamental para poder establecer las áreas vulnerables a los eventos hidrometeorológicos extremos; así como para prever un correcto diseño de obras de infraestructura vial.

Su aplicación dentro del Manual esta dada en la determinación de los caudales de diseño para diferentes obras de drenaje.

Hidráulica es una rama de la física y la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos. Todo esto depende de las fuerzas que se interponen con la masa (fuerza) y empuje de la misma.

Su aplicación dentro del Manual esta dada en la determinación de las secciones hidráulicas de las obras de drenaje.

Todo esto y muchas aplicaciones más hacen que el Especialista en Hidrología sea un personaje importante en todo equipo

multidisciplinario que enfrenta problemas de ingeniería civil en general y problemas de carácter ambiental.

CAPÍTULO II
OBJETIVOS

II. OBJETIVOS Y ALCANCES

2.1 OBJETIVOS:

El Manual persigue alcanzar los siguientes objetivos:

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

Tener un documento técnico que sirva de guía conceptual y metodológica para la determinación de los parámetros hidrológicos e hidráulicos de diseño, de obras de infraestructura vial.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Ofrecer al proyectista de diseño en infraestructura vial (Ingeniero o profesional a fin), de una herramienta práctica para el desarrollo de estudios de hidrología e hidráulica, con criterios ingenieriles, metodologías y recomendaciones que ayuden a proyectar adecuadamente los elementos de drenaje de una carretera.

- Permitir al proyectista obtener consistentemente la estimación de la magnitud del caudal de diseño, diseñar obras de drenaje que permitan controlar y eliminar el exceso de agua superficial y subterránea que discurren sobre la calzada y debajo de ella, a fin de que no puedan comprometer la estabilidad de la estructura del pavimento, de acuerdo a las exigencias hidrológicas y geomorfológicas del área de estudio, sin afectar el drenaje natural de la zona, ni a la propiedad adyacente.

- Uniformizar criterios de diseño de las obras de drenaje vial.

2.2 ANTECEDENTES:

El Manual presenta recomendaciones de diseño generales para la elaboración de estudios de hidrología, hidráulica y drenaje, cuyas metodologías previamente a su aplicación deben ser validadas a las condiciones particulares de cada proyecto vial.

El presente Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje; prima y complementa, los criterios de diseño establecidos en los capítulos de Hidrología y Drenaje del Manual de Caminos Pavimentados y no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito, Manual de Diseño Geométrico-2001 y el Manual de Puentes.

CAPÍTULO III
HIDROLOGÍA

III. HIDROLOGÍA

3.1 Alcances

Este capítulo trata temas relacionados a las metodologías que permiten estimar los caudales de diseño de las obras que constituyen el sistema de drenaje proyectado de la carretera (drenaje superficial y subterráneo).

Partiendo del análisis de la información hidrológica y meteorológica disponible en el área de estudio, se presentan criterios de diseño y límites de aplicación de los métodos considerados, a fin de que el especialista seleccione la alternativa más apropiada para cada caso en particular.

La información hidrológica y meteorológica a utilizar en el estudio deberá ser proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI), entidad que es el ente rector de las actividades hidrometeorológicas en el país. En lugares en que no se cuenta con la información del SENAMHI, y de ser el caso se recabará información de entidades encargadas de la administración de los recursos hídricos del lugar, previa verificación de la calidad de la información.

El registro y estudio de las máximas avenidas anuales permite determinar, bajo cierto supuestos, la probabilidad de ocurrencia de avenidas de una cierta magnitud.

Se debe tener en cuenta que, las avenidas son fenómenos originados por el carácter aleatorio de las descargas de los ríos. La ocurrencia de crecidas de los ríos se describe en términos probabilísticas. Es decir, que cada avenida va asociada una probabilidad de ocurrencia.

Es importante señalar que los métodos y procedimientos que se describen en el presente capítulo abarcan únicamente la determinación de caudales líquidos provenientes de precipitaciones pluviales y no incluye la determinación de caudales provenientes de deshielos, inundaciones causadas por desborde de ríos y colapso de presas de irrigación. Asimismo, no incluye la estimación de caudales sólidos que puedan transportar los cursos naturales. Sin embargo, si el funcionamiento o vida útil de la obra de drenaje proyectada está supeditada al comportamiento de estos factores, el Proyectista deberá tomarlos en cuenta al efectuar los diseños de las obras de drenaje.

3.2 Factores Hidrológicos y Geológicos que inciden en el Diseño Hidráulico de las Obras de Drenaje

El presente ítem describe los factores que influyen en la obtención de diseños adecuados que garanticen el buen funcionamiento del sistema de drenaje proyectado, acorde a las exigencias hidrológicas de la zona de estudio.

El primer factor a considerar se refiere al tamaño de la cuenca como factor hidrológico, donde el caudal aportado estará en función a las condiciones climáticas, fisiográficas, topográficas, tipo de cobertura vegetal, tipo de manejo de suelo y capacidad de almacenamiento.

Los factores geológicos e hidrogeológicos que influyen en el diseño se refieren a la presencia de aguas subterráneas, naturaleza y condiciones de las rocas permeables y de los suelos: su homogeneidad, estratificación, conductividad hidráulica, compresibilidad, etc y también a la presencia de zonas proclives de ser afectadas por fenómenos de geodinámica externa de origen hídrico.

3.3 Estudios de Campo

Los estudios de campo deben efectuarse con el propósito de identificar, obtener y evaluar la información referida: al estado actual de las obras de drenaje existentes, condiciones topográficas e hidrológicas del área de su emplazamiento. Asimismo el estudio de reconocimiento de campo permite identificar y evaluar los sectores críticos actuales y potenciales, de origen hídrico como deslizamientos, derrumbes, erosiones, huaycos, áreas inundables, asentamientos, etc. que inciden negativamente en la conservación y permanencia de la estructura vial (carreteras y/o puentes).

Se debe evaluar las condiciones de las estaciones pluviométricas e hidrométricas, así como la consistencia de los datos registrados.

Por otro lado, el estudio de reconocimiento de campo permite localizar y hacer el estudio correspondiente de todas las cuencas y/o microcuencas hidrográficas, cuyos cursos naturales de drenaje principal interceptan el eje vial en estudio.

Para la elaboración de un estudio o informe de Hidrología, la actividad de estudio de campo a lo largo del proyecto vial, es de carácter obligatorio, por parte del o los especialista (s) a cargo de los estudios hidrológicos e hidráulicos.

3.4 Evaluación de la Información Hidrológica

Dado que el país tiene limitaciones en la disponibilidad de datos ya sea hidrométricos como pluviométricos y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas, generalmente se utilizan métodos indirectos para la estimación del caudal de diseño.

De acuerdo a la información disponible se elegirá el método más adecuado para obtener estimaciones de la magnitud del caudal, el cual será verificado con las observaciones directas realizadas en el

punto de interés, tales como medidas de marcas de agua de crecidas importantes y análisis del comportamiento de obras existentes.

La representatividad, calidad, extensión y consistencia de los datos es primordial para el inicio del estudio hidrológico, por ello, se recomienda contar con un mínimo de 25 años de registro que permita a partir de esta información histórica la predicción de eventos futuros con el objetivo que los resultados sean confiables, asimismo dicha información deberá incluir los años en que se han registrado los eventos del fenómeno "El Niño", sin embargo dado que durante el evento del fenómeno del niño la información no es medida ya que normalmente se estiman valores extraordinarios, esta información debe ser evaluada de tal manera que no se originen sobredimensionamientos en las obras.

Indiscutiblemente, la información hidrológica y/o hidrometeorológica básica para la realización del estudio correspondiente, deberá ser representativa del área en dónde se emplaza el proyecto vial.

3.5 Área del Proyecto - Estudio de la(s) Cuenca(s) Hidrográfica(s)

El estudio de cuencas está orientado a determinar sus características hídricas y geomorfológicas respecto a su aporte y el comportamiento hidrológico. El mayor conocimiento de la dinámica de las cuencas permitirá tomar mejores decisiones respecto al establecimiento de las obras viales.

Es importante determinar las características físicas de las cuencas como son: el área, forma de la cuenca, sistemas de drenaje, características del relieve, suelos, etc. Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la cobertura vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los

elementos del régimen hidrológico. El estudio de cuencas hidrográficas deberá efectuarse en planos que cuenta el IGN en escala 1:100,000 y preferentemente a una escala de 1/25,000, con tal de obtener resultados esperados.

3.6 Selección del Período de Retorno

El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada "T" años, se le denomina Período de Retorno "T". Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años.

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra.

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1- (1-1/T)^n \qquad (1)$$

Si la obra tiene una vida útil de n años, la fórmula anterior permite calcular el período de retorno T, fijando el riesgo de falla admisible R,

el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra. (Ver Figura Nº 01)

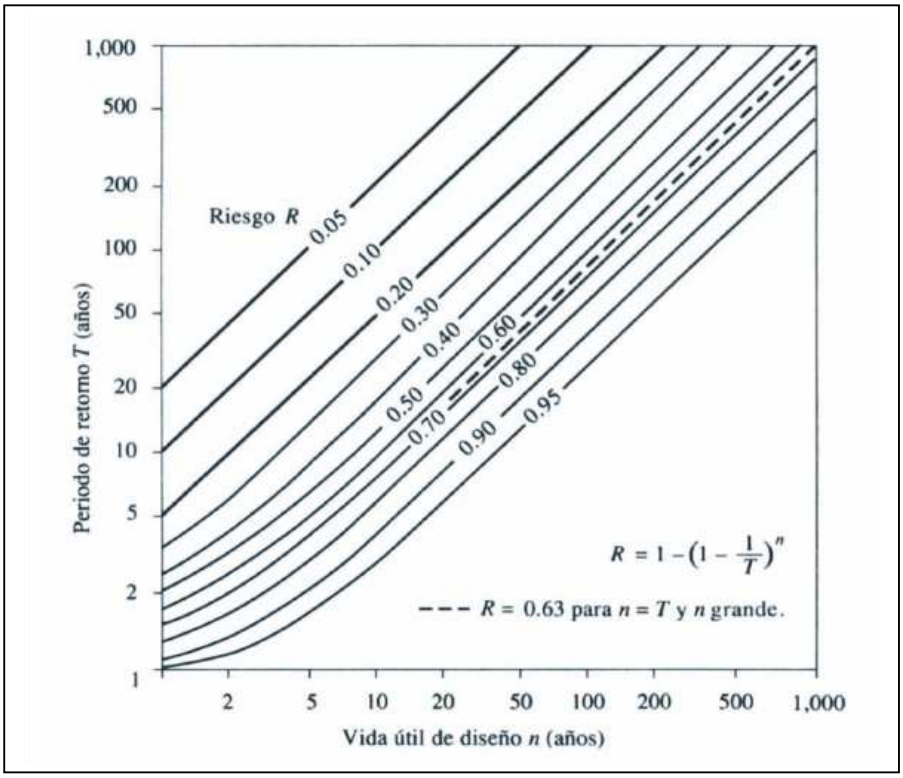


Figura Nº 01. Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil
(Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow)).

En la Tabla Nº 01 se presenta el valor T para varios riesgos permisibles R y para la vida útil n de la obra.

TABLA Nº 01: Valores de Período de Retorno T (Años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,99	1	1,11	1,27	1,66	2,7	5	5,9	11	22	44

Fuente: MONSALVE, 1999.

De acuerdo a los valores presentados en la Tabla Nº 01 se recomienda utilizar como máximo, los siguientes valores de riesgo admisible de obras de drenaje:

TABLA Nº 02: VALORES RECOMENDADOS DE RIESGO ADMISIBLE DE OBRAS DE DRENAJE

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	22
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	39
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	64
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	64
Subdrenes	72
Defensas Ribereñas	22

(*) - Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.
- Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

(**) - Vida Útil considerado n=25 años.
- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.
- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

3.7 Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos

3.7.1 Modelos de distribución

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

a) Distribución Normal
b) Distribución Log Normal 2 parámetros
c) Distribución Log Normal 3 parámetros
d) Distribución Gamma 2 parámetros
e) Distribución Gamma 3 parámetros
f) Distribución Log Pearson tipo III
g) Distribución Gumbel
h) Distribución Log Gumbel

3.7.1.1 Distribución Normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2} \qquad (2)$$

Donde

$f(x) =$ función densidad normal de la variable x

X = variable independiente

μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

3.7.1.2 Distribución Log Normal 2 Parámetros

La función de distribución de probabilidad es:

$$P(x \le x_i) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(-(x-\bar{X})^2 / 2S^2\right)} dx \qquad (3)$$

Donde $\bar{X}$ y S son los parámetros de la distribución.

Si la variable x de la ecuación (2) se reemplaza por una función y=f(x), tal que y=log(x), la función puede normalizarse,

transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal, N(Y, Sy). Los valores originales de la variable aleatoria x, deben ser transformados a y = log x, de tal manera que:

$$\overline{Y} = \sum_{i=1}^{n} \log x_i / n \tag{4}$$

Donde $\overline{Y}$ es la media de los datos de la muestra transformada.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \overline{Y})^2}{n-1}} \tag{5}$$

Donde Sy es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$Cs = a / S^3 y \tag{6}$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n} (y_i - \overline{Y})^3 \tag{7}$$

Donde Cs es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada. (Monsalve, 1999).

3.7.1.3 Distribución Log Normal 3 Parámetros

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{(2\pi)Sy}} e^{-1/2\left(Ln(x-x_0)-u_y / Sy\right)} \tag{8}$$

Para x > x0

Donde:

X0: parámetro de posición

Uy: parámetro de escala o media

Sy²: parámetro de forma o varianza

3.7.1.4 Distribución Gamma 2 Parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)} \qquad (9)$$

Válido para:

$0 \leq x < \infty$

$0 < \gamma < \infty$

$0 < \beta < \infty$

Donde:

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

3.7.1.5 Distribución Gamma 3 Parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(x-x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)} \qquad (10)$$

Válido para:

$x_0 \leq x < \infty$

$-\infty < x_0 < \infty$

$0 < \beta < \infty$

$0 < \gamma < \infty$

Donde:

x_0: origen de la variable x, parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

3.7.1.6 Distribución Log Pearson Tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)} \quad (11)$$

Válido para:

$x_0 \leq x < \infty$

$-\infty < x_0 < \infty$

$0 < \beta < \infty$

$0 < \gamma < \infty$

Donde:

x_0: parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

3.7.1.7 Distribución Gumbel

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (12)$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma} \quad (13)$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma \quad (14)$$

Donde:

α: Parámetro de concentración.

β: Parámetro de localización.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x \quad (15)$$

Donde:

x: Valor con una probabilidad dada.

$\bar{x}$: Media de la serie.

k: Factor de frecuencia.

3.7.1.8 Distribución Log Gumbel

La variable aleatoria reducida log gumbel, se define como:

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha} \quad (16)$$

Con lo cual, la función acumulada reducida log gumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}} \quad (17)$$

3.7.2 Pruebas de bondad de ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida.

En la teoría estadística, las pruebas de bondad de ajuste más conocidas son la χ^2 y la Kolmogorov – Smirnov, las cuales se describen a continuación.

a) Prueba χ^2

Esta prueba fue propuesta por Karl Pearson en 1900, se aplica para verificar bondad de las distribuciones normales y log normales.

Para aplicar la prueba, el primer paso es dividir los datos en un número k de intervalos de clase. Luego se calcula el parámetro estadístico:

$$D = \sum_{i=1}^{k} (\theta_i - \varepsilon_i)^2 / \varepsilon_i \qquad (18)$$

Donde:

θ_i es el número observado de eventos en el intervalo i y ε_i es el número esperado de eventos en el mismo intervalo.

ε_i se calcula como:

$$\varepsilon_i = n[F(S_i) - F(I_i)] \qquad i = 1,2,...,k \qquad (19)$$

Asimismo; $F(S_i)$ es la función de distribución de probabilidad en el límite superior del intervalo i, $F(I_i)$ es la misma función en el límite inferior y n es el número de eventos.

Una vez calculado el parámetro D para cada función de distribución considerada, se determina el valor de una variable aleatoria con distribución χ^2 para v = k-1-m grados de libertad y un nivel de significancia α, donde m es el número de parámetros estimados a partir de los datos.

Para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir:

$$D \leq X^2_{1-\alpha,k-1-m} \qquad (20)$$

El valor de $\chi^2_{1-\alpha,k-1-m}$ se obtiene de tablas de la función de distribución χ^2.

Cabe recalcar que la prueba del X^2, desde un punto de vista matemático solo debería usarse para comprobar la normalidad de las funciones normal y Log normal.

b) Prueba Kolmogorov – Smirnov

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.
Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada Fo (xm) y la estimada F (xm):

$$D = máx / Fo(xm) – F(xm)/ \quad (21)$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado (Tabla Nº 03). Si D<d, se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de X^2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$Fo(xm) = 1- m / (n+1) \quad (22)$$

Donde m es el número de orden de dato xm en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos. (Aparicio, 1996)

TABLA Nº 03: Valores críticos d para la prueba Kolmogorov – Smirnov

TAMAÑO DE LA MUESTRA	α = 0.10	α = 0.05	α = 0.01
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32

30	0.22	0.24	0.29
35	0.20	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

Fuente: Aparicio, 1999.

3.8 Determinación de la Tormenta de Diseño

Uno de los primeros pasos en muchos proyectos de diseño es la determinación del evento de lluvia a usar.

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta.

Las tormentas de diseño pueden basarse en información histórica de precipitación de una zona o pueden construirse utilizando las características generales de la precipitación en regiones adyacentes. Su aplicación va desde el uso de valores puntuales de precipitación en el método racional para determinar los caudales picos en alcantarillados de aguas lluvias y alcantarillas de carreteras, hasta el uso de hietogramas de tormenta como las entradas para el análisis de lluvia-escorrentía en embalses de detención de aguas urbanas.

Para determinación de la tormenta de diseño sería recomendable contar con información obtenida a través de un pluviógrafo, ya que este equipo provee información instantánea, sin embargo, la mayoría de estaciones de medición de precipitaciones solo cuentan con pluviómetros que solo proveen de valores medios.

3.8.1 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{Td} \tag{23}$$

Donde P es la profundidad de lluvia (mm) y Td es la duración, dada usualmente en horas. La frecuencia se expresa en función del período de retorno, T, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño.

Las curvas intensidad – duración – frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

Para determinar estas curvas IDF se necesita contar con registros pluviográficos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año, con el fin de realizar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas. Es decir, se deben examinar los hietogramas de cada una de las tormentas ocurridas en un año y de estos hietogramas elegir la lluvia correspondiente a la hora más lluviosa, a las dos horas más lluviosas, a las tres horas y así sucesivamente. Con los valores seleccionados se forman series anuales para cada una de las duraciones elegidas. Estas series anuales están formadas eligiendo, en cada año del registro, el mayor valor observado correspondiente a cada duración, obteniéndose un valor para cada año y cada duración.

Cada serie se somete a un análisis de frecuencia, asociando modelos probabilísticas según lo descrito en el ítem 3.7. Así se consigue una asignación de probabilidad para la intensidad de lluvia correspondiente a cada duración, la cual se representa en un gráfico único de intensidad vs. duración, teniendo como parámetro el período de retorno, tal como se muestra en el ejemplo (Ver Figura Nº 02).

Cabe indicar que formar las series anuales es un proceso largo y laborioso, que involucra el examen cuidadoso de los rollos pluviográficos, la lectura de los valores, la digitación de la información, la contrastación y verificación de los valores leídos con los registros pluviométricos cercanos y el análisis de las tormentas registradas para encontrar los máximos valores registrados para cada una de las duraciones seleccionadas.

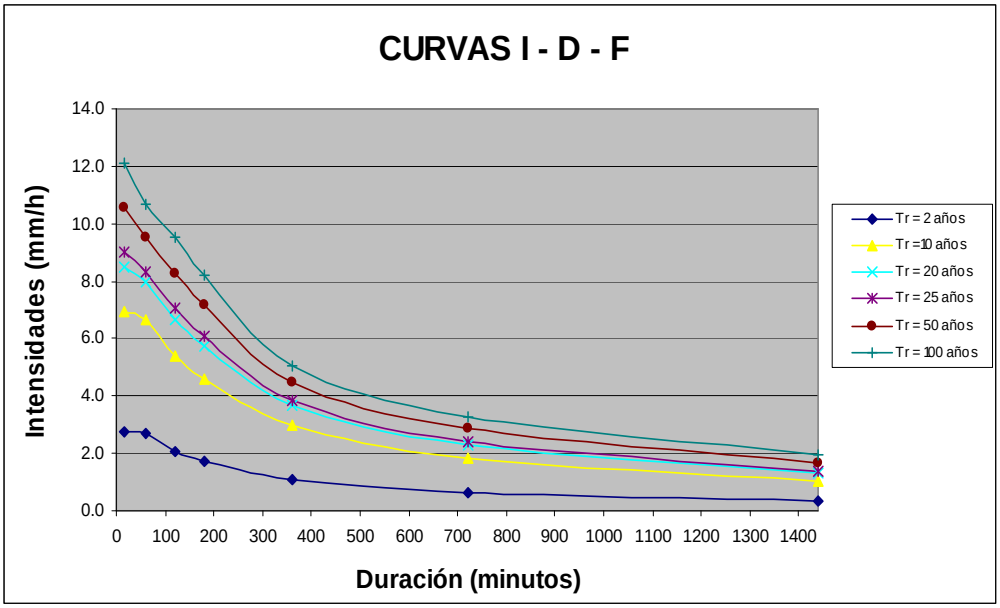


Figura Nº 02: Ejemplo Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para lluvia máxima

Las curvas de intensidad – duración – frecuencia también pueden expresarse como ecuaciones con el fin de evitar la lectura de la intensidad de lluvia de diseño en un una gráfica. Un modelo general es el siguiente:

$$I = \frac{a}{(D+b)^m} \qquad (24)$$

Donde I es la intensidad de lluvia de diseño, D es la duración y a, b y m son coeficientes que varían con el lugar y el período de retorno, asimismo para su determinación se requiere hacer una linealización previa de la ecuación para luego hallar los parámetros a, b y m por medio de regresión lineal.

La duración de la lluvia de diseño es igual al tiempo de concentración (t_c) para el área de drenaje en consideración, dado que la escorrentía alcanza su pico en el tiempo de concentración, cuando toda el área está contribuyendo al flujo en la salida.

En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviográfica con que se cuenta, difícilmente pueden elaborarse estas curvas. Ordinariamente solo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas, por lo que el valor de la Intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicada por un coeficiente de duración; en la Tabla Nº 04 se muestran coeficientes de duración, entre 1 hora y 48 horas, los mismos que podrán usarse, con criterio y cautela para el cálculo de la intensidad, cuando no se disponga de mejor información.

TABLA Nº 04: Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora

DURACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN HORAS	COEFICIENTE
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64

10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Se puede establecer como un procedimiento lo siguiente:

1. Seleccionar las lluvias mayores para diferentes tiempo de duración.
2. Ordenar de mayor a menor.
3. Asignar a cada valor ordenado una probabilidad empírica.
4. Calcular el tiempo de retorno de cada valor.
5. Graficar la curva intensidad-frecuencia-duración.

Para el caso de duraciones de tormenta menores a 1 hora, o no se cuente con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas mediante la metodología de Dick Peschke (Guevara, 1991) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24\,h}\left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25}$$

Donde:

Pd = precipitación total (mm)

d = duración en minutos

P_{24h} = precipitación máxima en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación Pd entre la duración.

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K\,T^{m}}{t^{n}}$$

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/h)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

3.9 Tiempo de Concentración

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.

Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Como existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración t_c. El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Las fórmulas más comunes solo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área.

El tiempo de concentración en un sistema de drenaje pluvial es:

$$tc = to + tf \qquad (25)$$

Donde:

to: tiempo de entrada, hasta alguna alcantarilla.

tf: tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés =Σ Li / Vi.

Las ecuaciones para calcular el tiempo de concentración se muestran en la Tabla Nº 05.

TABLA Nº 05: Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración

MÉTODO Y FECHA	FÓRMULA PARA t_c (minutos)	OBSERVACIONES
Kirpich (1940)	$t_c = 0.01947.L^{0.77}.S^{-0.385}$ L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar tc por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$ L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Izzard (1946)	$t_c = \frac{525.(0.0000276.i + c).L^{0.33}}{S^{0.333}.i^{0.667}}$ i = intensidad de lluvia, mm/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, m. S = pendiente de la trayectoria de flujo, m/m.	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y Áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 3800.
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0.7035\frac{(1.1 - C).L^{0.50}}{S^{0.333}}$ C = coeficiente de escorrentía del método racional. L = longitud del flujo superficial, m. S = pendiente de la superficie, m/m	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers: el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.
Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973)	$t_c = \frac{7.L^{0.6}.n^{0.6}}{I^{0.4}.S^{0.3}}$ L = longitud del flujo superficial, m. n = coeficiente de rugosidad de Manning. I = intensidad de lluvia, mm/h. S = pendiente promedio del terreno-m/m.	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto I (Intensidad de lluvia) como t_c son desconocidos, la superposición de una curva de intensidad – duración – frecuencia da una solución gráfica directa para t_c.
Ecuación de retardo SCS (1973)		Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido

	$t_c = \frac{0.0136.L^{0.8}\left(\frac{1000}{CN}-9\right)^{0.7}}{S^{0.5}}$ L = longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria de flujo), m. CN = Número de curva SCS S = pendiente promedio de la cuenca, m/m.	adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 800 Ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que t_c = 1.67 x retardo de la cuenca.

Fuente: * SCS Soil Conservation Service

3.10 Hietograma de Diseño

En ocasiones no es suficiente el dato de que (por ejemplo) la precipitación máxima para las 5 horas más lluviosas es de 100 mm. Es posible que necesitemos conocer la evolución de esos 100 mm. a lo largo de esas 5 horas.

Los métodos hidrológicos más modernos requieren no sólo del valor de lluvia o intensidad de diseño, sino de una distribución temporal (tormenta), es decir el método estudia la distribución en el tiempo, de las tormentas observadas.

Una de las maneras de obtenerlo es a partir de las curvas IDF, dentro de ellas el Método del Bloque Alterno, es una manera sencilla. (alternating block method, Chow et al).

3.10.1 Método del Bloque Alterno

El método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt, sobre una duración total de $Td=n.\Delta t$.

Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones Δt, $2\Delta t$, $3\Delta t$, $4\Delta t$, … y la profundidad de precipitación

correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo Δt. Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida Td y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño (Figura Nº 03).

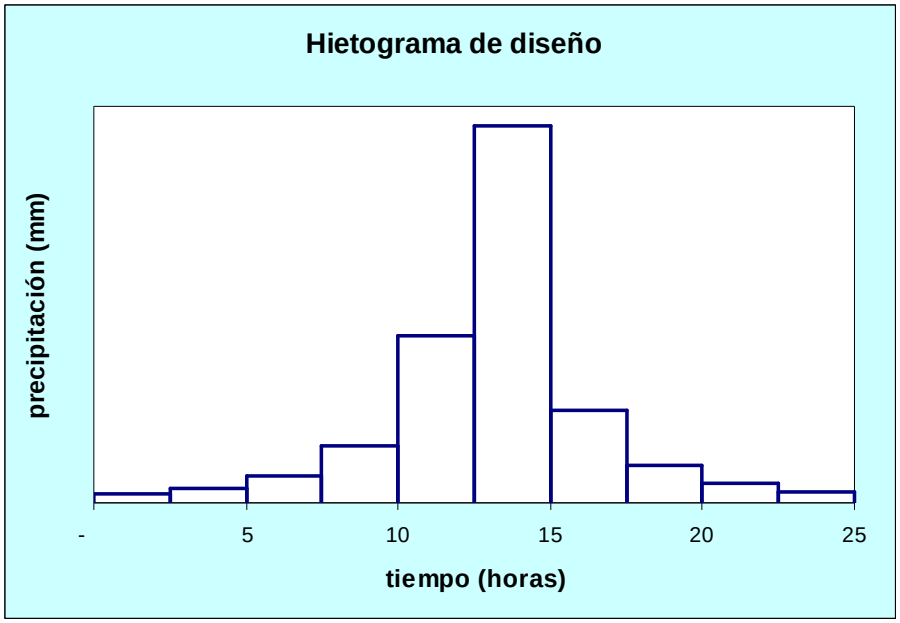


Figura Nº 03: Ejemplo Hietograma de Diseño

3.11 Precipitación total y efectiva

El exceso de precipitación o precipitación efectiva (Pe), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición de flujo superficial hortoniano. Las gráficas de exceso de precipitación vs. el tiempo o

hietograma de exceso de precipitación es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia-escorrentía. La diferencia entre el hietograma de lluvia total y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de intercepción y almacenamiento superficial.

El hietograma de exceso de precipitación puede calcularse a partir del hietograma de precipitación en una o dos formas, dependiendo de si existe o no información de caudales disponibles para la tormenta.

3.11.1 Método SCS para abstracciones

El Soil Conservation Service (1972) desarrolló un método para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta. Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa Pe es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación P; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca Fa es menor o igual a alguna retención potencial máxima S. Existe una cierta cantidad de precipitación Ia (abstracción inicial antes del encharcamiento) para lo cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es P-Ia.

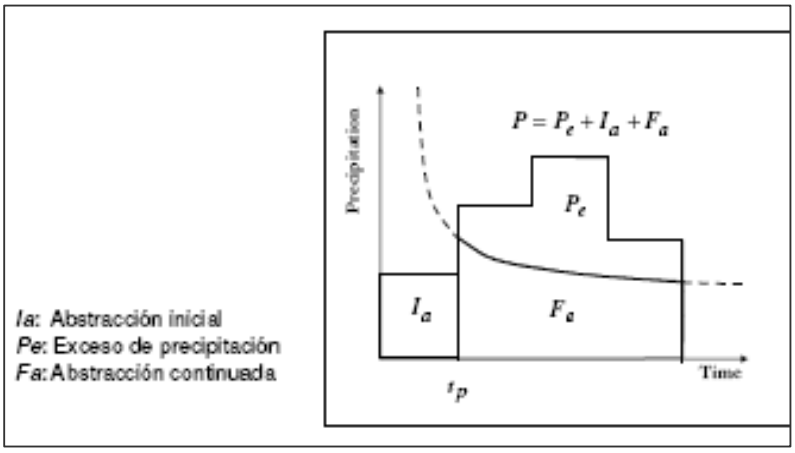


Figura Nº 04: Variables en el método.
(Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow))

La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir:

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia} \tag{26}$$

Del principio de continuidad:

$$P = P_e + I_a + F_a \tag{27}$$

Combinando las ecuaciones anteriores y resolviendo para Pe se encuentra:

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \tag{28}$$

La cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS (Ver Figura Nº 05).

Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica.

$$Ia = 0.2\ S \tag{29}$$

Con base en esto:

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \tag{30}$$

El uso de esta metodología exige la determinación del valor respectivo del CN (número adimensional de curva o curva numero), correspondiente al área específica en estudio, valor que debe ser obtenido mediante procesos de calibración. La calibración del parámetro CN se realiza con información de campo, de algunos

eventos en el que se disponga de datos de precipitación y caudales resultantes; luego se corre el modelo hasta ajustar el hidrograma calculado con el observado en el campo. Es un proceso de prueba error en donde se ajusta el parámetro (CN) hasta obtener coincidencias entre ambos hidrogramas.

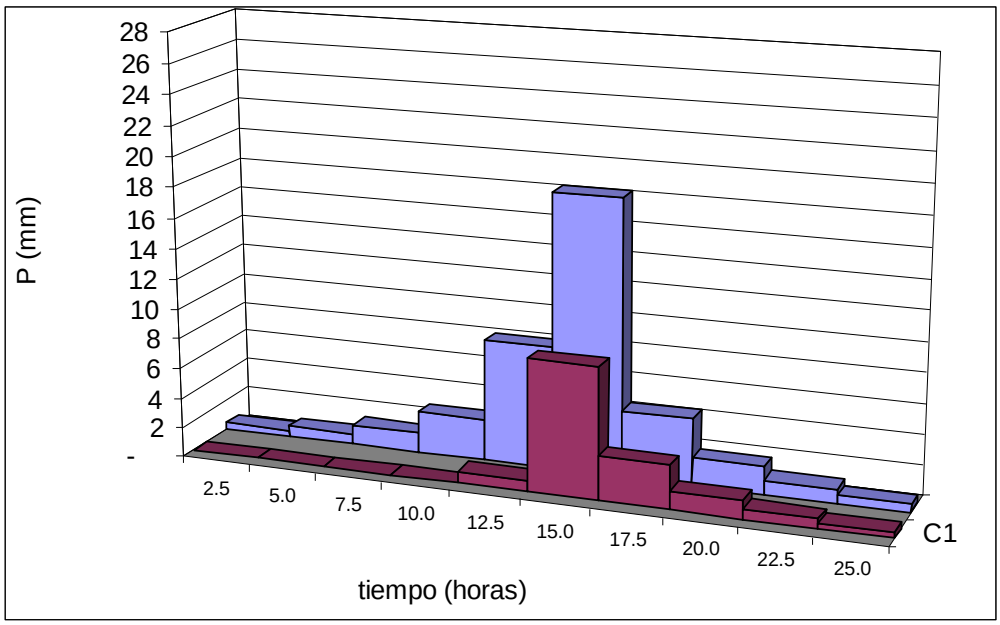


Figura Nº 05. Ejemplo Hietograma de Precipitación efectiva

Como alternativa, y como valor referencial, el parámetro CN puede estimarse mediante el siguiente procedimiento:

Se define un número adimensional de curva CN, tal que $0 \leq CN \leq 100$. Para superficies impermeables y superficies de agua CN = 100; para superficies naturales $CN < 100$. El número de curva y S se relacionan por:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \qquad (31)$$

Donde S está en pulgadas.

Los números de curvas se aplican para condiciones para condiciones antecedentes de humedad normales (AMC II). Para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), los números de curva equivalentes pueden calcularse por:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad (32)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad (33)$$

TABLA Nº 06: Clasificación de clases antecedentes de humedad (amc) para el método de abstracciones de lluvia del SCS

Grupo AMC	Lluvia antecedente total de 5días (pulg)	
	Estación inactiva	Estación activa
I	Menor que 0,5	Menor que 1,4
II	0,5 a 1,1	1,4 a 2,1
III	Sobre 1,1	Sobre 2,1

Fuente: Soil Conservation Service

Los números de curva han sido tabulados por el Soil Conservation Service con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Los valores de CN para varios tipos de uso de la tierra en estos tipos de suelos se muestran en la Tabla Nº 07. Para una cuenca hecha de varios tipos de suelos y con diferentes usos de la tierra, se puede calcular un CN compuesto.

TABLA Nº 07: Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, Ia = 0.2s)

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA		GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
		A	B	C	D
Tierra cultivada[1]: sin tratamientos de conservación		72	81	88	91
con tratamiento de conservación		62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres		68	79	86	89
condiciones óptimas		39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas		30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,		45	66	77	83
cubierta buena[2]		25	55	70	77
Área abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.					
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más		39	61	74	80
condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos Industriales /72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial[3]:					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable[4]				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc.[5]		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
Pavimentados con cunetas y alcantarillados[5]		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89

1 Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap.9.

2. Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.

3. Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los sucesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.
4. Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.
5. En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

(Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow))

3.12 Estimación de Caudales

Cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los períodos de retorno de interés (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándar) usando la distribución log normal, log pearson III y Valor Extremo Tipo I (Gumbel), etc., según el ítem 3.7

Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q. cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial.

A continuación se presentan algunas metodologías:

3.12.1 Método IILA

Son escasas las estaciones que ofrecen información automatizada de registros pluviales, por lo que existe bastante dispersión en los datos. Con el método IILA, la intensidad de lluvia que tiene una duración t (en horas), para un periodo de retorno T (en años), es:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T)t^{n-1} \qquad (34)$$

Y la precipitación $P_{t,T}$ tiene la siguiente relación:

$$P_{t,T} = a(1 + K \log T)t^n \quad (34a)$$

Según la metodología empleada las fórmulas son válidas para 3 ≤ t ≤ 24 horas.

Para t ≤ 3 horas se usa:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T)(t + b)^{n-1} \quad (34b)$$

Las constantes a, b, K y n fueron determinadas en el "Estudio de la Hidrología del Perú" realizado por el convenio IILA-SENAMHI-UNI (Plano n.2-C), 1983.

Otra expresión que se utiliza es:

$$i_{t,T} = \frac{\varepsilon_t}{t}(1 + K \log T) \quad (35)$$

Nuevamente ε_t y K son valores característicos de cada sub-región hidrológica. Muchas veces ε_t es función de la altitud Y.

(Mayor información se puede hallar en el realizado por el convenio IILA-SENAMHI-UNI, 1983).

3.12.2 Método Racional

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (coef. escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, A<10 Km^2. Considerar que la duración de P es igual a tc.

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0{,}278\ CIA \qquad (36)$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m^3/s)

C : Coeficiente de escorrentía (Ver Tabla Nº 08)

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km^2).

TABLA Nº 08: Coeficientes de escorrentía método racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

El valor del coeficiente de escorrentía se establecerá de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de las quebradas cuyos cursos interceptan el alineamiento de la carretera en estudio. En virtud a ello, los coeficientes de escorrentía variarán según dichas características.

3.12.2.1 Método Racional Modificado

Es el método racional según la formulación propuesta por Témez (1987, 1991) adaptada para las condiciones climáticas de España. Y permite estimar de forma sencilla caudales punta en cuencas de drenaje naturales con áreas menores de 770 km^2 y con tiempos de

concentración (Tc) de entre 0.25 y 24 horas, la fórmula es la siguiente:

$$Q = 0{,}278\ CIAK \qquad (36a)$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m^3/s)

C : Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km^2)

K : Coeficiente de Uniformidad

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

A) Tiempo de Concentración (Tc)

$$Tc = 0.3(L / S^{0.25})^{0.76} \qquad (36b)$$

Donde:

L= Longitud del cauce mayor (km)

S= Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

B) Coeficiente de Uniformidad

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} \qquad (36c)$$

Donde:

T_c= Tiempo de concentración (horas)

C) Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor (k_A)

$$K_A = 1 - (\log_{10} A/15) \qquad (36d)$$

Donde:

A : Área de la cuenca (Km^2)

D) Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

$$P = k_A P_d \qquad (36e)$$

Donde:

k_A : Factor reductor

P_d : Precitación máxima diaria (mm)

E) Intensidad de Precipitación (I)

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - Tc^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} \qquad (36f)$$

Donde:

P : Precitación máxima corregida (mm)

Tc : Tiempo de concentración (horas)

F) Coeficiente de Escorrentía (C)

$$C = \frac{(P_d - P_o) * (P_d + 23 * P_o)}{(p_d + 11 * P_o)^2} \qquad (36g)$$

Donde:

P_d : Precitación máxima diaria (mm)

P_o : Umbral de escorrentía = $\left(\frac{5000}{CN}\right) - 50$

CN : Número de curva

3.12.3 Hidrograma Unitario

El hidrograma es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica; siendo el hidrograma unitario de una cuenca, el hidrograma de escorrentía directa que se produciría en la salida de la cuenca si sobre ella se produjera una precipitación neta unidad de una duración determinada (por ejemplo, 1 mm. durante 1 hora).

El hidrograma unitario es el método lineal propuesto por Sherman en 1932, como un hidrograma típico para la cuenca. Se denomina unitario puesto que, el volumen de escorrentía bajo el hidrograma se ajusta generalmente a 1 cm (ó 1 pulg).

El hidrograma unitario se puede considerar como un impulso unitario en un sistema lineal. Por lo tanto es aplicable el principio de superposición; 2 cm de escorrentía producirán un hidrograma con todas las ordenadas dos veces más grandes que aquellas del hidrograma unitario, es decir, la suma de dos hidrogramas unitarios.

Matemáticamente, el hidrograma unitario es la función Kernel U (t-T) dada por:

$$q(t) = \int i(t)U(t-T)dt \qquad (37)$$

Donde:

q (t): función del hidrograma de salida
i (t): función del hietograma de entrada

Se debe tomar en cuenta que aún cuando las características físicas de la cuenca permanezcan relativamente constantes, las características variables de las tormentas producen cambios en la forma de los hidrogramas resultantes.

Las características de una tormenta son: La duración de la lluvia, el patrón intensidad – tiempo, la distribución espacial de la lluvia y la cantidad de escorrentía.

Podremos concluir, que el hidrograma unitario es el hidrograma de un centímetro (o una pulgada) de escorrentía directa de una tormenta con una duración especificada.

3.12.3.1 Obtención de hidrogramas unitarios

La obtención de los hidrogramas unitarios se parte de valores naturales registrados o se pueden generar hidrogramas sintéticos.

El mejor hidrograma unitario es aquel que se obtiene a partir de: una tormenta de intensidad razonablemente uniforme; una duración deseada; un volumen de escorrentía cercano o mayor a 1 cm (ó 1 pulg.)

El proceso de obtención de hidrogramas unitarios a partir de registros naturales de caudales es el siguiente:

- Separar el flujo base de la escorrentía directa.
- Determinar el volumen de escorrentía directa.
- Las ordenadas del hidrograma de escorrentía directa se dividen por la profundidad de escorrentía observada.
- Las ordenadas ajustadas forman el hidrograma unitario.

3.12.3.2 Hidrogramas sintéticos

Además de los hidrogramas naturales, existen hidrogramas sintéticos que son simulados, artificiales y se obtienen usando las características fisiográficas y parámetros de la cuenca de interés. Su finalidad es representar o simular un hidrograma representativo del fenómeno hidrológico de la cuenca, para determinar el caudal pico para diseñar.

a) Hidrograma sintético triangular del SCS

Con base en la revisión de un gran número de HU, el SCS sugiere este hidrograma donde el tiempo está dado en horas y el caudal en m3/s.cm.

El volumen generado por la separación de la lluvia en neta y abstracciones es propagado a través del río mediante el uso del hidrograma unitario.

El tiempo de recesión, tr, puede aproximarse a:

$$tr = 1.67T \tag{38}$$

Como el área bajo el HU debe ser igual a una escorrentía de 1 cm, puede demostrarse que:

$$q_p = \frac{2.08A}{Tp} \tag{39}$$

Donde:

A : es el área de drenaje en Km^2

Tp : es el tiempo de ocurrencia del pico en horas

Adicionalmente, un estudio de muchas cuencas ha demostrado que:

$$tp = 0{,}6tc \tag{40}$$

Donde:

tp: Tiempo de retardo (entre el centroide del hietograma y el pico de caudal) (*h*)

tc: Tiempo de concentración de la cuenca.

El tiempo de ocurrencia del pico, Tp, puede expresarse como:

$$Tp = \frac{D}{2} + tp \tag{41}$$

Donde:

D: duración de la lluvia (*h*)

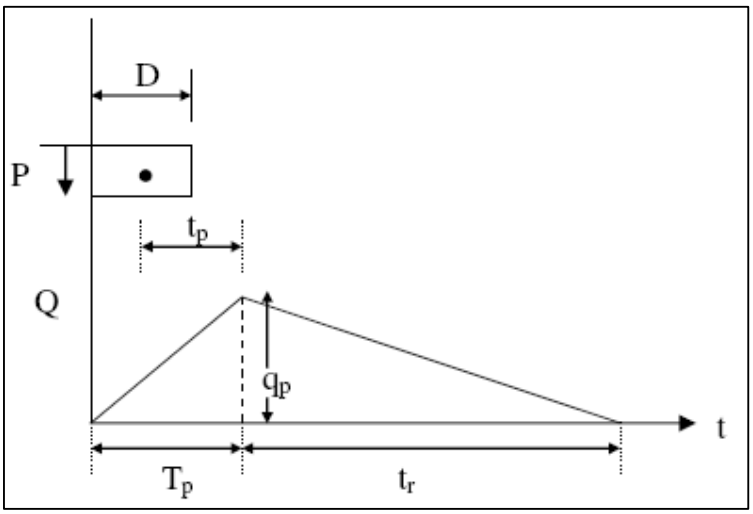


Figura Nº 06: Hidrograma Unitario Triangular del SCS.
(Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow))

Este método es recomendable tan solo para cuencas de hasta a 30 Km^2. Es muy usado en cuencas sin muchos datos hidrológicos.

Para cuencas urbanas, donde t_p y t_c disminuyen por la impermeabilización y canalización se aplica:

$$t_p = t_p \text{ (cuenca natural)}.f_1.f_2 \quad (42)$$

$$f_1 = 1 - M_a K \quad (43)$$

$$f_2 = 1 - M_c K \quad (44)$$

Donde:

Ma: Porcentaje de aumento de áreas impermeables

Mc: Porcentaje de áreas canalizadas

$$K = (-0{,}02185CN^3 - 0{,}4298CN^2 + 355CN - 6789) * 10^{-6} \quad (45)$$

b) Método Hidrograma Unitario Sintético de Snyder

Snyder definió el hidrograma unitario estándar como aquel cuya duración de lluvia tr está relacionada con el retardo de cuenca tp por

$$tp = 5.5\ tr \tag{46}$$

El retardo de cuenca está dado por:

$$tp\ (\text{hr}) = 0.75\ Ct\ (L*Lc)^{0.3} \tag{47}$$

Donde:

L : Longitud del curso principal en km.

Lc : Longitud del curso principal al centro de gravedad en km.

El caudal pico por unidad de área de drenaje en $m^3/s * km^2$ del hidrograma unitario estándar es:

$$q_p = \frac{2.75 C_p}{t_p} \tag{48}$$

A partir de un hidrograma unitario deducido en la cuenca se obtienen los valores de su duración efectiva t_R en horas, su tiempo de retardo en la cuenca t_{pR} en horas y su caudal pico por unidad de área de drenaje q_{pR} en $m^3/s*km^2*cm$.

El retardo de cuenca estándar es:

$$t_p = t_{pR} + (t_r - t_R) / 4 \tag{49}$$

La relación entre q_p y el caudal pico por unidad de área de drenaje q_{pR} del hidrograma unitario requerido es:

$$q_{pR} = q_p \ t_p / t_{Pr} \quad (50)$$

El rango de aplicación de este método es de 30 a 30 000 Km^2

3.12.4 Sistema de Modelamiento Hidrológico (HMS-Hydrologic Modeling System)

El Sistema de Modelado Hidrológico es una aplicación desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers).

Con el modelo HEC-HMS, se puede simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

Cada componente modela un aspecto del proceso de escurrimiento por precipitaciones dentro de una parte de la cuenca comúnmente referida como una subcuenca. Un componente puede representar una identidad de escurrimiento superficial, un canal de flujo o embalse.

La representación de un componente requiere un conjunto de parámetros que especifiquen las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen el proceso físico. El resultado del proceso del modelaje es el cálculo de los hidrógrafos del flujo en sitios elegidos de la cuenca del río.

El HEC-HMS, representa la versión para Windows de la versión HEC-1, desarrollada para D.O.S, en la cual se han mejorado los conceptos hidrológicos, los resultados e hidrogramas producidos se almacenan en una base de datos que pueden usarse directamente por el HEC-RAS en la elaboración de estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, predicción del flujo, reducción de los daños de las avenidas, etc.

Para poder utilizar este programa se debe disponer de la siguiente información:

- Características de la precipitación, la intensidad se obtiene de las curvas I-d-f (Intensidad, duración, frecuencia), o puede ajustarse utilizando los procedimientos mencionados anteriormente. Es importante señalar que las precipitaciones parciales deben introducirse en intervalos fijos.

- Características de la cuenca (Área, forma, Longitud del cauce principal, centro de gravedad, pendiente media del terreno, cobertura vegetal, tipo de prácticas de pastoreo, tipos de precipitación, etc).

Cuando se usa el HEC – HMS uno debe juntar los elementos que componen el sistema.

La cuenca se crea “seleccionando” los elementos de la columna izquierda, arrastrándolos al centro de la “zona de trabajo”. Los elementos se unen por medio de “tramos” (Reach, en la lista). Estos a su vez se adhieren a los elementos colocando sus extremos dentro de los mismos. Para poder editar los elementos, se presiona rápidamente dos veces sobre ellos hasta que aparezca la caja de diálogo en la que se deben incluir los datos respectivos. Los datos que se requieren para la cuenca, además del área (en km^2) son tres:

a) Función de infiltración y los parámetros correspondientes. La función de infiltración debe escogerse de la siguiente lista:

i. Servicio de Conservación de Suelos (SCS)
ii. Green y Ampt
iii. Inicial / Constante
iv. Inicial / déficit.
v. No hay pérdida

b) Función del hidrograma unitario y los parámetros correspondientes. La función del diagrama unitario debe ser escogerse de la siguiente lista:
i. Clark.
ii. Snyder.
iii. SCS.
iv. Clark modificado.
v. Definido por el usuario.
vi. Onda cinemática.

c) Función de recesión de las avenidas y los parámetros y variables correspondientes.

i. Recesión.
ii. Flujo constante mensual.
iii. No hay flujo base.

En el caso de la función de infiltración, escogemos la del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, SCS. Se necesitan 3 tipos de datos: la pérdida inicial (en mm), el número de curva (CN) y el porcentaje de suelo impermeable en la cuenca. La pérdida inicial es la cantidad de lluvia en mm que se produce antes de ocasionar el flujo superficial. Por otro lado, el número de curva se define en base al tipo de suelo, cobertura vegetal, y prácticas de pastoreo. El porcentaje impermeable está dado por el área ocupada por lagunas y

zonas rocosas que para propósitos prácticos puede considerarse impermeable.

En el caso del hidrograma unitario, se utilizará la función de Snyder para exponer los parámetros necesarios. Se requieren básicamente dos: tp, que es el tiempo en horas que transcurre entre el centro de gravedad de la precipitación y el caudal pico; y Cp que se estima en base a cuencas vecinas de características similares. El primer parámetro se calcula con la siguiente fórmula:

$$t_p = C_1 C_t (LL_c)^{0.3} \quad (51)$$

En donde t_p es el tiempo, en horas, que transcurre entre el centro de gravedad de la precipitación ocasionada por una tormenta, C_1 es igual a 0.75 en el Sistema Internacional y C_t es "un parámetro deducido en base a cuencas con instrumentos de medición de la misma región". L es la distancia, en kilómetros del cauce principal de la cuenca desde la divisoria hasta la salida y Lc es la distancia (en kilómetros) desde el punto más cercano al centro de gravedad de la cuenca hasta la salida. C_p varía entre 0.4 y 0.8, según la pendiente y capacidad de almacenamiento de la cuenca.

En quebradas intermitentes el flujo base puede considerarse igual a cero, pero en quebradas mayores el flujo debe estimarse en base a mediciones realizadas a lo largo de varios años y posiblemente establecer valores de flujo base mensual.
Los datos de salida se presentan en forma tabular, sintetizadas en un sumario o gráfica.

Las estimaciones obtenidas usando el programa mencionado deben ser usadas de manera prudente por el especialista, el cual debe tener un conocimiento cabal de la región del mundo en la cual se desempeña.

En una cuenca pequeña es probable que no sea necesario unir varias subcuencas para obtener el caudal de salida, mientras que en cuencas mayores es necesario realizar el tránsito de avenidas.

Los métodos que se utilizan comúnmente son los siguientes:

i. Muskingum
ii. SCS
iii. Muskingum – Cunge.
iv. Onda Cinemática

Las variables de entrada del método de Muskingum son K y X, que se basan en mediciones de hidrogramas realizados en el cauce. K es una medida del tiempo de transporte de una onda de un punto a otro, expresándose en unidades de tiempo (horas) y X es una variable adimensional que fluctúa entre 0 y 0.3 y que tiene un valor típico de 0.2.

En el método del SCS sólo se especifica un tiempo de retraso de la onda. Básicamente se "traslada" la onda de un tiempo a otro sin tomar en cuenta las pérdidas por fricción.

Tanto el método de la Onda Cinemática como el método de Muskingum – Cunge requieren datos de la geometría del canal principal, el cual se modela asumiendo que el canal es un trapecio, un triángulo o un círculo. Se necesita por lo tanto el ancho de la base (o diámetro), la inclinación de los taludes (z), el coeficiente de rugosidad del cauce (n = coeficiente de Manning), la pendiente de la línea de energía, Sf y la longitud del tramo, L. La pendiente de la línea de energía se asume igual a la pendiente del canal en el tramo de interés.

3.12.5 Otras Metodologías

Otra metodología es la identificación en el campo de indicadores de altura de agua durante la inundación que, junto con las

características geométricas de la sección del sitio, son usados en cálculos hidráulicos estándar para estimar los picos de caudal.

Este método se basa en las características del flujo crítico (Chow, 1959) y requiere de la selección previa en campo de aquellas secciones en las cuales se cumplen las condiciones de flujo crítico durante una inundación dada. Sin embargo, presenta la ventaja de no depender de la estimación arbitraria de variables tales como rugosidad o pendiente. En cauces de sección no rectangular, la velocidad crítica (V_c) se define como la raíz cuadrada del calado crítico (y_c) multiplicado por la aceleración de la gravedad (g= 9.8 m/s^2). El caudal (Q) que circula a través de la sección es calculado usando la ecuación: $Q = A_c * V_c$ (m^3/s), donde A_c es el área de la sección.

A partir de datos empíricos de numerosos cauces contendientes superiores a 0.002 m/m, Jarrett (1984-1987) ha desarrollado una ecuación que permite predecir el valor de *n* usando el gradiente de energía S (m/m) y el radio hidráulico R en metros, $n = 0.32R^{0.38}S^{-0.16}$.

Así la ecuación de Manning puede ser reformulada para calcular la velocidad del flujo y el caudal en cauces naturales con pendientes altas adquiriendo la siguiente forma:

$$V = 3.17R^{0.83}S^{0.12}$$

$$Q = 3.17AR^{0.83}S^{0.12}$$

Donde:

V : velocidad media del flujo (m/s)

Q : Caudal punta (m^3/s)

A : área de la sección mojada (m^2)

S : gradiente de energía que puede ser sustituido por la pendiente de la superficie del agua o la pendiente del lecho.

Otra metodología es la que resalte la influencia de El Fenómeno "El Niño", en especial en la Vertiente del Pacífico del Perú, departamentos de Piura y Tumbes, donde es necesario un tratamiento especial del análisis para determinar el caudal de diseño.

Según los antecedentes, "El Fenómeno El Niño / Oscilación Sur" ("ENOS"), tiene impactos globales en el planeta y tiene su origen en la interacción océano – atmósfera, los efectos en el continente se manifiesta alterando el régimen de caudales de los ríos, incrementando significativamente unos y generando fuertes déficit en otros. Según los antecedentes el "ENOS", ha tenido gran influencia sobre la vertiente del Océano Pacífico, variando de Norte a Sur según los años. Los Niños Extraordinarios del 82/83 y 97/98 tuvieron un impacto generalizado en toda la vertiente, creando condiciones de excesos hídricos que provocaron desastres.

El Análisis de caudales máximos permitirá determinar los caudales máximos instantáneos producidos en diferentes escenarios de Eventos "ENOS". La información utilizada son caudales máximos diarios y máximos instantáneos de la información disponible. En estaciones que no cuentan con información, se aplicaran extrapolaciones y relaciones empíricas como las desarrolladas por Tucci (1991), las cuales permiten obtener los caudales máximos instantáneos, cuyas relaciones matemáticas son:

Cuencas menores de 3500 km^2 : $Qmáx = Qmd\ (1+2.66\ A^{-0.30})$

Cuencas mayores de 3500 km^2 : $Qmáx = Qmd\ (1+1.2\ A^{-0.036})$

Siendo:

Qmáx : caudal máximo instantáneo

Qmd : caudal máximo diario

A : área de la cuenca de recepción en el punto de control hidrométrico

Se pueden considerar los siguientes valores:

- Superficie mayor a 3000 Km^2 1.2
- Superficie comprendida entre 1000 y 3000 km^2 1.3

- Superficie comprendida entre 800 y 1000 km^2 1.4
- Superficie comprendida entre 600 y 800 km^2 1.6
- Superficie comprendida entre 400 y 600 km^2 2.0
- Superficie comprendida entre 200 y 400 km^2 2.5
- Superficie menor a 200 km^2 de 3.0 hasta 5.0

Generalmente, se admite un coeficiente variando entre 1.2 y 2.2 (con valor promedio de 1.6) con una probabilidad de 90% para esta relación.

3.13 Avenida de Diseño

La Avenida de Diseño es el caudal que se escoge, mediante diversas consideraciones, para dimensionar un proyecto (o una parte de él). Para su determinación se usa la información básica proporcionada por el estudio hidrológico (Estimación de Caudales) y se incorporan los conceptos correspondientes a riesgo, vulnerabilidad, importancia y costo de obra y muchos otros más, como por ejemplo el tipo de río y de puente. En nuestro país, existe escasez de datos, por lo que juegan un papel muy importante la experiencia y el buen tino del ingeniero proyectista para escoger la Avenida de Diseño. Dentro de los criterios para la selección de los valores posibles están los relativos al máximo nivel alcanzado por el agua, la capacidad del encauzamiento, si fuese el caso las máximas socavaciones y muchas otras más.

La Avenida de Diseño debe escogerse de modo de garantizar la estabilidad del río y del puente y teniendo en cuenta la evaluación de los daños potenciales involucrados en una potencial falla.

Se debe tener en cuenta además que los dos últimos meganiños (1983 y 1998), tuvo como característica, desde el punto de vista hidrológico y en relación con la estabilidad de las estructuras, es la aparición de avenidas de larga duración, de varios días.

CAPÍTULO IV
HIDRÁULICA Y DRENAJE

IV. HIDRÁULICA Y DRENAJE

4.1 Drenaje Superficial

4.1.1 Drenaje transversal de la carretera

4.1.1.1 Aspectos generales

El Estudio de Hidráulica y Drenaje se recomienda iniciarse después de aprobado el proyecto de Diseño Geométrico.

El drenaje transversal de la carretera tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia.

El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, considerada como una estructura menor, su densidad a lo largo de la carretera resulta importante e incide en los costos, por ello, se debe dar especial atención a su diseño.

Las otras estructuras que forman parte del drenaje transversal es el badén y el puente, siendo éste último de gran importancia, cuyo estudio hidrológico e hidráulico que permite concebir su diseño, tiene características particulares y serán tratadas de manera general en el numeral 4.1.1.5 del presente Manual.

El objetivo principal en el diseño hidráulico de una obra de drenaje transversal es determinar la sección hidráulica más adecuada que permita el paso libre del flujo líquido y flujo sólido que eventualmente transportan los cursos naturales y conducirlos adecuadamente, sin causar daño a la carretera y a la propiedad adyacente.

4.1.1.2 Premisas para el estudio

a) Características topográficas.- Para el caso de obras de cruce menores (alcantarillas), el levantamiento topográfico realizado para la carretera, deberá cubrir aquellos sectores donde se emplazarán

dichas obras, de tal manera que permita definir el perfil longitudinal del cauce tanto aguas arriba y aguas abajo de la sección de cruce. En el caso de obras de cruce mayores como puentes, la amplitud que deberá abarcar el levantamiento topográfico, se establece lo indicado en el punto 4.1.1.5.2 a.1) del presente manual.

b) Estudio de cuencas hidrográficas.- Se refiere a la identificación de las cuencas hidrográficas que interceptan el alineamiento de la carretera, con el objetivo de establecer los caudales de diseño y efectos de las crecidas. Se deberá indicar la superficie, pendiente y longitud del cauce principal, forma, relieve, tipo de cobertura vegetal, calidad y uso de suelos, asimismo; los cambios que han sido realizados por el hombre, tales como embalses u otras obras de cruce que pueden alterar significativamente las características del flujo.

c) Características del cauce.- Se refiere a las características del lecho, tales como forma, tipo de suelo, tipo de cobertura vegetal, tipo de material de arrastre, sólidos flotantes, fenómenos de geodinámica externa y otros factores que inciden en el tamaño y durabilidad de la obra de cruce.

d) Datos de crecidas.- Se procederá según las metodologías expuestas en el Capítulo III del Manual. Como información adicional se analizarán y evaluarán las marcas dejadas por crecidas o eventos anteriores. Adicionalmente, se recopilará la información proporcionada por lugareños, con la finalidad de contar con información adicional de campo.

e) Evaluación de obras de drenaje existentes.-

Antes de efectuar la evaluación de las obras de drenaje existentes, el Proyectista debe conocer o tomar en cuenta lo siguiente:

- Nivel de intervención sobre la vía en estudio, tomar en cuenta las conclusiones de los estudios de pre-inversión, para la coherencia del ciclo del proyecto de inversión.
- Contar con las progresivas del proyecto en campo.

- La evaluación hidráulica de las estructuras existentes, deberá ser complementada con los evaluaciones de un Especialista en Estructuras y Obras de arte, para las evaluaciones del estado estructural de los elementos de una obra de drenaje existente.
- El resultado de la evaluación de las obras de drenaje será presentado en fichas técnicas de campo.

La evaluación del comportamiento desde el punto de vista hidráulico estructural de estructuras ubicadas aguas arriba o aguas abajo de la estructura proyectada es de mucha utilidad, porque permite contar con información relevante para lograr diseños adecuados, tomando cuenta su funcionamiento ante la presencia de procesos geomorfológicos como erosión, sedimentación u otros fenómenos, a los que han estado sometidas.

4.1.1.3 Alcantarillas

4.1.1.3.1 Aspectos generales

Se define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera.

La densidad de alcantarillas en un proyecto vial influye directamente en los costos de construcción y de mantenimiento, por ello, es muy importante tener en cuenta la adecuada elección de su ubicación, alineamiento y pendiente, a fin de garantizar el paso libre del flujo que intercepta la carretera, sin que afecte su estabilidad.

La ubicación óptima de las alcantarillas depende de su alineamiento y pendiente, la cual se logra proyectando dicha estructura siguiendo la alineación y pendiente del cauce natural. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el incremento y disminución de la pendiente influye en la variación de la velocidad de flujo, que a su vez incide en la capacidad de transporte de materiales en suspensión y arrastre de fondo.

En la proyección e instalación de alcantarillas el aspecto técnico debe prevalecer sobre el aspecto económico, es decir que no pueden sacrificarse ciertas características hidráulicas sólo con el objetivo de reducir los costos. Sin embargo, es recomendable que la ubicación, alineamiento y pendiente que se elija para cada caso, estará sujeta al buen juicio del especialista, quien deberá estudiar los aspectos hidrológicos, hidráulicos, estructurales y fenómenos de geodinámica externa de origen hídrico, para obtener finalmente la solución más adecuada compatible con los costos, operatividad, servicialidad y seguridad de la carretera.

4.1.1.3.2 Ubicación en planta

La ubicación en planta ideal es la que sigue la dirección de la corriente, sin embargo, según requerimiento del Proyecto la ubicación natural puede desplazarse, lo cual implica el acondicionamiento del cauce, a la entrada y salida con la construcción de obras de encauzamiento u otras obras complementarias.

4.1.1.3.3 Pendiente longitudinal

La pendiente longitudinal de la alcantarilla debe ser tal que no altere desmesuradamente los procesos geomorfológicos, como la erosión y sedimentación, por ello, los cambios de pendiente deben ser estudiados en forma cuidadosa, para no incidir en dichos procesos que pueden provocar el colapso de la estructura.

En los Anexos: Lámina Nº 01, se aprecia la ubicación típica de alcantarillas respecto a la pendiente del cauce.

4.1.1.3.4 Elección del tipo de alcantarilla

a) Tipo y sección

Los tipos de alcantarillas comúnmente utilizadas en proyectos de carreteras en nuestro país son; marco de concreto, tuberías metálicas corrugadas, tuberías de concreto y tuberías de polietileno de alta densidad.

Las secciones mas usuales son circulares, rectangulares y cuadradas. En ocasiones especiales que así lo ameriten puede usarse alcantarillas de secciones parabólicas y abovedadas.

En carreteras de alto volumen de tránsito y por necesidad de limpieza y mantenimiento de las alcantarillas, se adoptará una sección mínima circular de 0.90 m (36”) de diámetro o su equivalente de otra sección, salvo en cruces de canales de riego donde se adoptarán secciones de acuerdo a cada diseño particular.

Las alcantarillas tipo marco de concreto de sección rectangular o cuadrada pueden ubicarse a niveles que se requiera, como colocarse de tal manera que el nivel de la rasante coincida con el nivel superior de la losa o debajo del terraplén. Generalmente, se recomienda emplear este tipo de alcantarillas cuando se tiene la presencia de suelos de fundación de mala calidad.

Es importante instalar alcantarillas permanentes con un tamaño lo suficientemente grande como para desalojar las avenidas de diseño más los escombros que se puedan anticipar.

En cauces naturales que presentan caudales de diseño importantes donde la rasante no permite el emplazamiento de una alcantarilla de dimensión considerable, se suelen colocar alcantarillas múltiples, sin embargo, este diseño debe tener en cuenta la capacidad de arrastre del curso natural (palizada, troncos y material de cauce) y su pendiente longitudinal para evitar obstrucciones, recomendándose utilizar obras con mayor sección transversal libre, sin subdivisiones.

En el caso del proceso constructivo de tuberías para alcantarillas múltiples, se recomienda que la separación de los tubos, medida entre las superficies externas, deberá ser tal que facilite la compactación del material de relleno igual a la mitad del diámetro de la tubería con un máximo de 1.0 m y 0.4 m como mínimo.

Asimismo, en cauces naturales con caudales de diseño considerables, pendiente longitudinal reducida y transporte de palizada como es el caso de cursos naturales ubicados en la región

selva de nuestro país, se recomienda la colocación de obras con la mayor sección hidráulica posible que dependiendo del aspecto económico podrán utilizarse alcantarillas tipo arcos parabólicos o abovedadas.

En los Anexos: Lamina Nº 02, se aprecia una sección típica de alcantarilla tipo tubería metálica corrugada (TMC) con protección a la entrada y salida.

En la Lámina Nº 03, se aprecia secciones típicas de alcantarillas tipo marco de concreto con protecciones de entrada y salida.

b) Materiales

La elección del tipo de material de la alcantarilla depende de varios aspectos, entre ellos podemos mencionar el tiempo de vida útil, costo, resistencia, rugosidad, condiciones del terreno, resistencia a la corrosión, abrasión, fuego e impermeabilidad. En conclusión no es posible dar una regla general para la elección del tipo de material a emplear en la construcción de la alcantarilla, sino que además de los aspectos mencionados anteriormente depende del tipo de suelo, del agua y principalmente de la disponibilidad de materiales en el lugar.

4.1.1.3.5 Recomendaciones y factores a tomar en cuenta para el diseño de una alcantarilla

A continuación se presentan algunas recomendaciones prácticas y factores que intervienen para el diseño adecuado de una alcantarilla.

a) Utilizar el período de retorno para el diseño, según lo establecido en el Numeral 3.4 del Capítulo III del Manual.

b) Para asegurar la estabilidad de la carretera ante la presencia de asentamientos provocados por filtraciones de agua, la alcantarilla debe asegurar la impermeabilidad.

Asimismo, dentro de los factores se mencionan los siguientes:

a) Como factores físicos y estructurales, tenemos: la durabilidad, altura de relleno disponible para la colocación de la alcantarilla,

cargas actuantes sobre la alcantarilla y calidad y tipo de terreno existente.

b) Dentro de los factores hidráulicos, tenemos: el caudal de diseño, pendiente del cauce, velocidad de flujo, material de arrastre, pendiente de la alcantarilla y rugosidad del conducto.

c) Otros factores importantes que deben ser tomados en cuenta para la elección del tipo de alcantarilla, son la accesibilidad a la zona del proyecto y la disponibilidad de materiales para su construcción.

4.1.1.3.6 Diseño hidráulico

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las alcantarillas a proyectarse, es lo establecido por la fórmula de Robert Manning* para canales abiertos y tuberías, por ser el procedimiento más utilizado y de fácil aplicación, la cual permite obtener la velocidad del flujo y caudal para una condición de régimen uniforme mediante la siguiente relación.

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (52)$$

$$R = A / P \quad (53)$$

$$Q = VA \quad (54)$$

Donde:

Q : Caudal (m^3/s)

V : Velocidad media de flujo (m/s)

A : Área de la sección hidráulica (m^2)

P : Perímetro mojado (m)

R : Radio hidráulico (m)

S : Pendiente de fondo (m/m)

n : Coeficiente de Manning (Ver Tabla Nº 09)

* Actualmente existen modelos hidráulicos para el diseño de alcantarillas, desarrollados por la Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation. Programa de

distribución gratuita de la siguiente página:
http:/www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software.cfm

TABLA Nº 09: Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n)

TIPO DE CANAL			MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
A.CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido	0.009	0.010	0.013
		b. Acero			
		soldado	0.010	0.012	0.014
		con remaches	0.013	0.016	0.017
		c. Metal corrugado			
		sub - dren	0.017	0.019	0.021
		dren para aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto			
		tubo recto y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
		tubo con curvas, conexiones	0.011	0.013	0.014
		afinado	0.011	0.012	0.014
		tubo de alcantarillado con cámaras, entradas.	0.013	0.015	0.017
		Tubo con moldaje de acero.	0.012	0.013	0.014
		Tubo de moldaje madera cepillada	0.012	0.014	0.016
		Tubo con moldaje madera en bruto	0.015	0.017	0.020
		b. Madera			
		duelas	0.010	0.012	0.014
		laminada y tratada	0.015	0.017	0.020
		c. Albañilería de piedra.	0.018	0.025	0.030
B.CANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso			
		sin pintar	0.011	0.012	0.014
		pintado	0.012	0.013	0.017
		b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
	B.2 NO METÁLICO	a. Madera			
		Sin tratamiento	0.010	0.012	0.014
		Tratada	0.011	0.012	0.015
		Planchas	0.012	0.015	0.018
		b. Concreto			
		afinado con plana	0.011	0.013	0.015
		afinado con fondo de grava	0.015	0.017	0.020
		sin afinar	0.014	0.017	0.020
		excavado en roca de buena calidad	0.017	0.020	
		excavado en roca descompuesta	0.022	0.027	
		c. Albañilería			
		piedra con mortero	0.017	0.025	0.030
		piedra sola	0.023	0.032	0.035
C. EXCAVADO		a. Tierra, recto y uniforme			
		nuevo	0.016	0.018	0.020
		grava	0.022	0.025	0.030
		con algo de vegetación	0.022	0.027	0.033
		b. Tierra, sinuoso			
		sin vegetación	0.023	0.025	0.030
		con malezas y pasto	0.025	0.030	0.033
		maleza tupida, plantas	0.030	0.035	0.040
		fondo pedregoso - malezas.	0.025	0.035	0.040
		c. Roca			
		suave y uniforme	0.025	0.035	0.040
		irregular	0.035	0.040	0.050
		d. Canales sin mantención			
		maleza tupida	0.050	0.080	0.120
		Fondo limpio, bordes con vegetación	0.040	0.050	0.080
D. CORRIENTES NATURALES	D.1. CORRIENTES MENORES (ANCHO SUPERF. < 30 m)	a. Ríos en planicies			
		rectos, sin zonas muertas	0.025	0.030	0.033
		rectos sin zonas muertas con piedras y malezas	0.030	0.036	0.040
		Sinuoso, vegetación y piedras	0.035	0.045	0.050
		Sinuoso, vegetación y bastante pedregoso	0.045	0.050	0.060
		Abundante vegetación, sinuoso.	0.075	0.100	0.150
		b. Torrentes de montaña, sin vegetación, bordes abruptos.			
		Árboles y arbustos sumergidos			
		Parcialmente en crecidas con piedras y	0.030	0.040	0.050
		Pocas rocas grandes rocas y piedras en el fondo.	0.040	0.050	0.070

	D.2 PLANICIES DE INUNDACION	a. con pasto sin arbusto			
		pastizales bajos	0.025	0.030	0.035
		pastizales altos	0.030	0.035	0.050
		b. áreas cultivadas			
		sin cultivo	0.020	0.030	0.040
		con cultivos	0.030	0.040	0.050
		c. Arbustos y Malezas			
		escasos	0.040	0.060	0.080
		densos	0.070	0.100	0.160
		d. Arboles			
		sauces	0.110	0.150	0.200
		tierra despejada con troncos	0.030	0.040	0.050
	D3 Ríos Principales (ancho superior a 30 m)	Secciones Regulares	0.025	-	0.060
		Secciones Irregulares	0.035	-	0.100

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos, Ven Te Chow, 1983.

Se debe tener en cuenta la velocidad, parámetro que es necesario verificar de tal manera que se encuentre dentro de un rango, cuyos límites se describen a continuación.

TABLA Nº 10: Velocidades máximas admisibles (m/s) en conductos revestidos

TIPO DE REVESTIMIENTO	VELOCIDAD (M/S)
Concreto	3.0 – 6.0
Ladrillo con concreto	2.5 – 3.5
Mampostería de piedra y concreto	2.0

Fuente: HCANALES, Máximo Villon B.

Se deberá verificar que la velocidad mínima del flujo dentro del conducto no produzca sedimentación que pueda incidir en una reducción de su capacidad hidráulica, recomendándose que la velocidad mínima sea igual a 0.25 m/s.

Asimismo, se debe tener muy en cuenta la velocidad de flujo a la salida de la alcantarilla, generalmente esta velocidad es mayor que la velocidad de escurrimiento en el cauce natural y debe limitarse a fin de evitar procesos de socavación del cauce aguas abajo de la estructura y no afecte su estabilidad.

A continuación, se presenta una tabla con valores máximos admisibles de velocidades de flujo según el tipo de material donde se desplaza.

TABLA Nº 11: Velocidades máximas admisibles (m/s) en canales no revestidos

TIPO DE TERRENO	FLUJO INTERMITENTE (M/S)	FLUJO PERMANENTE (M/S)
Arena fina (no coloidal)	0.75	0.75
Arcilla arenosa (no coloidal)	0.75	0.75
Arcilla limosa (no coloidal)	0.90	0.90
Arcilla fina	1.00	1.00
Ceniza volcánica	1.20	1.00
Grava fina	1.50	1.20
Arcilla dura (coloidal)	1.80	1.40
Material graduado (no coloidal)		
Desde arcilla a grava	2.00	1.50
Desde limo a grava	2.10	1.70
Grava	2.30	1.80
Grava gruesa	2.40	2.00
Desde grava a piedras (< 15 cm)	2.70	2.10
Desde grava a piedras (> 20 cm)	3.00	2.40

Fuente: Manual de Carreteras de California

4.1.1.3.7 Consideraciones para el diseño

a) Material sólido de arrastre

La palizada, material sólido y hasta desperdicios arrojados a los cauces naturales y que son arrastrados por la corriente, son elementos muy perjudiciales si se acumulan en la alcantarilla e inciden en su comportamiento hidráulico. No solamente afecta a la alcantarilla, también afecta las zonas aledañas de la carretera. Consecuentemente, es importante que las carreteras cuenten con un programa de mantenimiento rutinario, a fin de identificar los sectores vulnerables, propensos de ser afectados por este fenómeno.

Durante el diseño de la alcantarilla, se pueden adoptar todo tipo de medidas para evitar estos problemas, en primer lugar se puede evitar la acumulación de palizada y material sólido mediante la construcción de obras adicionales, como disipadores o cámaras especiales que permitan retener sólidos, desperdicios y ramas, para luego efectuar su limpieza. Otra alternativa es dejar pasar los sólidos, desperdicios y ramas mediante la construcción de alcantarillas de mayor sección

hidráulica acorde al estudio puntualizado de la cuenca de aporte. Se recomienda en lo posible, no modificar la pendiente natural del curso de agua a lo largo de la alcantarilla.

Las recomendaciones mencionadas anteriormente deben ser analizadas desde el punto de vista económico, ya que pueden incrementar el costo de construcción, costo de obras adicionales, así como los costos por trabajos de limpieza y mantenimiento.

En zonas de selva alta en donde las características físicas y geomorfológicos (típicas) sean:

- Cauces encajonados, en V, inactivos o con flujo permanente de agua.
- Pendientes entre 5% y 60%, es decir de medianas a fuertes.
- Tipo de suelo: taludes y lecho de material granular, aluviales, coluviales, con matriz fina de arena y limos, gravas y gravillas; es decir vulnerables a erosión pluvial.
- Tipo de vegetación, arbustica, en taludes.

Estas características, indican que el flujo en los cauces, son flujos de barros, con posibles huaycos menores, debido a que el agua de la lluvia satura el material de los taludes incrementando la masa y reduciendo la cohesión de las partículas, y que son arrastrados con el agua. Así mismo, el caudal sólido es por lo menos 2 veces mayor que el caudal líquido, la velocidad, varía entre 2 y 10 m/s (Prochaska, Santi, 2008).

Se recomienda utilizar, en zonas de selva alta, con las características físicas y geomorfológicos indicadas en el párrafo anterior, como diámetro mínimo alcantarillas TMC Φ 48”

Se puede considerar en forma práctica, para calcular el orden de magnitud de este caudal sólido, la siguiente fórmula:

$$Q_s = \rho A V$$

Q_s = caudal sólido

ρ = 2,650 kg/m^3 (densidad promedio del material sólido)

A = área transversal del material sólido retenido,

V = velocidad aproximada del flujo sólido (2 m/s, conservador) (J. Casafranca).

b) Borde libre

El borde libre en alcantarillas es un parámetro muy importante a tomar en cuenta durante su diseño hidráulico, por ello, las alcantarillas no deben ser diseñadas para trabajar a sección llena, ya que esto incrementa su riesgo de obstrucción, afectando su capacidad hidráulica.

Se recomienda que el diseño hidráulico considere como mínimo el 25 % de la altura, diámetro o flecha de la estructura.

c) Socavación local a la salida de la alcantarilla

Si la velocidad del flujo a la entrada y particularmente a la salida de la alcantarilla es alta, puede producir procesos de socavación local que afecte su estabilidad, por ello, se recomienda la protección del cauce natural mediante la construcción de emboquillados de piedra, enchapado de rocas acomodadas u otros tipos de revestimientos, los cuales deberán extenderse hasta zonas donde la socavación local no tenga incidencia sobre la protección

Una medida para reducir la velocidad del flujo, es la construcción de aliviaderos de entrada y salida de la alcantarilla en forma escalonada con el objetivo de disipar la energía hidráulica.

En los Anexos: Lámina Nº 04, se aprecia una sección típica de alcantarilla con aliviadero de salida tipo disipador de energía hidráulica.

A continuación, se presenta la fórmula de Laushey que permite calcular el diámetro medio de los elementos de protección a la salida de alcantarillas en función de la velocidad del flujo.

$$d_{50} = \frac{V^2}{(3.1g)} \quad (55)$$

Donde:

d_{50} : Diámetro medio de los elementos de protección (m)

V : Velocidad media del flujo a la salida de la alcantarilla (m/s)

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

En los Anexos: Lámina Nº 05, se aprecia una sección típica de alcantarilla con enrocado de protección a la salida.

d) Mantenimiento y limpieza

Las dimensiones de las alcantarillas deben permitir efectuar trabajos de mantenimiento y limpieza en su interior de manera factible. Es importante realizar estos trabajos con la finalidad que funcionen adecuadamente, tal como se ha previsto en el diseño.

Es necesario efectuar un programa de mantenimiento que incluyan inspecciones antes y después de períodos lluviosos para comprobar el estado hidráulico estructural de la obra y obtener datos como marcas dejadas por las crecidas, acumulación de material, depósito de sedimentos, presencia de palizada, socavación de cauce y daños estructurales.

Las inspecciones permitirán tomar las medidas correctivas que conlleven al planteamiento de soluciones, necesidad de nuevos diseños, reposiciones o construcción de obras adicionales.

e) Abrasión

La abrasión es una acción mecánica de rozamiento que consiste en la erosión del material de la alcantarilla por la acción de sólidos flotantes transportados por el cauce natural. Este fenómeno depende del carácter y cantidad de material de arrastre, duración, frecuencia y velocidad del flujo.

Es importante tomar en cuenta este fenómeno al momento de elegir el tipo de material del cual estará constituida la alcantarilla.

f) Corrosión

La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno y puede manifestarse como consecuencia de la acción de elementos activos presentes en el suelo, agua o atmósfera.

Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión.

Las condiciones ambientales que contribuyen a la corrosión de alcantarillas son condiciones alcalinas y ácidas presentes en el suelo y en el agua, y la conductividad eléctrica del suelo.

El agua con alta salinidad causa intensa corrosión a corto plazo en el acero.

Es importante señalar que cualquier material utilizado en la construcción de alcantarillas expuesto al agua de mar o cuando las alcantarillas se ubiquen en zonas costeras cercanas al mar requieren algún tipo de protección para asegurar su vida útil. Lo mismo, sucede con los ácidos producidos por minas de carbón u otras operaciones mineras.

Se indica, asimismo que los suelos con alto contenido de materia orgánica son nocivos para los metales ya que se corroen.

En el caso de alcantarillas de metal corrugado generalmente se utiliza capas protectoras tales como recubrimientos asfálticos, sin embargo, esta medida muchas veces no es suficiente, por lo que un material de mayor resistencia sería el más adecuado para actuar en medios muy agresivos.

g) Seguridad y vida útil

El diseño de alcantarillas debe garantizar la adecuada y correcta evacuación del flujo que discurre hacia a la carretera mediante la obtención de diseños hidráulicos adecuados.

Existen medidas para prolongar la vida útil de las alcantarillas y mejorar sus condiciones de servicio.

Las medidas que se utilizan con mayor frecuencia se mencionan a continuación:

- Con la finalidad de proteger las alcantarillas constituidas por tubos metálicos corrugados de la presencia de agentes exteriores que puedan afectarlas, se recomienda el uso de recubrimiento asfáltico, de esta manera se logra incrementar su vida útil.
- Cuando las condiciones de exposición son muy agresivas, tales como velocidades excesivas con presencia de elementos abrasivos en el flujo, presencia de aguas salinas o ácidas provenientes de establecimientos mineros, suelos alcalinos y suelos con presencia de turba, el recubrimiento asfáltico no ofrece una protección suficiente, bajo estas condiciones no es recomendable el uso de alcantarillas metálicas, por ello, se recomienda el uso de otros materiales para la construcción de alcantarillas, como concreto de alta resistencia o tubos de alta densidad.

4.1.1.4 Badenes

Las estructuras tipo badén son soluciones efectivas cuando el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento, porque permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente que se presentan con mayor intensidad durante períodos lluviosos y donde no ha sido posible la proyección de una alcantarilla o puente.

Los materiales comúnmente usados en la construcción de badenes son la piedra y el concreto, pueden construirse badenes de piedra acomodada y concreto que forman parte de la superficie de rodadura de la carretera y también con paños de losas de concreto armado.

Los badenes con superficie de rodadura de paños de concreto se recomiendan en carreteras de primer orden, sin embargo, queda a criterio del especialista el tipo de material a usar para cada caso en particular, lo cual está directamente relacionado con el tipo de material que transporta el curso natural.

Se recomienda evitar la colocación de badenes sobre depósitos de suelos finos susceptibles de ser afectados por procesos de socavación y asentamientos.

El diseño de badenes debe contemplar necesariamente la construcción de obras de protección contra la socavación y uñas de cimentación en la entrada y salida, así como también losas de aproximación en la entrada y salida del badén.

Dependiendo del tipo de material de arrastre que transporte el curso natural donde se ubicará el badén, se pueden adoptar diseños mixtos, es decir badén – alcantarilla, que permitan evacuar flujos menores en épocas de estiaje y a su vez flujos de materiales sólidos en períodos extraordinarios, sin embargo, estos diseños deben ser estudiados minuciosamente para poder ser empleados, mediante un estudio integral de la cuenca que drenará el badén, ya que el material transportado puede originar represamientos, poniendo en riesgo su estabilidad y permanencia.

La ventaja de las estructuras tipo badén es que los trabajos de mantenimiento y limpieza se realizan con mayor eficacia, siendo el riesgo de obstrucción muy bajo.

4.1.1.4.1 Consideraciones para el diseño

a) Material sólido de arrastre

El material de arrastre es un factor importante en el diseño del badén, recomendándose que no sobrepase el perímetro mojado contemplado y no afecte los lados adyacentes de la carretera.

Debido a que el material sólido de arrastre constituido por lodo, palizada u otros objetos flotantes, no es posible cuantificarlo, se debe

recurrir a la experiencia del especialista, a la recopilación de antecedentes y al estudio integral de la cuenca, para lograr un diseño adecuado y eficaz.

b) Protección contra la socavación

Es importante que el badén proyectado cuente con obras de protección contra la socavación, a fin de evitar su colapso. Según se requiera, la protección debe realizarse tanto aguas arriba como aguas abajo de la estructura, mediante la colocación de enrocados, gaviones, pantallas de concreto u otro tipo de protección contra la socavación, en función al tipo de material que transporta el curso natural.

Asimismo, si el estudio lo amerita, con la finalidad de reducir la energía hidráulica del flujo a la entrada y salida del badén, se recomienda construir disipadores de energía, siempre y cuando estas estructuras no constituyan riesgos de represamientos u obstrucciones.

El diseño del badén también deberá contemplar uñas de cimentación tanto a la entrada como a la salida de la estructura, dichas uñas deberán desplantarse preferentemente sobre material resistente a procesos erosivos.

En los Anexos: Lámina Nº 06, se aprecia una sección típica de badén con protección tanto en la entrada como en la salida.

c) Pendiente longitudinal del badén

El diseño hidráulico del badén debe adoptar pendientes longitudinales de ingreso y salida de la estructura de tal manera que el paso de vehículos a través de él, sea de manera confortable y no implique dificultades para los conductores y daño a los vehículos.

d) Pendiente transversal del badén

Con la finalidad de reducir el riesgo de obstrucción del badén con el material de arrastre que transporta curso natural, se recomienda

dotar al badén de una pendiente transversal que permita una adecuada evacuación del flujo.

Se recomienda pendientes transversales para el badén entre 2 y 3%.

e) Borde libre

El diseño hidráulico del badén también debe contemplar mantener un borde libre mínimo entre el nivel del flujo máximo esperado y el nivel de la superficie de rodadura, a fin de evitar probables desbordes que afecten los lados adyacentes de la plataforma vial.

Generalmente, el borde libre se asume igual a la altura de agua entre el nivel de flujo máximo esperado y el nivel de la línea de energía, sin embargo, se recomienda adoptar valores entre 0.30 y 0.50m.

4.1.1.4.2 Diseño hidráulico

Para el diseño hidráulico se idealizará el badén como un canal trapezoidal con régimen uniforme.

Este tipo de flujo tiene las siguientes propiedades:

a) La profundidad, área de la sección transversal, velocidad media y gasto son constantes en la sección del canal.

b) La línea de energía, el eje hidráulico y el fondo del canal son paralelos, es decir, las pendientes de la línea de energía, de fondo y de la superficie del agua son iguales. El flujo uniforme que se considera es permanente en el tiempo. Aún cuando este tipo de flujo es muy raro en las corrientes naturales, en general, constituye una manera fácil de idealizar el flujo en el badén, y los resultados tienen una aproximación práctica adecuada.

La velocidad media en un flujo uniforme cumple la ecuación de Manning, que se expresa por la siguiente relación:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \tag{56}$$

$$R = A / P \tag{57}$$

Donde el gasto viene dado por la siguiente relación:

$$Q = VA \quad (58)$$

Donde:

Q : Caudal (m^3/s)

V : Velocidad media de flujo (m/s)

A : Área de la sección hidráulica (m^2)

P : Perímetro mojado (m)

R : Radio hidráulico (m)

S : Pendiente de fondo (m/m)

n : Coeficiente de Manning (Ver Tabla Nº 09)

4.1.1.5 Puentes

4.1.1.5.1 Aspectos generales

Los puentes son las estructuras mayores que forman parte del drenaje transversal de la carretera y permiten salvar o cruzar un obstáculo natural, el cual puede ser el curso de una quebrada o un río.

Es importante tener en cuenta que un puente no será estable si no lo es el tramo fluvial comprometido. El río es por naturaleza esencialmente móvil y cambiante. En consecuencia, el estudio de un puente que interactúa con un río no puede independizarse del correspondiente estudio de Hidráulica Fluvial. La estabilidad fluvial, lograda durante cientos o miles de años por el río, puede verse seriamente alterada por la construcción de un puente.

La profundidad del estudio hidráulico tiene que depender de ciertas características del puente en particular, como podrían ser: su importancia dentro de la red vial, consecuencias de su falla, costo, tipo de estructura, riesgos aceptables, etc. A las que debe añadirse las correspondientes al río.

En el presente Manual se definirá como puente a la estructura cuya luz sea mayor o igual a 6.0 m, siguiendo lo establecido en las especificaciones AASHTO LRFD.

4.1.1.5.2 Consideraciones para el diseño

En este ítem se procederá a describir las consideraciones generales para el desarrollo de los estudios de hidráulica fluvial de puentes sobre cauces naturales. Asimismo, se describirá en forma general las técnicas más apropiadas para el diseño hidráulico y la información básica para la obtención de los parámetros hidráulicos.

Cabe señalar que el buen funcionamiento hidráulico, no sólo depende de un análisis correcto y del uso adecuado de las fórmulas matemáticas correspondientes; si no también de un conocimiento cabal de las condiciones hidráulicas locales en la cual se fundamenta su diseño.

a) Información básica

En este ítem, se establecerá recomendaciones generales para la ejecución de los estudios de hidráulica fluvial para puentes, que incluye, aspectos topográficos, ejecución de muestreos para la determinación de diámetros representativos del lecho y criterios para la estimación de la rugosidad del lecho.

a.1) Topografía – Batimetría del cauce y zonas adyacentes

El levantamiento topográfico que se requiere, debe abarcar el tramo involucrado donde se proyectará el puente, recomendándose que dicho levantamiento topográfico debe comprender lo siguiente:

- En ríos con amplias llanuras de inundación donde el puente produzca contracción del flujo de avenida el levantamiento abarcará 12 veces el ancho del cauce principal aguas arriba del eje propuesto y 6 veces hacia aguas abajo.
- En ríos donde el puente no produzca contracción del flujo de avenida y ofrezca una pendiente pronunciada el levantamiento topográfico abarcará 8 veces el ancho del cauce principal aguas

arriba del eje propuesto y 4 veces hacia aguas abajo. El levantamiento topográfico no debe ser menor a 150 m aguas arriba y 150 m aguas abajo del eje del puente propuesto.

- En caso que el eje del puente propuesto se ubique cerca de la desembocadura con un río principal, lago o mar el levantamiento topográfico deberá incluir la zona de confluencia.

Sin embargo, el requerimiento mínimo para el levantamiento topográfico puede extenderse o limitarse, sin perjudicar los objetivos del proyecto.

Entonces, se recomienda que el levantamiento topográfico debe incluir la estructura existente, niveles de agua actuales, marcas de agua en la estructura existente, toma del perfil longitudinal del curso natural, secciones transversales del curso natural espaciados no mayor a 0.5 veces el ancho del cauce principal del curso natural y otros aspectos y/o singularidades de relevancia para el estudio hidráulico, teniendo en cuenta además la forma irregular que generalmente presentan las secciones transversales de los cauces naturales, el levantamiento topográfico deberá representar la zona en estudio adecuadamente de tal manera que permita identificar puntos altos, bajos e irregularidades del lecho como islotes, zonas de depresión asociadas a socavación, etc.

Para estudios en regiones de selva de nuestro país, el levantamiento topográfico - Batimétrico deberá abarcar las áreas de inundación asociadas a las crecidas de los cursos naturales muy comunes en esta zona, es decir el levantamiento topográfico deberá cubrir toda la zona afectada por este fenómeno relevante para el estudio.

a.2) Ubicación del puente

La elección de la ubicación del puente debe ser la más óptima, desde el punto de vista hidráulico, geotécnico y de diseño Vial; es decir debe ser tal, que el curso natural no afecte su estabilidad y a su vez el puente no produzca cambios morfológicos en el curso natural.

De preferencia en los proyectos de carreteras, es recomendable que la ubicación del puente sea definido en la etapa inicial de un estudio; para ello, los especialistas en Trazo - Diseño Vial, Hidráulica y Geotecnia; evaluaran las condiciones existentes tanto aguas arriba, como aguas abajo, en una longitud no menor a 300 m. (a partir de los cruces o bados existentes). Esta actividad permitirá programar: los levantamientos topográficos para el modelamiento hidráulico, requerimientos de estudios de suelos, ubicación de las prospecciones geotécnicas, toma de muestra de los sedimentos, u otro que sea necesario y pueda preverse oportunamente.

Los aspectos que deben ser tenidos en cuenta en relación a la ubicación de puentes, se resalta los siguientes:

- Forma de las cuencas tributarias,
- Estabilidad fluvial del tramo fluvial comprometido,
- Grado de sinuosidad de los cauces existentes y presencia de lecho abandonados,
- Características topográficas de los terrenos y forma de los cauces,
- Cobertura vegetal existente,
- Características geológicas o singulares, tales como afloramientos rocosos, existencia de gravas, arenas, etc.
- Obras de drenaje existentes aguas arriba y debajo de la obra objeto del estudio y su posible influencia sobre la misma,
- Características de los cauces principales tales como, sus Secciones, alineamiento, los obstáculos, la vegetación existente y la naturaleza de los acarreos,
- Calidad aparente de los materiales sobre los cuales se va colocar las obras de drenaje principales,
- Evidencias de corrosión en estructuras metálicas existentes o

desgaste en estructuras de concreto.

A continuación, se presentan los procesos morfológicos asociados al diseño de puentes y que deben ser tomados en cuenta para su diseño y emplazamiento.

- Evolución de meandros: El cauce es único pero en forma de curvas. La ondulación en planta se acompaña de una asimetría en las secciones transversales. Ésta geometría del río evoluciona de manera compleja por lo que el puente debe ubicarse en la zona de mayor estabilidad.

- Cauces trenzados: Los ríos que presentan cauces trenzados se caracterizan por formar cauces secundarios en el interior del cauce principal. Generalmente, estos cursos presentan pendientes fuertes, gran transporte sólido y lechos de material grueso. Es importante tomar en cuenta la configuración en planta de este tipo de río para el emplazamiento del puente, ya que cambia con el nivel de agua y con el tiempo, donde la sobre deposición de sedimentos genera flujos en dirección de las orillas que son afectadas paulatinamente por erosión, causando la presencia de barras e islotes con cauces ramificados de tendencia a incrementar su ancho.

- Cauces avulsionados: Las avulsiones son fenómenos que deben tomarse en cuenta al momento de elegir la ubicación del puente, dado que consisten en el abandono súbito del curso principal por otro aleatorio, originado por la sedimentación de un tramo de río, esto produce una elevación del lecho, forzando al río a adoptar un curso diferente pero más cómodo.

- Erosión en curvas: No se recomienda la ubicación de un puente sobre el desarrollo de curvas exteriores, debido a que las velocidades en las curvas exteriores son significativamente mayores produciendo procesos de erosión que pueden afectar su estabilidad.

- Efectos de remanso: No se recomienda la ubicación del puente en un tributario cerca de la confluencia con un río principal, pues los

súbitos cambios de elevaciones crean efectos de remanso que pueden conducir a la agradación del lecho en esta zona.

a.3) Muestreo y caracterización del material del lecho

El objetivo del muestreo y caracterización del material del lecho es la determinación del tamaño representativo que englobe todo el espectro de tamaños presentes en él.

El muestreo del material de cauce deberá ser representativo, para determinar su gravedad específica y análisis granulométrico. Las muestras del material del cauce deben ser tomadas al menos en cuatro puntos, dos en el eje del puente, y a 0.5B y B metros aguas arriba, donde B es el ancho promedio del río. En cada punto se deben tomar tres muestras: en la superficie, a 1.5 veces el tirante promedio del río, y a una profundidad intermedia, siempre y cuando las condiciones de excavación y la presencia de agua lo permiten.

La elección del tamaño representativo para el cálculo de la socavación en cauces naturales, usualmente se realiza de la siguiente manera:

- Obteniendo el D50 de toda la distribución granulométrica, comúnmente considerado como el diámetro representativo de toda la distribución.
- También se utiliza el diámetro medio de la distribución mediante la siguiente relación.

$$D_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i \Delta p_i}{100} \qquad (59)$$

Donde:

D_i: Es el tamaño de la partícula en que el i(%) indica el porcentaje en peso de las fracciones de las partículas cuyo tamaño es menor o igual a ese diámetro D_i.

Δp_i : Es el porcentaje en peso del material cuyo tamaño cae dentro del intervalo cuya marca de clase es D_i, para i = 1…n intervalos.

a.4) Avenida de Diseño o Caudal Máximo y Períodos de Retorno

Para realizar el estudio hidráulico de puentes, en primer lugar se debe realizar el estudio hidrológico con el objetivo de obtener la Avenida de Diseño o el caudal máximo en condiciones de crecida.

Para obtener la Avenida de Diseño o el caudal máximo en la sección de interés de un cauce natural (río o quebrada) además de los métodos de análisis regional e hidráulico (sección-pendiente y modelamientos), existen dos formas de más comunes de obtenerlo; la primera consiste en la aplicación de teorías estadísticas a series históricas de caudales máximos (método hidrológico) registrados en el tramo fluvial de interés o cercano a el; la segunda forma, se refiere a los métodos indirectos mediante el uso de relaciones precipitación escorrentía (método hidrometeorológico), a partir de información pluviométrica registrada en el área o cuenca hidrográfica de interés.

El desarrollo de las metodologías mencionadas, se muestra en el Capítulo III del Manual.

La Avenida de Diseño o caudal máximo está asociado a un período de retorno específico y este a su vez depende del riesgo de falla y vida útil de la obra. En el Capítulo III del Manual se presentan valores del período de retorno determinados en función a los factores señalados. En base a ello, se recomienda lo siguiente:

- Para obtener la avenida de diseño en el tramo fluvial de emplazamiento del puente, se deberá compatibilizar el período de retorno del evento hidrológico, con el riesgo admisible y la vida útil de la obra, este último obviamente, dependerá del tipo de material constitutivo del puente En caso de que el puente se construya en una ciudad con alta densidad de población, o se ubique medianamente aguas abajo de ésta, sobre un río de

amplias llanuras de inundación, el período de retorno debe ser superior a 100 años.

- Para la estimación de la profundidad de socavación, el período de retorno mínimo deberá ser igual al utilizado en el diseño del puente y para un caudal de no más de 500 años de periodo de retorno que es el caudal para verificar la estabilidad de la cimentación del puente. En ese caso, se considera que se trata de un evento extremo.

a.5) Gálibo o Altura libre.

El gálibo se define como el espacio libre entre el nivel máximo del flujo de crecida y el nivel inferior del tablero del puente proyectado.

El objetivo del gálibo es dejar pasar las fluctuaciones de flujo cuando la corriente interactúa con la estructura proyectada producto de la sobrelevación del flujo, por efectos de remanso, transporte de materiales flotantes como ramas, palizadas, troncos e incluso árboles y otros materiales flotantes que transporta la corriente.

En nuestro país, la variación de las condiciones geográficas y la actividad humana sobre las cuencas hacen que los cursos naturales además de descargas líquidas también se produzcan transporte de sólidos de fondo (material de acarreo), transportes en suspensión y en flotación como ramas, palizadas y hasta árboles.

Es muy común que en los ríos de nuestro país haya abundante transporte de sólidos debido al carácter torrentoso de los mismos, con manifestada erosión de los suelos en la partes altas de las cuencas por actividad humana, muchas veces muy alejadas de los principios del uso racional de los recursos naturales.

Por tanto, el diseño de los puentes exige la consideración de un gálibo conveniente para dar paso no sólo al flujo (líquido y sólido) sino también a los materiales flotantes.

En la etapa de diseño de puentes, se recomienda lo siguiente:

- Cuando existe evidencia que la corriente transporta material sólido, troncos, palizada u otros objetos voluminosos, el gálibo mínimo asociado al nivel de aguas máximas deberá ser, 2.5 m.
- En el caso que la corriente sea relativamente limpia, se considerará un gálibo de 2.0 m por encima del nivel de aguas máximas extraordinarias.
- En el caso de ríos navegables, la altura del gálibo se sujetará a lo establecido en el Manual de Diseño Geométrico – DG-2001.

a.6) Coeficiente de rugosidad de cauces naturales (n de Manning)

Para obtener el coeficiente de Manning, se requiere de la experiencia del especialista para realizar las estimaciones, que puede apoyarse en antecedentes de casos similares, tablas y publicaciones técnicas disponibles, sobre la base de los datos recopilados en la etapa de campo.

En el presente ítem, se dan a conocer recomendaciones prácticas para la estimación del coeficiente de rugosidad en cauces naturales y se describen a continuación.

- En la Tabla Nº 09, se presentan valores del coeficiente de rugosidad de Manning donde el valor del coeficiente de rugosidad depende de varios factores asociados a la vegetación, geomorfología y características geométricas propias de los cauces naturales.

- Cowan propone un método, según el cual el cálculo del coeficiente de rugosidad, puede estimarse mediante la siguiente relación:

$$n = m_5 (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \qquad (60)$$

n_0 : Rugosidad base para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.

n_1 : Rugosidad adicional debida a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo en estudio.

n_2 : Rugosidad adicional equivalente debida a variación de forma y de dimensiones de las secciones a lo largo del tramo en estudio.

n_3 : Rugosidad equivalente debida a obstrucciones existentes en el cauce.

n_4 : Rugosidad adicional equivalente debida a la presencia de vegetación.

m_5 : Factor de corrección para incorporar efecto de sinuosidad del cauce o presencia de meandros.

En la Tabla Nº 12, se aprecian los valores correspondientes a las variables utilizadas por Cowan.

TABLA Nº 12: Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material Involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente Alternante		0.050
	Frecuentemente Alternante		0.010-0.015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
Grado de los Efectos por Meandro	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Hidráulica de Tuberías y Canales, Arturo Rocha.

Cuando los lechos de los cauces naturales están constituidos por material pedregoso, donde el sedimento es representado por un diámetro medio, se recomienda el uso de la ecuación de Strickler para la estimación de n_0.

$$n_0 = 0.038D^{1/6} \quad (61)$$

D : Diámetro representativo de la rugosidad superficial (m)

El diámetro D es equivalente al diámetro D65, D90 o D95 dependiendo del acorazamiento del lecho. Particularmente, cuando los sedimentos ofrecen una granulometría gruesa y extendida, el diámetro medio de la coraza es cercano al D90 o D95 obtenido de la curva granulométrica original del lecho.

- Dentro de las publicaciones técnicas se tiene la publicación Water Supply Paper 1949 del US Geological Survey que presenta fotografías de diferentes corrientes naturales, indicando para cada caso el valor del coeficiente de rugosidad de Manning, calibrado con mediciones de terreno. Esta publicación es una buena referencia y guía para estimar los coeficientes de rugosidad en cauces naturales.

Las recomendaciones presentadas en los párrafos anteriores permiten la estimación del coeficiente de rugosidad asumiendo que el cauce natural presenta una rugosidad homogénea, sin embargo, en la naturaleza, los cauces naturales presentan secciones transversales que no tienen una rugosidad uniforme u homogénea, ofreciendo una rugosidad compuesta.

Cuando la rugosidad global o rugosidad compuesta de la sección varía con el tirante de agua, se debe, a que a distintas profundidades intervienen zonas de la sección con diferentes rugosidades. Este es el caso de los cursos naturales donde el lecho está constituido de un cierto tipo de material y las márgenes por otro tipo, usualmente con presencia de vegetación en las zonas de inundación.

Para evaluar la rugosidad compuesta, se propone el método de Einstein y Banks, quienes demostraron mediante experimentos que los valores de la rugosidad están asociados a distintos sistemas

independientes entre sí y que pueden superponerse linealmente. Es decir, que el área de la sección transversal del curso natural es separable y se supone que para cada subsección es válida la ecuación de Manning y que la velocidad media en la sección es uniforme. Entonces el coeficiente de rugosidad global generado por m subsistemas está dado por:

$$n_c = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{m} n_i^{3/2} x_i}{x} \right\}^{2/3} \qquad (62)$$

n_c : Coeficiente de rugosidad global o compuesta de la sección total.

n_i : Coeficiente de rugosidad asociado a la subsección i.

x_i : Perímetro mojado de la subsección i.

x : Perímetro mojado de la sección total.

i = 1,2,…m subsecciones.

a.6) Fajas Marginales

(Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos – Ley Nº 29338, Art. 113º y 114º)

Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales. Las dimensiones en una o ambas márgenes son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, y se realiza de acuerdo los siguientes criterios:

a. La magnitud e importancia de las estructuras hidráulicas de las presas, reservorios, embalses, canales de derivación, puentes, entre otros.

b. El espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas y de los cauces.

c. El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.

d. La máxima crecida o avenida de los ríos, lagos, lagunas y otras fuentes naturales de agua. No se considerarán las máximas crecidas registradas por causas de eventos excepcionales.

a.7) Evaluación de obras existentes e información adicional

La evaluación de obras existentes en el curso natural es muy importante para el diseño definitivo de una nueva estructura, porque permite verificar que la obra proyectada no provoque alteraciones desde el punto de vista de la hidráulica fluvial sobre obras existentes o viceversa, como cambios bruscos de pendiente que produzcan erosión, sedimentación, efectos de remanso, formación de nuevos cauces, etc. Dicha evaluación comprenderá también el comportamiento hidráulico estructural de las obras existentes, información relevante a ser tomada en cuenta para el diseño de la estructura proyectada.

Además de la evaluación de las obras existentes en el cauce, es imprescindible y necesario conocer, las características locales del cauce, como áreas inundables, puntos críticos de desborde, frecuencia de inundación, épocas donde incrementa su caudal, marcas de agua dejadas por avenidas anteriores, puntos críticos donde se presenta erosión y sedimentación, material que acarrea la corriente, entre otras informaciones necesarias para el diseño, lo cual se puede conseguir a través de consultas a pobladores de mas antigüedad en el lugar del proyecto.

El objetivo principal de los datos recopilados en campo es proporcionar al especialista una visión completa del tramo en estudio, para la ubicación de los puentes o para la protección de riberas.

4.1.1.5.3 Parámetros hidráulicos para el diseño de puentes

Los parámetros hidráulicos asociados al diseño de puentes son los siguientes:

a) Perfil de flujo

El perfil de flujo permitirá obtener el nivel alcanzado por el agua para el caudal de diseño. El cálculo del perfil de flujo deberá incluir la presencia del puente proyectado, debido a que cuando el flujo interactúa con la estructura, se produce una sobreelevación del nivel de agua a la entrada del puente y una depresión del nivel de agua en la salida, este comportamiento es normal ya que el agua debe ganar energía potencial a fin de que pueda atravesar por la sección contraída. Una vez conocido los niveles de agua, el especialista puede establecer la altura mínima que ofrecerá el puente.

b) Socavación

La socavación es un fenómeno hidrodinámico que es la causa más frecuente de falla que afecta las cimentaciones de los puentes. Dicho fenómeno es una combinación de distintos procesos, unos que se producen a largo plazo y otros transitorios por el paso de avenidas.

El proceso de socavación en un puente se analiza como erosión potencial total y es de carácter estimativo, la cual combina la socavación producida en la sección del puente y sus inmediaciones, causada por el estrechamiento del cauce debido a su construcción y la socavación local que se produce en las inmediaciones de los pilares y estribos rodeados por la corriente del río. Sin embargo, cabe indicar que estos procesos de socavación son inherentes a la presencia del puente sobre el curso natural, porque existen otros procesos de socavación que ocurren de manera independiente a la presencia del puente y son la socavación general y la socavación en curvas que también deberán ser tomados en cuenta al momento de la estimación de la socavación potencial total.

4.1.1.5.4 Cálculo hidráulico

El cálculo hidráulico de un puente significa en primer lugar determinar la capacidad hidráulica de la sección de escurrimiento, es decir si el caudal de diseño pasa adecuadamente a través de él, luego determinar la sobreelevación del nivel de agua provocada por la

presencia del puente y estimar el nivel de socavación potencial total en la zona de los apoyos.

a) Cálculo de niveles de agua

Para el estudio de la capacidad hidráulica y el cálculo de la sobreelevación del nivel de agua, se realiza un cálculo en régimen permanente gradualmente variado, la cual permite calcular niveles de agua cuando la geometría fluvial es irregular.

El modelo matemático utilizado corresponde a un flujo unidimensional, no uniforme, permanente y de lecho fijo. El modelo se basa en la aplicación de la Ecuación de la Energía:

$$Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + E \qquad (63)$$

Donde:

$Z_n + P_n$: Nivel del pelo de agua en los extremos del tramo (m)

V_n : Velocidad media en la sección mojada en los extremos del tramo (m)

α_1, α_2 : Coeficiente de la no-uniformidad de distribución de las velocidades en la sección mojada.

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

E : Total de pérdidas de energía en el tramo del curso de agua considerado en el cálculo, de una longitud L (m).

En la ecuación anterior, los subíndices 1 y 2 se refieren a dos secciones distintas, la sección 1 ubicada aguas arriba de la sección 2.

En la solución numérica iterativa de la ecuación, la incógnita es el nivel de agua $Z_1 + P_1/\gamma$ en la sección 1 y es dato el nivel de agua en la sección 2, $Z_2 + P_2/\gamma$. Se procede desde aguas abajo hacia aguas arriba cuando el flujo es subcrítico, mientras que se procede en forma inversa cuando el flujo es supercrítico.

El cálculo iterativo se puede realizar mediante dos métodos, el primero es el método del paso directo y el segundo es el método del paso estándar.

Un modelo muy empleado en nuestro medio es el HEC –RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System), actualmente muy utilizado para calcular parámetros hidráulicos para diseño de obras de cruce en cauces naturales desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers.

A continuación, se presentan las consideraciones para obtener el perfil de flujo.

a.1) Consideraciones

a) En una sección debe existir un tirante conocido.

- Si el flujo es subcrítico, se debe conocer la sección aguas abajo.

- Si el flujo es supercrítico, se debe conocer la sección aguas arriba.

b) Se considera que el flujo es gradualmente variado y permanente.

c) En el tramo no existe variación de caudal. Si existe variación de caudal, debe incluirse aguas arriba en cada tramo.

d) La pendiente de fondo es pequeña (menor a 10º)

b) Estimación de la socavación

b.1) Procesos de socavación asociados al diseño de puentes

En el presente ítem se describirá los procesos de socavación inherentes al diseño de puentes.

En nuestro país la causa hidráulica más frecuente de fallo de puentes es la socavación, que tiene lugar en la zona de sus apoyos, la cual afecta las cimentaciones, ya sea por su insuficiente nivel de desplante o por construcción inadecuada.

La socavación es un proceso que se produce a largo y corto plazo o transitorio, como en el caso de la ocurrencia de avenidas.

Generalmente los fallos ocurren cuando se producen las avenidas, sin embargo, también se presentan con procesos que ocurren a largo plazo.

La estimación de la profundidad de socavación para el diseño de puentes debe tomar en cuenta los siguientes aspectos; la socavación que ocurre independientemente de la presencia del puente como socavación general, socavación en curvas, etc., la socavación que ocurre en la sección del puente debido al estrechamiento del cauce por la presencia del puente (socavación por contracción) y la socavación que ocurre en la zona de sus apoyos (socavación local de pilares y estribos rodeados por la corriente).

La suma de las componentes de la socavación, permite obtener la socavación potencial total, mediante expresiones que consideran socavaciones máximas por el lado de la seguridad.

Se recomienda que el valor estimado para la profundidad de socavación potencial total, sea consecuente con lo observado en la etapa de campo, respecto a los materiales que subyacen en el lecho del cauce y sobre la base de los ensayos de laboratorio de las muestras extraídas de las calicatas, pozos exploratorios y de la información obtenida de sondeos geofísicos. Esto, debido a que la estimación de la profundidad de socavación, se realiza mediante métodos empíricos que conllevan en algunos casos a obtener resultados que no son reales.

La profundidad de socavación parte de suponer que ésta depende de variables que caracterizan al flujo, al material presente en el lecho del cauce y a la geometría del puente. Por ello, existe mucha incertidumbre sobre el uso de las ecuaciones y sobre que ecuación representa mejor las condiciones reales del curso natural y del puente.

Existe poca información sobre modelos teóricos para estimar la profundidad de socavación, debido al alto grado de incertidumbre y a la complejidad de las variables involucradas, por ello, se recurre a

los resultados de investigaciones experimentales de laboratorio basadas en el análisis dimensional, que como se ha mencionado anteriormente, dan resultados muchas veces muy conservadores y contradictorios. Las ecuaciones disponibles en la actualidad son envolventes a resultados obtenidos a modelos físicos de laboratorio.

El software HEC RAS versión 3.1.1 (2003) además de permitir realizar la hidráulica en la zona del puente también permite realizar la estimación de la profundidad de socavación en el puente, por contracción y la socavación local en pilares y estribos usando las ecuaciones recomendadas en HEC-18, 2001. Sin embargo, se deja establecido que la obtención de la sección hidráulica del puente y la estimación de la socavación en sus apoyos, especialmente en nuestro medio no se debe limitar al uso del HEC RAS y debe aplicarse en forma responsable luego de ser calibrado, donde el juicio y criterio ingenieril prevalecen.

b.2.1) Socavación general

Para fines de estimación con el objetivo de diseño de puentes es usual adoptar un criterio conservador que consiste en calcular la máxima profundización posible del lecho, bajo una condición hidráulica dada.

La máxima profundización del cauce ocurre cuando se alcanza la condición de transporte crítico, donde la velocidad de flujo se reduce a tal punto en que la corriente no puede movilizar y arrastrar más material del lecho y a su vez no existe transporte de material desde aguas arriba.

Por lo tanto, cuando se produce la avenida, la sección geométrica del cauce se modifica dando lugar a una nueva sección, la cual obviamente está socavada, donde el lecho queda en condiciones de arrastre crítico o de transporte incipiente.

A continuación se describen algunos métodos para la estimación de la profundidad de socavación general bajo la condición en que la velocidad de escurrimiento es igualada por la velocidad crítica de

arrastre y estimación de socavación general por contracción del cauce.

b.2.1.1) Método de Velocidad Crítica y Agua Clara

Este método utiliza el criterio del principio de movimiento de un fondo granular bajo una corriente permanente, igual al criterio de Shields y la hipótesis de agua clara, es decir que la corriente no transporta sedimentos.

La profundidad máxima de socavación general se alcanza cuando la velocidad crítica es igualada por la velocidad media de la sección, donde la velocidad crítica está en función del parámetro de tensión crítica adimensional, de la fórmula de Strickler para el coeficiente de rugosidad de Manning y las características del material del lecho.

$$V_{cr} = 21\left(\frac{Rh}{D_{50}}\right)^{1/6}\sqrt{0.056\frac{(\gamma_s-\gamma)}{\gamma}D} \qquad (64)$$

Donde:

V_{cr} : Velocidad crítica en la sección (m/s).

Rh : Radio hidráulico de la sección (m).

D_{50} : Diámetro correspondiente al 50 % en la curva granulométrica (m).

D : Diámetro característico del lecho (m).

γ_s : Peso específico del suelo (T/m^3).

γ : Peso específico del agua (T/m^3).

Para la obtención del diámetro característico D del suelo erosionado puede emplearse el D_{84} que toma en cuenta el acorazamiento del lecho.

b.2.1.2) Método de Lischtvan - Levediev

El método propuesto por Lischtvan-Levediev es el más usado en nuestro país para el cálculo de la socavación general incluyendo el efecto de la contracción de un puente. Se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente (Vr) y la velocidad media erosiva (Ve). La velocidad erosiva no es la que da inicio al movimiento de las partículas en suelos sueltos, sino la velocidad mínima que mantiene un movimiento generalizado del material del fondo. Si el suelo es cohesivo, es la velocidad que es capaz de levantar y poner el sedimento en suspensión. La velocidad erosiva está en función de las características del sedimento de fondo y de la profundidad del agua. La velocidad real está dada principalmente en función de las características del río: pendiente, rugosidad y tirante o profundidad del agua.

El método se basa en suponer que el caudal unitario correspondiente a cada franja elemental en que se divide el cauce natural (Figura Nº 07) permanece constante durante el proceso erosivo y puede aplicarse, con los debidos ajustes, para casos de cauces definidos o no, materiales de fondo cohesivos o friccionantes y para condiciones de distribución de los materiales del fondo del cauce homogénea o heterogénea.

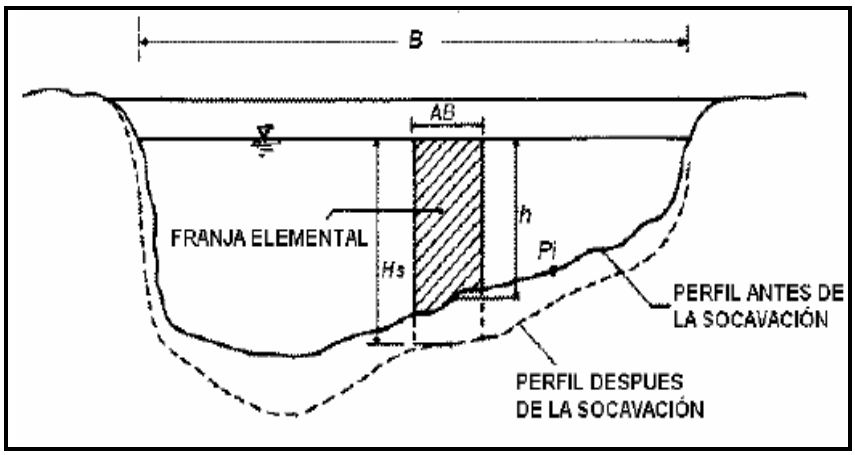


FIGURA Nº 07: Sección transversal del cauce

(Fuente: Juarez Badillo E. y Rico Rodríguez A. (1992)).

a) Para suelos granulares

Se tiene la siguiente ecuación:

$$H_S = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta D_m^{0.28}} \right]^{1/1+z} \quad (65)$$

La expresión anterior no considera el efecto de la contracción del flujo debida a la presencia de estribos y pilares, ni el peso específico del agua durante la creciente, por lo que debe corregirse mediante unos factores de ajuste cuando se trata de evaluar un puente.

El factor de corrección por contracción μ es menor que 1 y contribuye al incremento de la profundidad de socavación.

En la siguiente tabla se muestra el factor de corrección por contracción del cauce μ.

TABLA Nº 13: Factor de corrección por contracción del cauce μ

V (m/s)	Luz libre (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
<1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
>4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

(FUENTE: Juárez Badillo E. y rico Rodríguez A., 1992)

V : Velocidad media en la sección transversal.

μ : 1.0, si no hay obstáculos.

Para puentes de una sola luz, la luz libre es la distancia entre estribos. Para puentes de varios tramos, la luz libre es la mínima distancia entre dos pilares consecutivos, o entre el pilar y estribo más próximos.

Adicionalmente, el efecto del peso específico del agua durante la creciente se considera en otro factor de corrección φ que es mayor o igual que la unidad y su efecto es reducir la profundidad de socavación.

$\varphi = 1.0$, si $\gamma_m = 1.0$ T/m^3 (agua clara)

γ_m : Peso específico de la muestra agua sedimento.

$\varphi = -0.54 + 1.5143\gamma_m$, si $\gamma_m > 1.0$ T/m^3 (Lecho móvil)

(Coeficiente de correlación o de ajuste = 0.9983, (Higuera C. y Pérez G., 1989).)

La ecuación final para el cálculo de la socavación considerando los coeficientes de corrección por contracción y peso específico de agua, es la siguiente:

$$H_S = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta \mu \varphi D_m^{0.28}} \right]^{\frac{1}{1+z}} \qquad (66)$$

Donde:

$H_s - h$: Profundidad de socavación (m)

h : Tirante de agua (m)

D_m : Diámetro característico del lecho (mm)

β : Coeficiente de frecuencia.

μ : Factor de corrección por contracción del cauce.

φ : Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.

b) Para suelos cohesivos

Considerando los coeficientes de corrección por contracción y peso específico del agua durante crecientes, se tiene:

$$H_S = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.60 \beta \mu \varphi \gamma_s^{1.18}} \right]^{\frac{1}{1+x}} \qquad (67)$$

Donde:

$H_s - h$: Profundidad de socavación (m)

h : Tirante de agua (m)

γ_s : Peso específico del sedimento del lecho (T/m^3)

β : Coeficiente de frecuencia.

μ : Factor de corrección por contracción del cauce.

φ : Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.

b.2.1.3) Método de Straub

La siguiente expresión se usa para tener un estimativo del posible descenso que sufrirá el fondo del cauce debido a una reducción en su sección transversal.

$$H_S = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{0.642} h_1 \qquad (68)$$

Donde:

$H_s - h_1$: Profundidad de socavación (m)

B_1 : Ancho de la superficie libre del cauce aguas arriba de la contracción (m)

B_2 : Ancho de la superficie libre del cauce en la contracción (m)

h_1 : Tirante de agua hacia aguas arriba de la contracción (m)

b.2.1.4) Método de Laursen

Considera los casos de socavación en lecho móvil o en agua clara. Es el método mas usado en los Estados Unidos de América, (HEC-18, 1993, 1995).

- **Cálculo de la socavación por contracción en lecho móvil**

Se usa una versión modificada de la ecuación de Laursen de 1960 (HEC 18, 1993, 1995 y Laursen E. M., 1960). La ecuación asume

que el material del lecho es transportado en la sección aguas arriba del puente.

$$\frac{H_S}{h_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{\frac{6}{7}} \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{k_1} \quad (69)$$

Donde:

$H_s - h_2$: Profundidad media de socavación por contracción (m)

H_s : Profundidad media del flujo en el cauce en la sección contraída del puente después de la socavación (m)

h_1 : Profundidad media del flujo en el cauce principal y laderas que transportan sedimentos aguas arriba del puente (m)

h_2 : Profundidad media del flujo en la sección contraída del puente antes de la socavación. Puede usarse h_1 en cauces arenosos con lecho móvil, caso en el que el hoyo dejado por la socavación es rellenado con sedimentos (m).

Q_1 : Caudal en la sección aguas arriba del cauce principal y laderas que transportan sedimentos. No incluye flujo sobre las laderas del río con agua clara (m^3/s).

Q_2 : Caudal en la sección contraída del puente y laderas que transportan sedimentos. No incluye flujo sobre las laderas del río con agua clara (m^3/s)

B_1 : Ancho del cauce principal y laderas en la sección aguas arriba que transportan sedimentos (m)

B_2 : Ancho neto del cauce principal y laderas que transportan sedimentos en la sección contraída sustrayendo el ancho de las pilas (m)

k_1 : Exponente en función del modo de transporte de sedimento, de la velocidad de corte aguas arriba del puente y de la velocidad de caída del material del lecho.

TABLA Nº 14: Valores del coeficiente K_1

V_*/w	k_1	Modo de transporte del sedimento de lecho
< 0.50	0.59	Mucho del material en contacto con el lecho
0.50 a 2.0	0.64	Algo de material de lecho suspendido
> 2.0	0.69	Mucho material del lecho suspendido

(FUENTE: HEC-18., 1993)

La velocidad de corte se expresa como sigue:

$$V_* = \sqrt{gh_1 S_1} \qquad (70)$$

Donde:

V_* : Velocidad de corte en el cauce principal o ladera en la sección aguas arriba (m/s)

w : Velocidad de caída para D_{50} según la Figura Nº 08 (m/s)

g : Aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2)

S_1 : Gradiente hidráulico en la sección aguas arriba del puente (m/m)

D_{50} : Diámetro de la partícula de lecho en una mezcla cuyo 50% es menor (m)

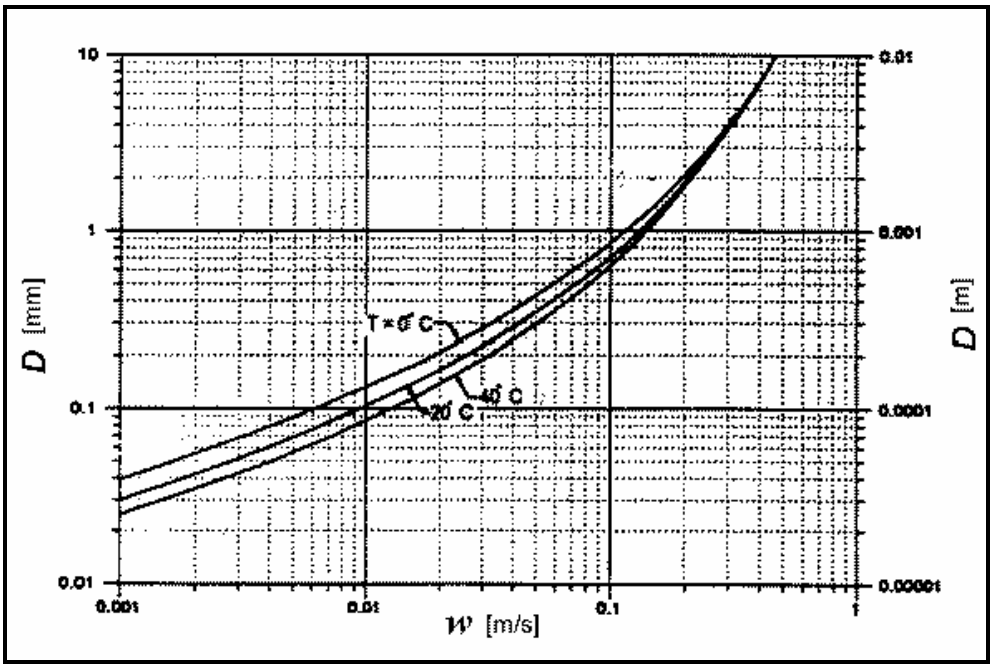


FIGURA Nº 08: Velocidad de caída (w) para partículas de arena.
(Fuente: HEC – 18., 1993).

- **Cálculo de la socavación por contracción en agua clara**

Se usa la siguiente ecuación dada por Laursen.

$$H_S = \left(\frac{0.025 Q_2^2}{D_m^{2/3} B_2^2} \right)^{\frac{3}{7}} \qquad (71)$$

La ecuación anterior es una simplificación de la siguiente ecuación también sugerida por Laursen:

$$H_S = \left(\frac{n^2 Q^2}{K_s (G_s - 1) D_m W^2} \right)^{\frac{3}{7}} \qquad (72)$$

Donde:

K_s : Parámetro de Shields igual a 0.039

G_s : Gravedad específica del material del lecho igual a 2.65

n : Coeficiente de rugosidad de Manning igual a 0.041 $D_m^{1/6}$

$H_s - h_2$: Profundidad media de socavación por contracción (m)

H_s : Profundidad media del flujo en el cauce en la sección contraída del puente después de la socavación (m)

h_2 : Profundidad existente en la sección contraída del puente antes de la socavación (m)

Q_2 : Caudal a través del puente o en las laderas sin transporte de sedimentos (m^3/s)

D_m : Diámetro medio efectivo del material mas pequeño del lecho o en la zona de inundación que no es transportado por el flujo. Si no se tienen datos precisos, $D_m=1.25D_{50}$ en (m)

B_2 : Ancho efectivo del cauce en el puente descontando el ancho de los pilares (m)

b.2.2) Socavación local

En este ítem se describirán algunos métodos para la estimación de la profundidad de socavación local que se produce en las zonas de los pilares como en los estribos del puente.

b.2.2.1) Estimación de la socavación local en pilares

Existen varios métodos para el cálculo de la socavación local alrededor de pilares, pero a la fecha no existe ninguna solución rigurosa ni exacta. La mayoría de las ecuaciones son aplicables para cauces aluviales y no consideran la posibilidad de que materiales más gruesos y de mayor peso, presentes en el lecho, acoracen el hoyo que se produce por la socavación, lo que limitaría su profundidad. En 1965, Breusers propuso que la profundidad de socavación era de 1.4 veces el ancho del pilar. Recientemente, otros investigadores como B. W. Melville, Sutherland y Chang, han reportado que la socavación local máxima es aproximadamente 2.4 veces el ancho del pilar para el caso de pilares circulares. En los estudios hechos, el número de Froude fue menor que 1.0.

Otras formas de pilares diferentes a la circular pueden disminuir este valor o la presencia de desechos puede incrementarlo. El valor de la relación profundidad de socavación al ancho de la pilar (ds/a) puede llegar a 3.0 para números de Froude altos. En conclusión, se sugiere preliminarmente para pilares con punta circular alineadas con el flujo que la constante sea tomada igual a 2.4 para números de Froude menores que 0.8 y a 3.0 para números de Froude mayores que 3.0.

Dentro de los muchos métodos que existen para estimar la profundidad de socavación local en pilares de puentes, se han seleccionado algunos, con la finalidad de ilustrar la gran variedad existente y cuáles son los parámetros involucrados: Laursen y Toch (1953, 1956); adaptación de Neill (1964) al método de Laursen y Toch; Larras (1963); Neill (1964); Arunachalam (1965, 1967); Carsten (1966); Maza Sánchez (1968); Breusers, Nicollet y Shen (1977); Universidad Estatal de Colorado (CSU); y Melville y Sutherland (1988), Froehlich (1991). Entre otros métodos de cálculo reportados en la bibliografía especializada están: Shen, Jain y Fischer, Inglis-Poona, Chitale y Yaroslavtziev.

Para mas detalles, consultar: Breusers, H. N. C., Nicollet, G. y Shen, H. W. 1977; Higuera, C. H. y Pérez G. (1989); M. E. Guevara, A., 1998.

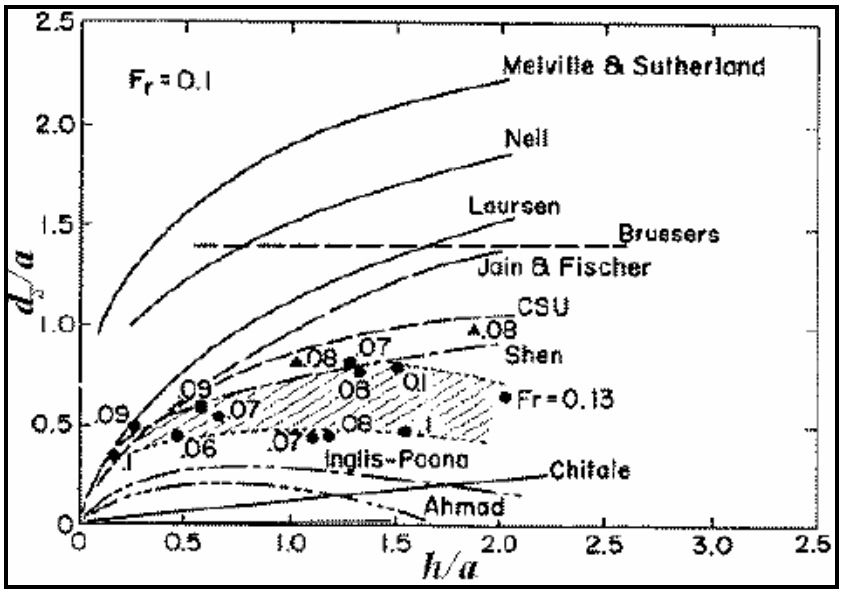


FIGURA Nº 09: Comparación de ecuaciones para el cálculo de la socavación local con socavaciones medidas en campo según Jones.

(Fuente: HEC – 18., 1993).

Cabe anotar que el método desarrollado por la Universidad Estatal de Colorado (CSU) da valores intermedios con relación a otras ecuaciones, tal como se ilustra en la Figura Nº 09 que presenta resultados obtenidos aplicando diferentes fórmulas y algunos obtenidos de mediciones de campo, (HEC 18, 1993).

b.2.2.1.1) Método de Laursen y Toch (1953,1956)

Este método fue desarrollado en el Instituto de Hidráulica de Iowa y fue confirmado con algunas mediciones en el río Skunk realizadas por P. G. Hubbard, del mismo laboratorio en la década del cincuenta. Se desarrolló bajo condiciones de transporte continuo de sedimentos, (Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., 1992). El método es aplicable para suelos arenosos, no está claro si se puede aplicar para gravas, pero definitivamente no es válido para el caso de boleos.

Laursen y Toch realizaron sus investigaciones observando la máxima socavación que se puede presentar para un tirante dado de la corriente. Ellos observaron que la máxima profundidad de socavación era independiente de la velocidad del flujo pues la socavación no

progresaba al mantener fijo el tirante y aumentar considerablemente la velocidad de la corriente. Este argumento resulta al suponer que un cambio en la velocidad del flujo y en el tamaño de los sedimentos produce un cambio proporcional en el cortante límite, y en la capacidad de transporte de sedimentos en la zona donde se produce la socavación, considerando constantes la profundidad del flujo y la profundidad de socavación. Su mayor interés era la socavación máxima y no dan ningún criterio para el caso de que no exista arrastre en el fondo.

Los resultados fueron presentados en forma gráfica y se resumen en las siguientes ecuaciones.

- **Caso del flujo de agua paralelo al eje mayor del pilar**

$$y_s = K_f K_g a \qquad (73)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación local medida a partir del fondo de cauce (m)

K_f : Coeficiente que depende de la forma de la nariz del pilar (Figura Nº 10)

K_g : Coeficiente que depende de la relación H_s / a (Figura Nº 11)

H_s : Profundidad de agua después de producida la socavación por contracción (m)

a : Ancho del pilar (m)

FORMA DE LA NARIZ	COEFICIENTE *Kf* DE SCHNEIBLE
RECTANGULAR $l/a = 4$	1.00
SEMICIRCULAR	0.90
ELIPTICA $\frac{P}{r}=\frac{2}{1}$	0.81
ELIPTICA $\frac{P}{r}=\frac{3}{1}$	0.75
LENTICULAR $\frac{P}{r}=\frac{2}{1}$	0.81
LENTICULAR $\frac{P}{r}=\frac{3}{1}$	0.69

FORMA DE LA NARIZ	SEGÚN TISON
BISELADA $l/a = 4$	0.78
PERFIL HIDRODINAMICO $l/a = 4$	0.75

FIGURA Nº 10: Coeficiente K_f. Método de Laursen y Toch.

(Fuente: Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., 1992).

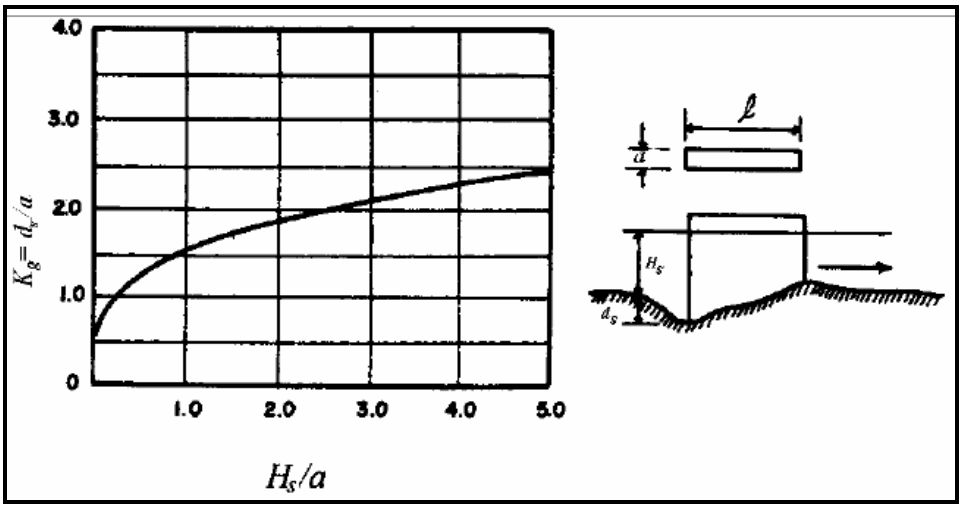


FIGURA Nº 11: Coeficiente K_g. Método de Laursen y Toch.

(Fuente: Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., 1992).

- **Caso de flujo de agua con ángulo de ataque al eje de mayor dimensión del pilar**

$$y_s = K_g K_\phi a \quad (74)$$

Donde:

K_ϕ : Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo y de la geometría del pilar (Figura Nº 12)

En este caso la profundidad de socavación no depende de la forma del pilar

R. Ettema (1990) plantea que las curvas de la Figura Nº 12 sugeridas por Laursen y Toch en 1956, presentan una inconsistencia asociada con los ángulos de ataque de 0° y 90°, puesto que c onsidera que el efecto del coeficiente K_Φ debe ser el mismo si se toma un ángulo de ataque de 90° y el ancho del pilar, o si se conside ra un ángulo de 0° y el largo del pilar. Lo único claro es que las investigaciones fueron hechas tomando en cuenta el ancho del pilar y así debe usarse el gráfico. También, critica el hecho de que los coeficientes de corrección por forma del pilar y por ángulo de ataque se usen en forma combinada cuando fueron resultado de experiencias independientes.

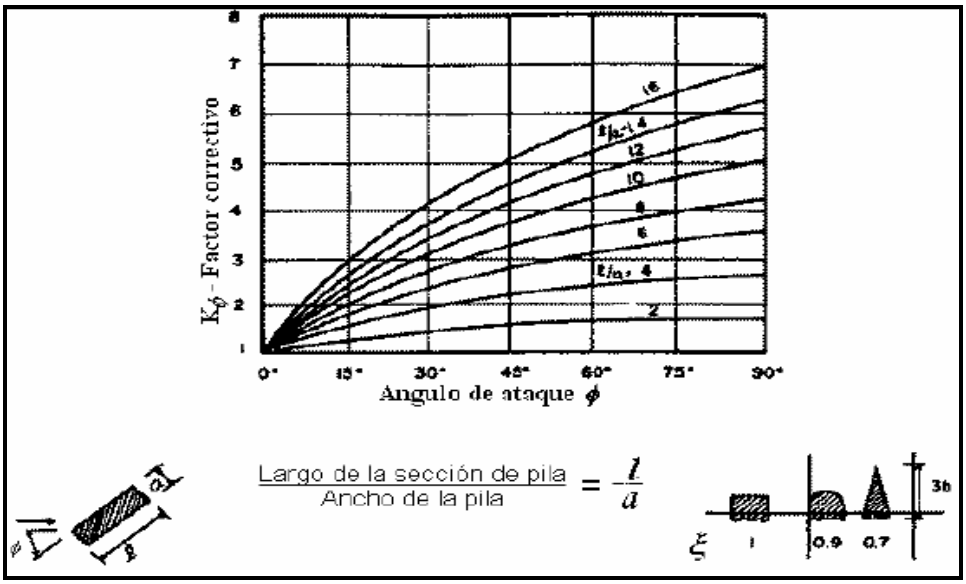


FIGURA Nº 12: Coeficiente K_ϕ. Métodos de Laursen y Toch, Breusers, Nicollet y Shen, y Melville y Sutherland.
(Fuente: Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., 1992).

b.2.2.1.3) Método de Neill (1964)

La ecuación resultante del ajuste de datos experimentales obtenidos por Laursen y Toch para socavación en pilares circulares y rectangulares, fue expresada por Neill en la siguiente forma, (Breusers, H. N. C., Nicollet, G. y Shen, H. W., 1977):

$$y_s = 1.5(a')^{0.7} h^{0.3} \qquad (75)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación medida a partir del fondo de cauce (m)

a' : Ancho proyectado del pilar (m)

h : Profundidad del flujo aguas arriba del pilar (m)

Se considera que esta ecuación proporciona la máxima profundidad de socavación que se espera para cualquier velocidad.

Para pilares de nariz redondeada, el coeficiente puede ser 1.2 en vez de 1.5 en la ecuación anterior.

b.2.2.1.4) Método de Larras (1963)

Larras propone una ecuación teórica – práctica deducida a partir de mediciones llevadas a cabo en varios puentes, después de haberse producido la avenida. Larras se concentró en la máxima profundidad de socavación para condiciones próximas a la velocidad crítica del movimiento de sedimentos.

$$y_s = 1.05 K a^{0.75} \quad (76)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación medida a partir del fondo de cauce (m)

a : Ancho del pilar (m)

$K = K_f K_\phi$

Luego:

$$y_s = 1.05 K_f K_\phi a^{0.75} \quad (77)$$

Donde:

K_f : Factor de corrección por forma del pilar (Tabla Nº 15)

K_ϕ : Factor de corrección por el ángulo de ataque de la corriente (Tabla Nº 16)

En forma aproximada K = 1.0 para pilares cilíndricos y K= 1.4 para pilares rectangulares.

TABLA Nº 15: Factor de corrección K_f por forma del pilar. Métodos de Larras y Melville y Sutherland

en planta	Largo/ancho de la pila	K_f				
		Chatou	Iowa	Tison	Escande	Venkatadri
Circular	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	
Lenticular	2.0		0.97			
	3.0		0.76			
	4.0	0.73		0.67		
	7.0			0.41		
Perfil hidrodinámico o Joukowski	4.0	0.86				
	4.1			0.76		
	4.5				0.76	
Elíptica	2.0		0.91			
	3.0		0.83			
Ojival	4.0	0.92		0.86		
Circular doble	4.0	0.95				
Oblonga	1.0		1.00			
	1.5		1.00			
	2.0		1.00			
	3.0		1.00			
	4.0	1.03		1.00		
Rectangular chaflanada	4.0			1.01		
Rectangular	0.25		1.30			
	4.0			1.40		
	4.5				1.25	
	5.3			1.40		
	9.3			1.40		
Nariz triangular a 60°						0.75
Nariz triangular a 90°						1.25
Nariz parabólica						0.56

(Fuente: Higuera C. y Pérez G., 1989 y Melville B. W., 1988)

TABLA Nº 16: Factor de corrección K_ϕ por ángulo de ataque del flujo. Método de Larras

Forma de la pila en planta	Largo/ancho de la pila	K_ϕ					
		0°	10°	15°	20°	30°	45°
	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lenticular	2.0	0.91				1.13	
	3.0	0.76	0.98	1.02	1.24		
	4.0	0.76		1.12		1.50	2.02
Perfil hidrodinámico	4.0	0.86		1.09		1.40	1.97
	4.5					1.36	
Elíptica	2.0	0.91				1.13	
	3.0	0.83	0.98	1.06	1.24		
Ojival	4.0	0.92		1.18		1.51	
Oblonga	2.0	1.00				1.17	
	3.0	1.00	1.02	1.13	1.24		
	4.0	1.00		1.15		1.52	
	4.5					1.60	
Rectangular	2.0	1.11		1.38		1.56	1.65
	4.0	1.11		1.72		2.17	2.43
	4.0(x)	1.11		1.99		2.94	3.28
	4.5					2.09	
	6.0	1.11		2.20		2.69	3.05
	8.0	1.11		2.23		3.03	3.64
	10.0	1.11		2.48		3.43	4.16

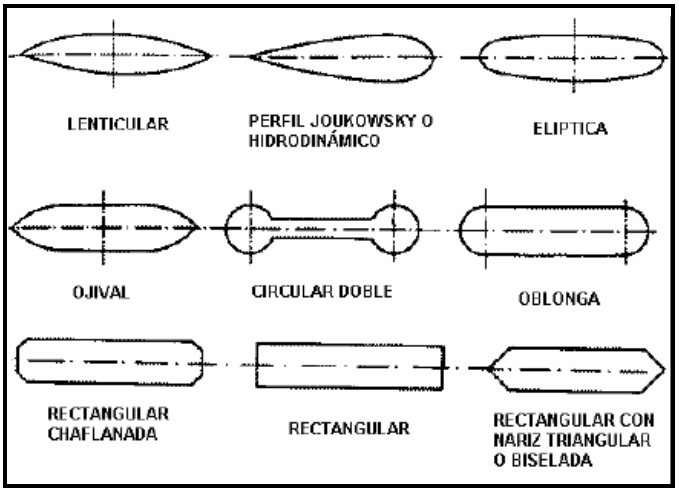


FIGURA Nº 13: Formas usuales de pilares. Método de Larras.
(Fuente: Higuera C. y Pérez G., 1989).

b.2.2.1.5) Método de Arunachalam (1965, 1967)

Arunachalam realizó una modificación de la ecuación de Englis – Poona (1948) y propuso la siguiente expresión, (Breusers, H. N. C., Nicollet, G. y Shen, H. W., 1977):

$$y_s = 1.334 q^{2/3} \left[1.95 \left(\frac{1.334 q^{2/3}}{a} \right)^{-1/6} - 1 \right] \quad (78)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación (m)

q : Caudal unitario aguas arriba del puente (m^3/s-m)

a : Ancho del pilar (m)

b.2.2.1.6) Método de Carsten (1966)

Carsten propuso la siguiente expresión para condiciones de socavación en lecho móvil, (Shen H. W., Schneider V. R., 1969):

$$y_s = 0.546 a \left(\frac{N_s - 1.25}{N_s - 5.02} \right)^{\frac{5}{6}} \quad (79)$$

$$N_s = \frac{V}{\sqrt{\Delta g D}} \quad (80)$$

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \quad (81)$$

Donde:

N_s : Número del sedimento

Δ : Peso específico relativo cuyo valor para cuarzos es 1.65

D : Tamaño del sedimento

a : Ancho del pilar (m)

La ecuación puede usarse en cualquier sistema de unidades compatibles y es de las pocas que involucra el efecto del tamaño del sedimento.

b.2.2.1.7) Método de Maza-Sánchez (1968)

Es un método aplicable para lechos cubiertos por arena y grava. El método se basa en el uso de curvas elaboradas a partir de resultados experimentales de laboratorio efectuadas en la División de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en México. Las curvas se obtuvieron experimentando con materiales entre 0.17 mm y 0.56 mm de diámetro. La socavación obtenida a partir de estas curvas para partículas con diámetro medio de 1.3 mm es mayor a la obtenida experimentalmente.

Los parámetros que intervienen en el método son: profundidad de flujo, ancho del pilar, número de Froude y el ángulo de ataque del flujo sobre la estructura. El diámetro de las partículas no se toma en cuenta. A continuación se detalla los pasos a seguir mediante este método.

- Cálculo del cuadrado del número de Froude de la corriente, Fr^2

$$F_r^2 = \frac{V^2}{gH_s} \qquad (82)$$

Donde:

H_s : Profundidad del agua hacia aguas arriba del pilar antes de la socavación local

V : Velocidad media de la corriente frente al pilar

$$V_r = \frac{\alpha h^{5/3}}{H_s} \qquad (83)$$

- Evaluación del factor de corrección f_c que considera el ángulo de ataque de la corriente

TABLA Nº 17: Factor de corrección f_c. Método de Maza-Sánchez

ϕ	0°	15°	30°	45°
f_c	1.0	1.25	1.40	1.45

Si el pilar se encuentra sesgado con respecto al flujo y $Fr^2<0.06$, $f_c=1.0$.

Si el pilar se encuentra sesgado con respecto al flujo y $Fr^2\geq0.06$, se trabaja con la siguiente expresión:

$$F_r^2 = f_c \frac{V^2}{gH_s} \quad (84)$$

- Cálculo de la relación H_s/a'

a' : Ancho del pilar proyectado sobre un plano normal a la dirección de la corriente

- Selección de la curva a usar dependiendo de la forma del pilar, (Figura Nº 14, Figura Nº 15 o Figura Nº 16)
- Cálculo de la profundidad de socavación

Con el número de Froude corregido según sea el caso, se ingresa en las abscisas de la gráfica respectiva hasta interpolar la curva de H_s/a' y se lee en las ordenadas el valor de H_T/a' del cual se despeja el valor de y_s.

$$y_s = H_T - H_S \quad (85)$$

Donde:

H_T : Profundidad de la sección socavada desde el nivel de la superficie del flujo

y_s : Profundidad de socavación medida desde el fondo de cauce.

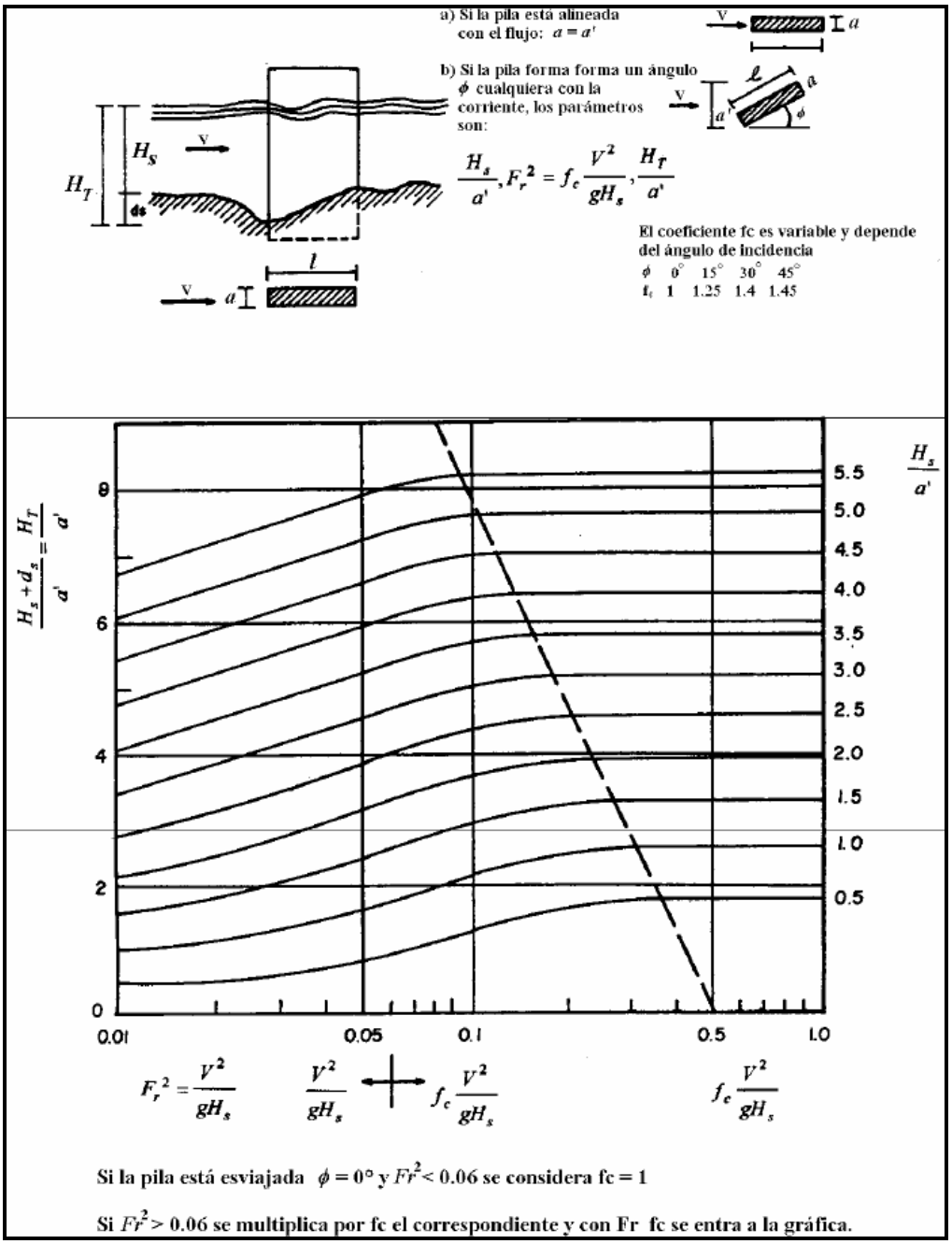


FIGURA Nº 14: Cálculo de la socavación local en un pilar rectangular.

(Fuente: Maza Alvarez, J. A., 1987).

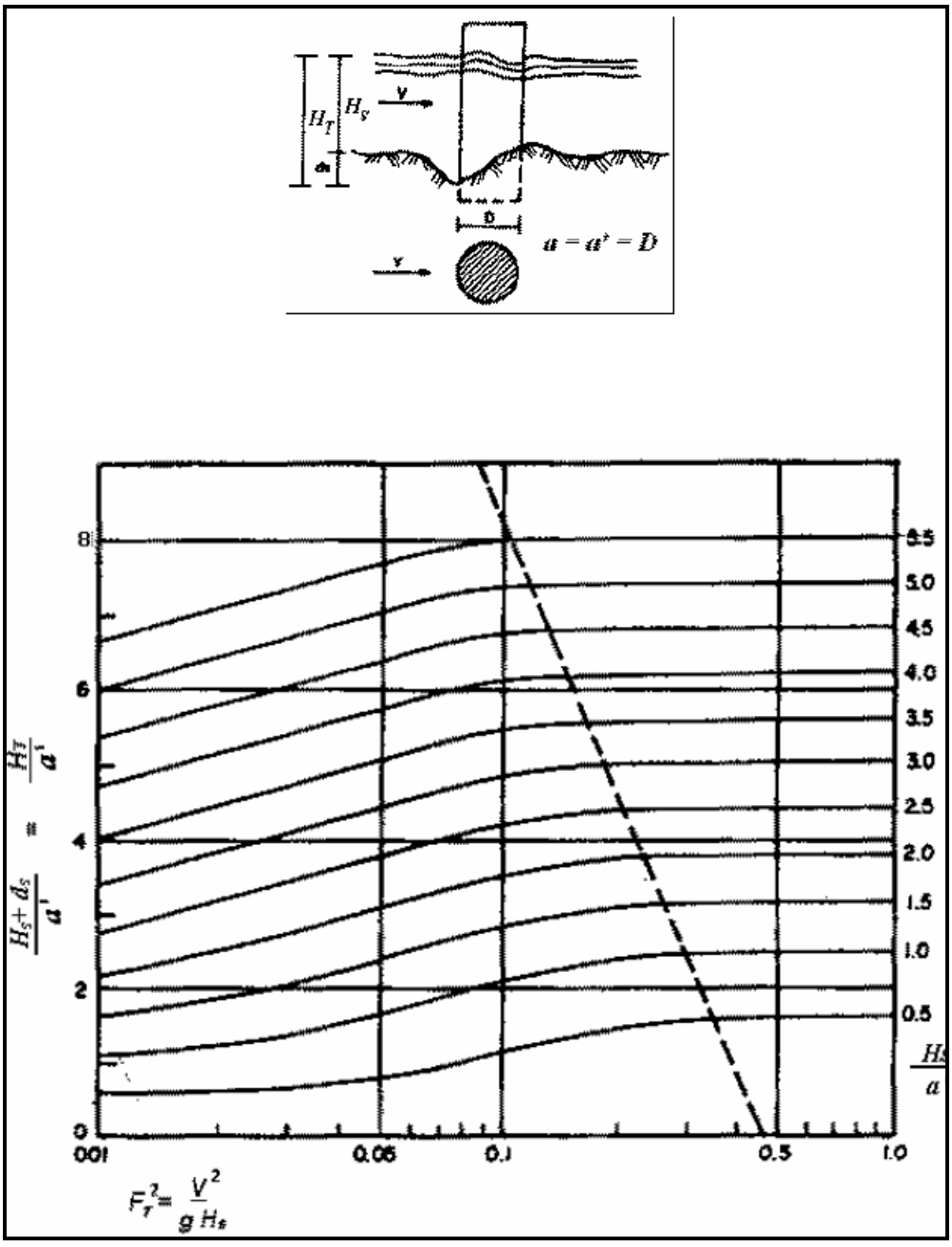


FIGURA Nº 15: Cálculo de la socavación local para un pilar circular.

(Fuente: Maza Alvarez, J. A., 1987).

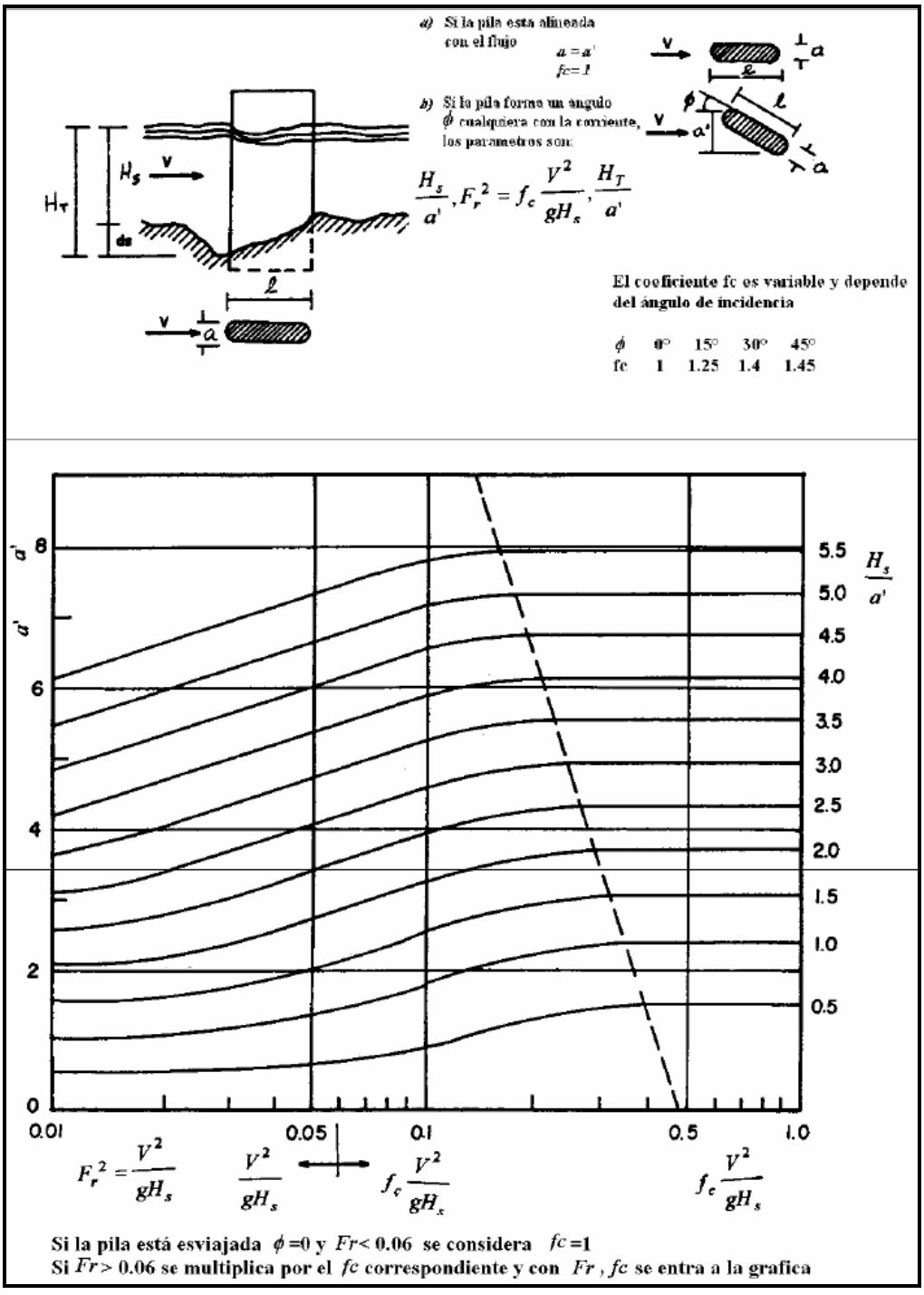


FIGURA Nº 16: Cálculo de la socavación local para un pilar de sección elongada.

(Fuente: Maza Alvarez, J. A., 1987).

b.2.2.1.8) Método de Breusers, Nicollet y Shen (1977)

H. N. C. Breusers, en 1965, propone una sencilla ecuación basada en estudios con varillas de sondeo en corrientes, en la que la profundidad de socavación depende únicamente del ancho del pilar.

$$y_s = 1.4a \tag{86}$$

Donde:

y_s : Profundidad máxima de socavación medida desde el nivel medio del lecho (m)

a : Diámetro del pilar circular (m)

En la década de los setenta Breusers, Nicollet y Shen propusieron lo siguiente, (H. N. C. Breusers, 1984)

$$y_s = af_1\left(\frac{V}{V_c}\right).f_2\left(\frac{h}{a}\right).f_3(forma).f_4\left(\phi\frac{l}{a}\right) \tag{87}$$

Donde:

y_s : Profundidad máxima de socavación medida desde el nivel medio del lecho

a : Ancho del pilar

V : Velocidad media del flujo

V_c : Velocidad crítica para inicio del movimiento de partículas de fondo

h : Profundidad del agua

ϕ : Ángulo de ataque

l : Longitud del pilar

f_1, f_2, f_3 y f_4 son coeficientes en función de:

- $f_1\left(\frac{V}{V_c}\right) = 0$, para $\frac{V}{V_c} \le 0.5$

$$f_1\left(\frac{V}{V_c}\right) = 2\left(\frac{V}{V_c} - 0.5\right), \text{ para } 0.5 \le \frac{V}{V_c} \le 1.0$$

$$f_1\left(\frac{V}{V_c}\right) = 1.0, \text{ para } \frac{V}{V_c} \ge 1.0$$

La condición más común es esta última, cuando $\frac{V}{V_c} \ge 1.0$.

- $f_2\left(\frac{h}{a}\right) = 2.0 \tanh\left(\frac{h}{a}\right)$, para valores altos de h/a, f_2 tiende a 2.0.

- $f_3(forma)$: 1.00 para pilares circulares o de nariz circular, 0.75 para pilares de forma hidrodinámica y 1.30 para pilares rectangulares.

- $f_4\left(\phi\frac{l}{a}\right)$, se obtiene de la Figura Nº 12.

b.2.2.1.9) Método de Melville y Sutherland (1988)

El método fue desarrollado en la Universidad de Auckland (Nueva Zelanda) y está basado en curvas envolventes a datos experimentales obtenidos en su mayoría de ensayos de laboratorio. Según R. Ettema (1990), el método propuesto por B. W. Melville para profundidades de socavación de equilibrio en pilares, resulta mejor que otros métodos recomendados en algunas guías para diseño de los Estados Unidos de América, ya que toma en cuenta la influencia de parámetros como caudal, sedimentos del lecho y condiciones del pilar, en la obtención de la socavación.

Sin embargo, R. Ettema, también argumenta que por tratar de considerar los efectos más significativos sin un reconocimiento adecuado de las incertidumbres sobre las condiciones bajo las cuales la socavación se presenta, el método puede llegar a ser en algunos casos muy conservador. Estima también, que el método adolece de problemas relacionados con el uso conjunto de los factores de corrección por ángulo de ataque y por la forma del pilar y

por la manera como se considera el efecto de la velocidad del flujo y del tamaño de los sedimentos. R. Ettema se inclina por usar la expresión simplificada ys = 2.4a.

La estimación de la profundidad de socavación según el método propuesto por B. W. Melville (1988), está basada en la máxima que es posible obtener en un pilar de forma cilíndrica, la cual es 2.4 veces su ancho. De acuerdo con el método, esta profundidad máxima se reduce afectándola por ciertos factores que consideran condiciones de agua clara, posibilidad de acorazamiento, profundidades pequeñas del agua, tamaño del sedimento, forma y alineamiento del pilar.

$$y_s = aK_iK_hK_DK_\sigma K_fK_\phi \qquad (88)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación local

a : Ancho del pilar

K_i : Factor de corrección por intensidad del flujo

K_h : Factor de corrección por profundidad del flujo

K_D : Factor de corrección por tamaño del sedimento

K_σ : Factor de corrección por gradación del sedimento

K_f : Factor de corrección por forma del pilar

K_ϕ : Factor de corrección ángulo de ataque del flujo

Donde:

$K_D = 1.0$, si $a/D_{50} > 25$ (89)

$K_D = 0.57\log(2.24\,a/D_{50})$, si $a/D_{50} < 25$ (90)

$K_h = 1.0$, si $h/a > 2.6$ (91)

$K_h = 0.78\,(h/a)^{0.255}$, si $h/a < 2.6$ (92)

$K_\Phi = K_f = 1.0$ para pilares con formas cilíndricas

$K_\sigma = 1.0$, según recomendación del autor del método hasta que no se tengan mejores investigaciones.

El método se presenta en la Figura Nº 17 y requiere de los siguientes parámetros:

V : Velocidad de flujo

h : Profundidad de flujo

σ_g : Desviación estándar de los sedimentos (Ecuación 96)

D : Diámetro de la partícula de sedimento

V_c : Velocidad crítica

V_a : Velocidad de acorazamiento

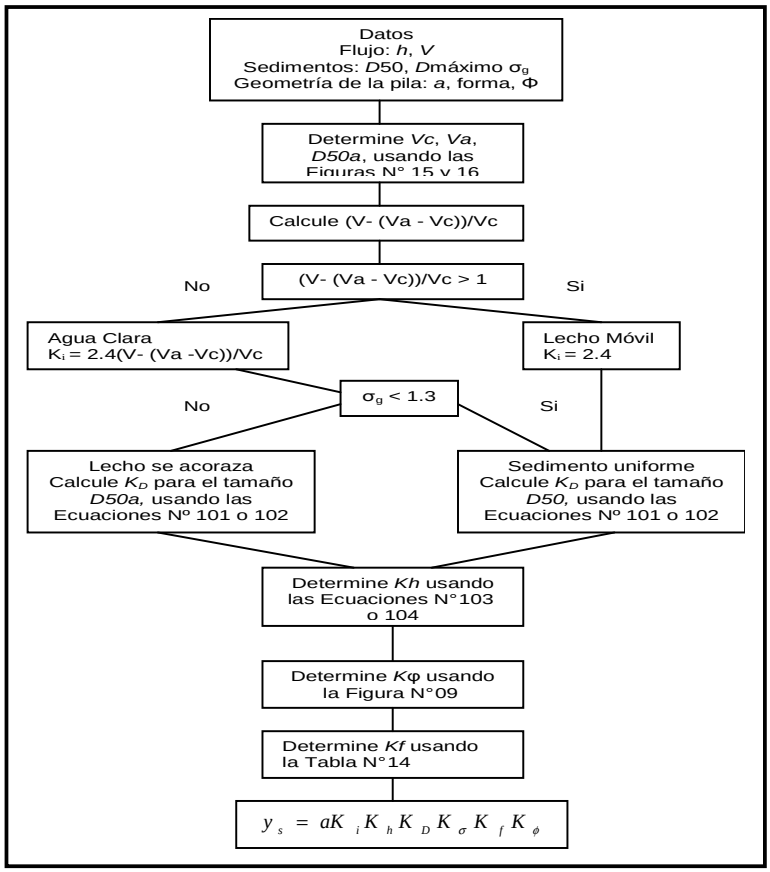


FIGURA Nº 17: Diagrama de flujo para determinar la profundidad de socavación local.
(Fuente: Melville, B. W., 1988).

A continuación en la Figura Nº 18, se muestra un diagrama de flujo que permite establecer la velocidad de acorazamiento, tal como lo propone B. W. Melville en su método para calcular la socavación local en pilares.

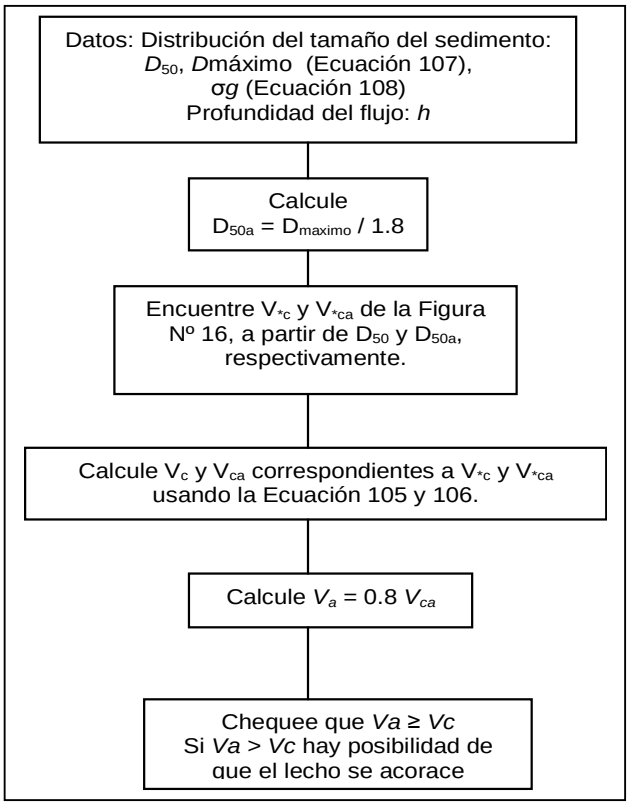


FIGURA Nº 18: Diagrama de flujo para determinar la velocidad límite de acorazamiento V_a .
(Fuente: Melville, B. W., 1988).

Además:

$$V_c = 5.75 V_{*c} \log\left(5.53 \frac{h}{D_{50}}\right) \qquad (93)$$

$$V_* = \sqrt{gRS} \qquad (94)$$

Donde:

D_{50} : Diámetro 50 del material del lecho.

D_{50a} : Diámetro 50 del lecho acorazado

$D_{máximo}$: Tamaño representativo máximo del sedimento.

$$D_{máximo} = \sigma_g^m D_{50} \quad (95)$$

$$\sigma_g = \frac{D_{84}}{D_{50}} \quad (96)$$

m es un exponente que es función del $D_{máximo}$ escogido de la Tabla Nº 18

TABLA Nº 18: Valor de $D_{máximo}$

Valor de $D_{máximo}$ asumido	m
D_{90}	1.28
D_{95}	1.65
D_{98}	2.06
D_{99}	2.34

Fuente: Melville, B. W., 1988.

V_{*c} : Velocidad cortante crítica correspondiente a D_{50}

V_{*ca} : Velocidad cortante crítica de acorazamiento a D_{50a}

V_c : Velocidad crítica correspondiente a V_{*c}

V_{ca} : Velocidad crítica de acorazamiento correspondiente a V_{*ca}

V_a : Velocidad crítica de acorazamiento

La Va calculada debe ser mayor que Vc para que haya la posibilidad de acorazamiento. En caso de que Va < Vc, la solución simple está en asumir que Va = Vc y que el material del lecho se comporta como si fuera uniforme y que por lo tanto no se acoraza.

b.2.2.1.10) Método de Froehlich (1991)

Una ecuación desarrollada por el Dr. David Froehlich es usada por el programa HEC-RAS (1998) como una alternativa a la ecuación de la Universidad Estatal de Colorado (CSU).

$$y_s = 0.32 K_f (a')^{0.62} h^{0.47} F_r^{0.22} D_{50}^{-0.09} + a \quad (97)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación local (m)

K_f : Factor de corrección por forma del pilar. Tabla Nº 19.

a' : Ancho proyectado del pilar con relación al ángulo de ataque del flujo (m)

a : Ancho del pilar adicionado como un factor de seguridad (m)

h : Profundidad de flujo aguas arriba del pilar (m)

F_r : Numero de Froude en la sección aguas arriba del pilar

D_{50} : Diámetro de la partícula del lecho en una mezcla cuyo 50% es menor (m)

Para pilares con nariz de forma circular alineadas con el flujo, se tiene:

$y_s \leq 2.4a$, para $F_r \leq 0.8$

$y_s \leq 3.0a$, para $F_r > 0.8$

Si la profundidad de socavación se analiza para un caso particular, Froehlich sugiere que no se adicione el factor de seguridad “a” al final de la ecuación. El programa HEC-RAS siempre adiciona este factor de corrección.

TABLA Nº 19: Factor de corrección K_f

Forma de la pila	K_f
Punta cuadrada	1.3
Pila con punta circular	1.0
Pila con punta aguda o triangular	0.7

b.2.2.1.9) Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU)

Existe una ecuación desarrollada por la Universidad Estatal de Colorado (CSU) para el cálculo de la socavación local en pilares tanto en agua clara como en lecho móvil. Esta ecuación fue desarrollada con base en análisis dimensional de los parámetros que afectan la socavación y análisis de datos de laboratorio. Es el método

más usado en los Estados Unidos de América (HEC-18, 1993, 1995) y es una de las dos que usa el programa HEC-RAS (1998).

$$\frac{y_s}{h} = 2.0 K_f K_\phi K_c K_a \left(\frac{h}{a}\right)^{0.65} F_r^{0.43} \qquad (98)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación local (m).

h : Profundidad de flujo aguas arriba del pilar (m).

K_f : También denominado K_1 es el factor que toma en cuenta la forma del pilar. Tabla Nº 20.

K_ϕ : También denominado K_2 es el factor que toma en cuenta el ángulo de ataque del flujo. Tabla Nº 21 o ecuación (99).

K_c : También denominado K_3 es el factor que toma en cuenta la forma del lecho. Tabla Nº 22, usualmente igual a 1.10.

K_a : También denominado K_4 es el factor que toma el acorazamiento del sedimento del lecho (Ecuación (100) y Tabla Nº 23). Este factor fue introducido posteriormente en la versión corregida de HEC-18 (1993) publicada en 1995.

a : Ancho del pilar (m)

l : Longitud del pilar (m)

F_r : Número de Froude en la sección aguas arriba del pilar igual a $V / \sqrt{gh}$.

V : Velocidad media del flujo directamente aguas arriba del pilar

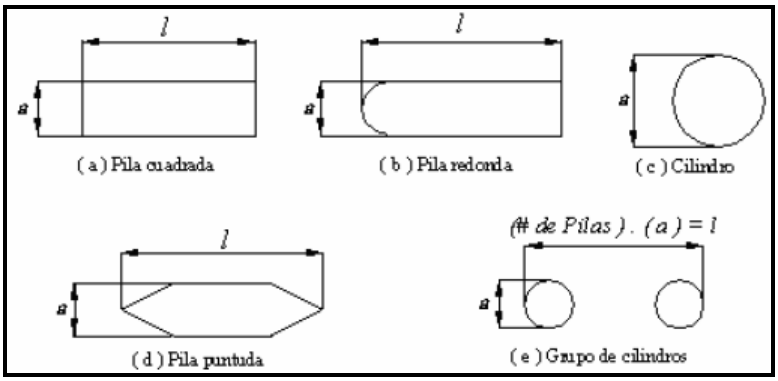


FIGURA Nº 19: Formas típicas de pilares de puentes.

(Fuente: HEC-18, 1993).

TABLA Nº 20: Factor de corrección por la forma del pilar K_f. Método de CSU

Forma de la pila	K_f
Nariz cuadrada	1.1
Nariz redonda	1.0
Cilíndrica	1.0
Punta aguda	0.9
Grupo de cilindros	1.0

(Fuente: HEC-18, 1993).

El factor de corrección Kf se determina usando la tabla anterior cuando el ángulo de ataque es menor que 5°. En otro caso, Kφ domina para ángulos mayores por lo que Kf debe ser tomado igual a 1.0. Kf debe usarse solamente cuando las condiciones del flujo influyen sobre toda la longitud de la pila pues el factor de corrección podría ser menor en otros casos.

TABLA Nº 21: Factor de corrección por el ángulo de ataque del flujo K_Φ. Método de CSU

Ángulo de ataque	$l/a = 4$	$l/a = 8$	$l/a = 12$
0°	1.0	1.00	1.0
15°	1.5	2.00	2.5
30°	2.0	2.75	3.5
45°	2.3	3.30	4.3
90°	2.5	3.90	5.0

(Fuente: HEC-18, 1993).

Si l/a es mayor que 12, se usan los valores correspondiente a $l/a = 12$ como máximos.

$$K_\phi = \left(\cos\phi + \frac{l}{a} sen\phi\right)^{0.65} \qquad (99)$$

TABLA Nº 22: Factor de corrección por la forma del lecho K_c. Método de CSU

Condición del lecho	Altura de la duna H [pies]	K_c
Socavación en agua clara	N/A	1.1
Lecho plano y antidunas	N/A	1.1
Dunas pequeñas	$2 < H < 10$	1.1
Dunas mediana	$10 < H < 30$	1.1 a 1.2
Dunas grandes	$H > 30$	1.3

(Fuente: HEC-18, 1993).

Se recomienda usar un valor de Kc igual a 1.1 considerando que el lecho tiende a ser plano durante crecientes.

El factor de corrección Ka disminuye la profundidad de socavación por acorazamiento del hoyo de socavación para materiales del lecho con D50 mayor o igual a 2 mm o D95 mayor o igual a 20 mm (D50 ≥ 0.002 m o D95 ≥ 0.02 m).

TABLA Nº 23: Criterios para adoptar K_a.

$D_{50} < 2$ mm o $D_{95} < 20$ mm	$K_a = 1.0$
$D_{50} \geq 2$ mm y $D_{95} \geq 20$ mm	$K_a = 0.4(V_R)^{0.15}$

(Fuente: HEC-18, 2001).

$$K_a = 0.4(V_R)^{0.15} \qquad (100)$$

$$V_R = \left[\frac{V_1 - V_{icD50}}{V_{cD50} - V_{icD95}}\right] > 0 \qquad (101)$$

$$V_{icDx} = 0.645\left(\frac{D_x}{a}\right)^{0.053} V_{cDx} \qquad (102)$$

Donde:

V_R : Relación de velocidad

V_1 : Velocidad de aproximación inmediatamente aguas arriba del pilar (m/s)

V_{icDx} : Velocidad de aproximación requerida para iniciar socavación en el pilar para el tamaño Dx de las partículas de sedimento (m/s)

V_{icD95} : Velocidad de aproximación requerida para iniciar socavación en el pilar para el tamaño D95 de las partículas de sedimento (m/s)

V_{icD50} : Velocidad de aproximación requerida para iniciar socavación en el pilar para el tamaño D50 de las partículas de sedimento (m/s)

V_{cDx} : Velocidad crítica para iniciar movimiento de partículas de tamaño Dx del material del lecho (m/s)

V_{cD50} : Velocidad crítica para iniciar movimiento de partículas de tamaño D50del material del lecho (m/s)

a : Ancho del pilar (m)

Además:

$$V_{cDx} = 6.19 h^{1/6} D_x^{1/3} \qquad (103)$$

D_x : Tamaño de la partícula de tal manera que el x por ciento del material del lecho es más fino. (m)

h : Profundidad del agua aguas arriba del pilar sin incluir la socavación local. (m)

Se debe tener en cuenta que el valor mínimo de K_a es 0.4.

b.2.2.2) Estimación de la socavación local en estribos

Existen algunos métodos para la determinación de la socavación local en estribos, entre ellos podemos mencionar: Liu, Chang y Skinner, Laursen, Artamonov, Froehlich, Hire y Melville. Sin embargo, la incertidumbre existente con relación a la aplicabilidad y a los

resultados de las ecuaciones es mayor que para el caso de la socavación local en pilares.

Todas las ecuaciones existentes tienen limitaciones de tipo práctico. Por ejemplo, las ecuaciones han sido desarrolladas para cauces de lecho arenoso y no tienen en cuenta la posibilidad de acorazamiento. Las ecuaciones para el cálculo de la socavación local en estribos se basan en información de laboratorio y muy poca información de campo existe para su verificación. Casi todas las ecuaciones dan como resultado valores muy conservadores de socavación debido a que consideran que el estribo está en el cauce principal formado por lechos aluviales y asumen que el caudal de agua obstruido es proporcional a la longitud del estribo, lo cual raramente ocurre en la realidad.

El especialista debe determinar la ecuación que mejor se ajusta a las condiciones de un puente en particular.

La socavación local en los estribos depende entre otros de la forma del estribo, las características del sedimento, la forma de la sección transversal, la profundidad del flujo en el cauce principal y en las márgenes, el caudal que es interceptado por el estribo y retorna al cauce principal, el alineamiento del cauce, el tiempo de duración de la creciente, etc., factores que no se reflejan debidamente en las ecuaciones existentes.

La socavación local en estribos puede ser en agua clara o en lecho móvil (vivo), dependiendo en muchos casos si el estribo se ubica en las márgenes o si está dentro del cauce principal.

La socavación local en estribos depende de la interacción del flujo obstruido por el estribo y el terraplén de la carretera y el flujo en el cauce principal. El caudal que retorna al cauce principal no es una función simple de la longitud de la estructura y es precisamente la longitud del estribo que se opone al paso del agua, el parámetro mas importante que interviene en el cálculo de la profundidad de la socavación local. Socavación más severa ocurre cuando la mayor

parte del flujo de las márgenes es obstruido y obligado a pasar abruptamente por la sección del puente. Menos socavación ocurre si el flujo obstruido en las márgenes regresa gradualmente al cauce principal en el puente.

Un método simple para determinar la longitud del estribo que se opone al paso del agua es superponer la estructura del puente a la del cauce aguas arriba y ver que tanto cada estribo obstruye el paso del agua. Esto resulta válido para puentes por construir, pero no es así cuando el puente ya está construido y el cauce natural está afectado por los terraplenes de acceso. En este caso, se recurre a comparar una sección de aguas arriba con la sección del puente, las que pueden ser diferentes en el ancho del cauce principal y estar afectadas por los terraplenes de aproximación, por lo que en vez de superponerlas mecánicamente, es mejor analizar el comportamiento real del flujo y determinar a criterio la dimensión real de obstrucción. Para ello, hay que definir en el campo cuales son los extremos del cauce principal. Esto se determina por observación directa de cambios de pendiente en la sección transversal, cambios en el color del suelo o en la vegetación o cualquier otro indicio que lleve a diferenciar el cauce principal del cauce de inundaciones.

La Figura Nº 20 ilustra algunos de los casos que se pueden presentar dependiendo de la ubicación del estribo y de los niveles de inundación tanto en la zona del puente como en la sección transversal aguas arriba.

L_1 : Longitud entre el borde del cauce principal y la pared del estribo (izquierdo o derecho)

L_2 : Longitud entre el borde del cauce principal y el punto de intersección del agua con la margen.

L : Longitud del estribo que se opone al paso del agua.

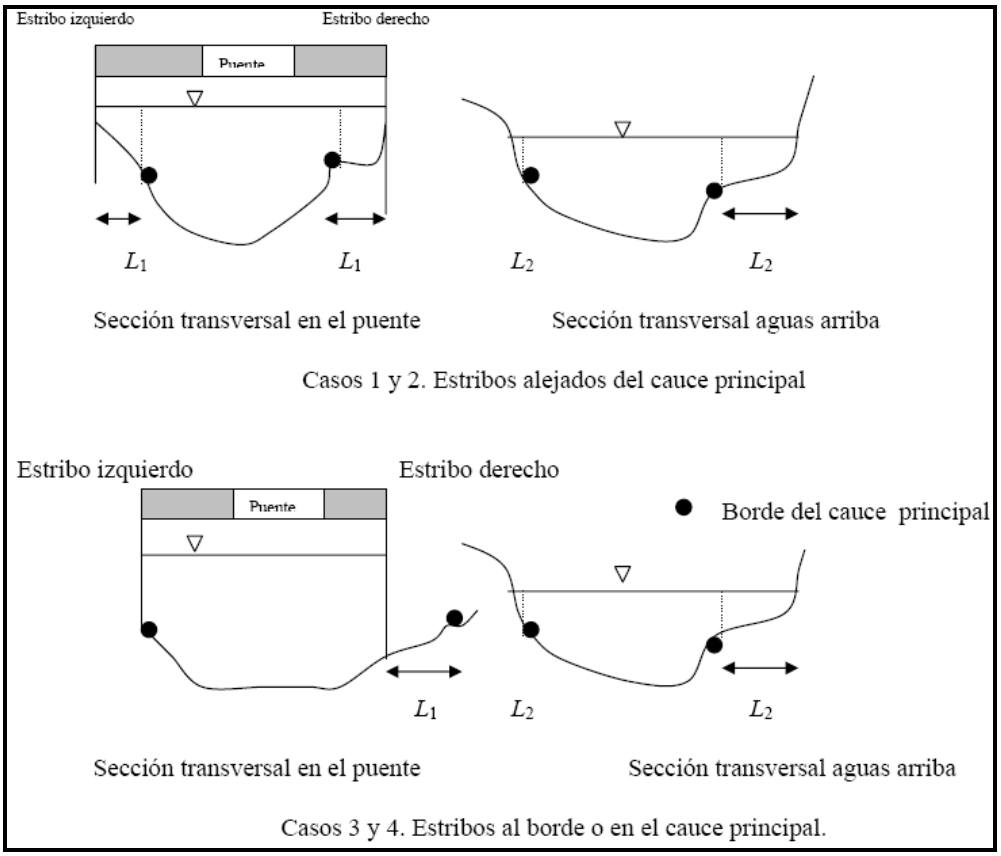


FIGURA Nº 20: Algunos casos de obstrucción de estribos

Las longitudes se consideran positivas cuando se miden desde el borde del cauce principal hacia el exterior y negativas si se miden hacia el interior del cauce.

- Caso 1: Estribo izquierdo, $L_1 > L_2$

$L = L_2 - L_1$, es negativo y por lo tanto el estribo no obstruye el paso del agua, se asume $L = 0$

- Caso 2: Estribo derecho, $L_2 > L_1$

$L = L_2 - L_1$

- Caso 3: Estribo izquierdo, $L_1 = 0$

$L = L_2 - L_1 = L_2$

- Caso 4: Estribo derecho, L_1 negativo

$$L = L_2 - (-L_1)$$

$$L = L_2 + L_1$$

b.2.2.2.1) Método de Liu, Chang y Skinner

El método se basa en una ecuación resultante de estudios de laboratorio y análisis dimensional, realizada en 1961 y se aplica para las siguientes condiciones que se ilustran en la Figura Nº 21.

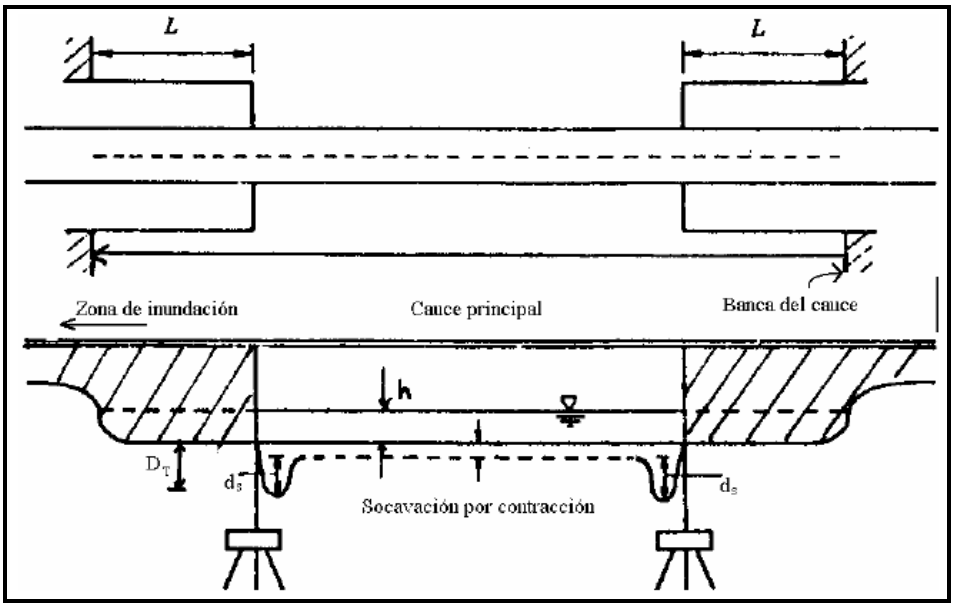


FIGURA Nº 21: Estribos que se prolongan hasta el cauce principal y no existe flujo en la zona de inundación.

(Fuente: HEC-18, 1993).

Consideraciones:

- Socavación en lecho móvil.
- Estribos que se proyectan dentro del cauce principal
- No existe flujo sobre las llanura de inundación
- El largo del estribo es menor que 25 veces la profundidad media del agua (L/h < 25)
- Flujo subcrítico

- Lecho del cauce arenoso
- Las ecuaciones debe ser ajustadas por un factor de corrección K_θ para considerar el ángulo de ataque del flujo (Ecuación 123).
- Los valores de las profundidades de socavación deben ser incrementados en un 30% cuando se presentan dunas en el cauce de aproximación al estribo.
- Si existe lecho plano o lecho con antidunas, las ecuaciones deben aplicarse tal como se exponen a menos que las antidunas ocurran en el estribo, caso para el cual la profundidad de socavación debe incrementarse en un 20%.

$$\frac{y_s}{h} = K_f \left(\frac{L}{h}\right)^{0.4} F_r^{0.33} \qquad (104)$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}} \qquad (105)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación de equilibrio medida desde el nivel medio del lecho hasta el fondo del hoyo de la socavación (m)

h : Profundidad media del flujo aguas arriba en el cauce principal (m)

L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua (m)

F_r : Número de Froude en la sección de aguas arriba

V : Velocidad media del flujo aguas arriba

K_f : Coeficiente de corrección por forma del estribo. Es igual a 1.10 para estribos con pared inclinada hacia el cauce y 2.15 para estribos con pared vertical.

b.2.2.2.2) Método de Artamonov

Este método permite determinar no solamente la profundidad de socavación que se produce al pie de estribos sino también al pie de espolones o espigones. Depende de los siguientes factores:

- Porción de caudal que es interceptado por la estructura al meterse dentro de la corriente Q_1 o Q_2 (ver Figura Nº 22).
- Talud que tienen los lados del estribo (mH:1.0V)
- Ángulo entre el eje longitudinal del puente y la corriente (θ).

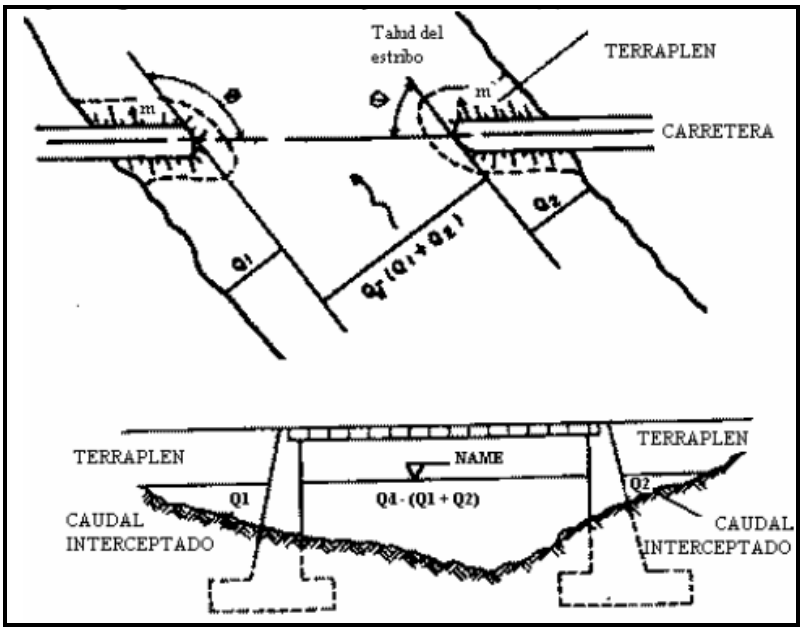


FIGURA Nº 22: Intersección del flujo por los estribos. Método de Artamonov (Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992).

$$H_T = K_\theta K_Q K_m h \qquad (106)$$

Donde:

H_T : Profundidad del agua al pie del estribo o espigón medida desde la superficie libre de la corriente.

K_θ : Coeficiente que depende del ángulo que forma la corriente con el eje longitudinal del puente (Ver Tabla Nº 24).

K_Q : Coeficiente que depende de la relación entre el gasto teórico interceptado por el estribo Q_1 o Q_2 y el caudal total Q_d que escurre por la sección transversal. (Ver Tabla Nº 25)

K_m : Coeficiente que depende del talud que tienen los lados del estribo (Ver Tabla Nº 26).

h : Tirante de agua en la zona cercana al estribo o al espigón antes de la socavación.

TABLA Nº 24: Coeficiente de corrección K_θ.

θ	20°	60°	90°	120°	150°
K_θ	0.84	0.94	1.00	1.07	1.19

(Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992).

TABLA Nº 25: Coeficiente de corrección K_Q.

Q_1/Q_d	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
K_Q	2.00	2.65	3.22	3.45	3.67	3.87	4.06	4.20

(Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992).

TABLA Nº 26: Coeficiente de corrección K_m.

Talud m	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
K_m	1.00	0.91	0.85	0.83	0.61	0.50

mH:1V

(Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992).

La siguiente ecuación se usa cuando el puente no está sesgado respecto al flujo (θ = 90º) y la pared de los estribos es vertical:

$$H_T = K_Q h \qquad (107)$$

b.2.2.2.3) Método de Laursen

Laursen propuso dos ecuaciones basándose en el razonamiento sobre el cambio en las relaciones de transporte debido a la aceleración del flujo causada por el estribo, una para socavación en lecho móvil y otra para socavación en agua clara aplicables para las siguientes condiciones (HEC-18, 1993):

- Estribos que se proyectan dentro del cauce principal.
- Estribos con pared vertical.
- No existe flujo sobre las llanuras de inundación.
- El largo del estribo es menor que 25 veces la profundidad media del agua (L/h < 25).
- Las ecuaciones dan profundidades de socavación máximas e incluyen los efectos de la socavación por contracción, por lo que para estas ecuaciones no se debe incluir el efecto de la contracción del cauce para obtener la socavación total.
- Se recomienda que las ecuaciones se apliquen para valores máximos de y_s/h igual a 4.0.
- Las ecuaciones dadas por Laursen se resuelven por tanteos.
- Las ecuaciones deben ser ajustadas por un factor de corrección K_θ para considerar el efecto del ángulo de ataque del flujo, (Ecuación 111).

d.1) Socavación en lecho móvil

$$\frac{L}{h} = 2.75 \frac{y_s}{h} \left[\left(\frac{y_s}{11.5h} + 1 \right)^{1.7} - 1 \right] \qquad (108)$$

d.2) Socavación en agua clara

$$\frac{L}{h} = 2.75 \frac{y_s}{h} \left[\left(\frac{\left(\frac{y_s}{11.5h} + 1 \right)^{7/6}}{\left(\frac{\tau}{\tau_c} \right)^{0.5}} - 1 \right) \right] \qquad (109)$$

Donde:

h : Profundidad media del flujo aguas arriba en el cauce principal.

L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua.

τ : Esfuerzo cortante en el lecho hacia aguas arriba del estribo.

τ_c : Esfuerzo cortante crítico para D_{50} del material del lecho aguas arriba.

Las dos ecuaciones anteriores son aplicables para estribos con pared vertical por lo que las profundidades de socavación resultantes deben afectarse por un factor de corrección K_f para tener en cuenta el efecto de otras formas.

K_f : 0.9 para estribos con aleros inclinados 45º, 0.8 para estribos con pared inclinada hacia el cauce.

b.2.2.2.4) Método de Froehlich

La ecuación dada por Froehlich está basada en análisis dimensional y en análisis de regresión de laboratorio para 170 mediciones de socavación en lecho móvil. HEC-18 (1993) recomienda su uso para socavación tanto en lecho móvil como en agua clara, para estribos que se proyectan dentro del cauce principal o no y para flujo concentrado en el cauce principal o combinado con flujo sobre las zonas de inundación.

a) Socavación en agua clara y en lecho móvil

La ecuación de Froehlich que a continuación se expone es muy utilizada en los Estados Unidos de América.

$$\frac{y_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e}\right)^{0.43} F_{re}^{0.61} + 1 \qquad (110)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación (m)

h_e : Profundidad media del flujo (profundidad hidráulica) en la zona de inundación obstruida por el estribo aguas arriba del puente (m).

K_f : Coeficiente que depende de la forma del estribo. Tabla Nº 27, Figura Nº 23.

K_θ : Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo. Ecuación (111), Figura Nº 24.

L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua proyectada normalmente al flujo (m).

F_{re} : Número de Froude en la sección de aproximación obstruida por el estribo.

TABLA Nº 27: Coeficiente por forma del estribo K_f. Método de Froehlich

Descripción	K_f
Estribo con pared vertical	1.00
Estribo con pared vertical y aletas	0.82
Estribo con pendiente hacia el cauce	0.55

(Fuente: HEC-18., 1993).

$$K_\theta = (\theta / 90)^{0.13} \qquad (111)$$

Donde:

θ : Ángulo de inclinación del estribo. (Figura Nº 19)

$(\theta < 90^o)$, si el estribo está inclinado hacia aguas abajo

$(\theta > 90^o)$, si el estribo está inclinado hacia aguas arriba

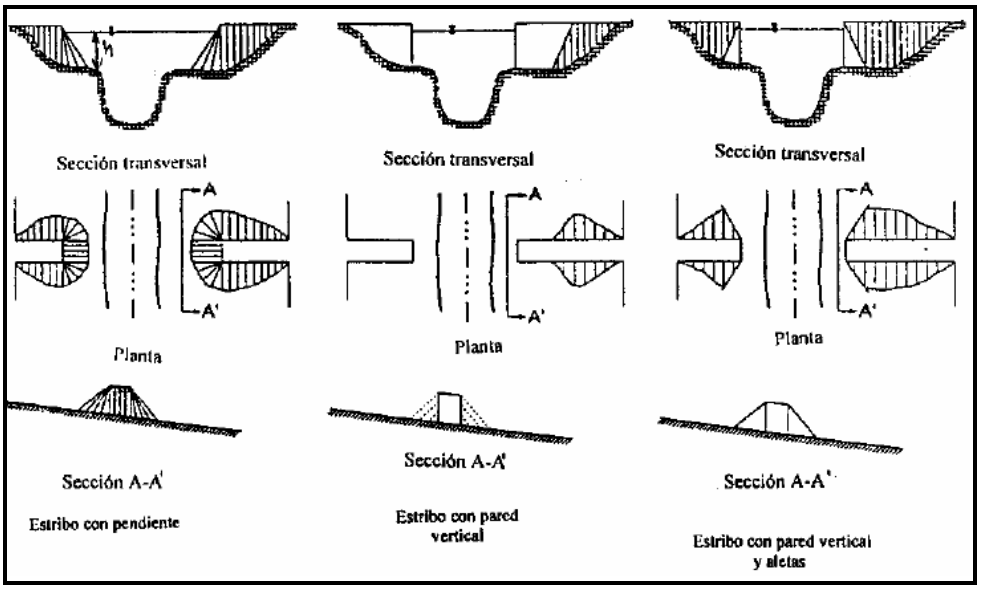


FIGURA Nº 23: Formas comunes de estribos. Método de Froehlich.

(Fuente: HEC-18., 1993).

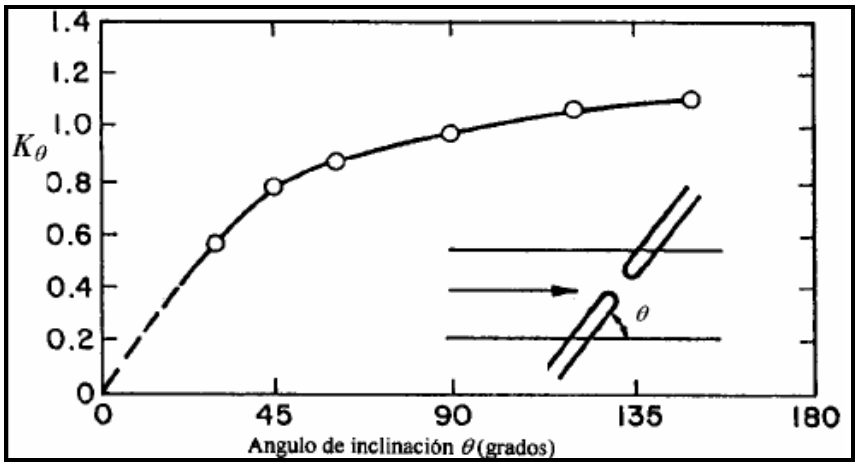


FIGURA Nº 24: Factor de corrección K_θ . Método de Froehlich

(Fuente: HEC-18., 1993).

$$h_e = A_e / L \qquad (112)$$

$$F_{re} = \frac{V_e}{\sqrt{g h_e}} \qquad (113)$$

$$V_e = \frac{Q_e}{A_e} \qquad (114)$$

Donde:

V_e : Velocidad del flujo obstruido por el estribo y los accesos al puente en la sección de aguas arriba (m/s)

Q_e : Caudal obstruido por los estribos o accesos, medido aguas arriba del puente (m3/s)

A_e : Área de flujo de la sección aguas arriba obstruida por los estribos (m2)

b) Socavación en agua clara

Froehlich también propone una ecuación únicamente para condiciones de socavación en agua clara pero tiende a dar valores muy bajos y no se ha verificado con datos de campo, por lo que HEC-18 (1993) no recomienda su uso. Esta ecuación implica que el material del lecho del río tenga un $D_{50} \geq 7.6\,\text{cm}$ y que la desviación estándar geométrica del sedimento σ_g sea mayor a 1.5. Se presenta el método a efectos de comparación de resultados con otros métodos.

$$\frac{y_s}{h_e} = 0.78 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e}\right)^{0.63} F_{re}^{1.16} \left(\frac{h_e}{D_{50}}\right)^{0.43} \sigma_g^{-1.87} + 1 \qquad (115)$$

$$\sigma_g = \left(\frac{D_{84}}{D_{16}}\right)^{0.5} \qquad (116)$$

Donde:

σ_g : Desviación estándar geométrica del material.

Nota: El número 1 al final de las dos ecuaciones propuestas por Froehlich es un factor de seguridad que hace que las ecuaciones predigan profundidades de socavación mayores que aquellas medidas por experimentos. Este factor de seguridad debe ser usado en el diseño.

b.2.2.2.5) Método de Melville

B. W. Melville propuso un método basándose en el análisis dimensional y desarrollo de relaciones entre parámetros dimensionales usando líneas de mejor ajuste de datos provenientes de ensayos de laboratorio realizados en la Universidad de Auckland en Nueva Zelanda, (Melville B. W., 1992).

El método no ha sido verificado en campo y no considera al igual que en otros casos efectos debidos a la no rectangularidad del cauce, irregularidades en el lecho, flujo sobre las planicies de inundación durante las crecientes, ni distribución no uniforme del flujo lateral. Esto hace que el método de valores de profundidades de socavación muy grandes especialmente cuando los estribos son muy largos. Además, no considera los efectos del tamaño ni de la gradación del sedimento, por lo que puede resultar muy conservador para tamaños grandes y sedimentos bien graduados. Tampoco considera el caso de estribos en suelos cohesivos.

B. W. Melville considera los casos de estribos cortos y largos y propone las siguientes ecuaciones de tipo general:

- Estribos Cortos

Cuando la longitud del estribo y zonas de aproximación que se oponen al paso del flujo es menor que la profundidad del flujo (L < h).

Se ha demostrado en laboratorio que para estribos cortos el modelo de flujo que causa la socavación no cambia con relación a la profundidad del flujo y que por lo tanto la profundidad de socavación es función principalmente de la longitud del estribo.

$$\frac{y_s}{L} = K_i K_h K_D K_\sigma K_f K_\theta K_g \qquad (117)$$

- Estribos Largos

Cuando la longitud del estribo y zonas de aproximación que se oponen al paso del flujo es mayor a 25 veces la profundidad del flujo. (L > 25h).

La información obtenida en laboratorio confirma que para estribos largos la profundidad de socavación local depende de la profundidad de flujo.

$$\frac{y_s}{h} = K_i K_h K_D K_\sigma K_f K_\theta K_g \qquad (118)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación (m)

L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del flujo (m)

h : Profundidad del flujo al pie del estribo (m)

K_i : Factor de corrección por intensidad del flujo que tiene en cuenta la velocidad del flujo y la velocidad crítica para inicio del movimiento del sedimento.

K_h : Factor de corrección por profundidad del flujo.

K_L : Factor de corrección por longitud del estribo.

K_D : Factor de corrección por tamaño del sedimento.

K_σ : Factor de corrección por gradación del sedimento.

K_f : Factor de corrección por forma del estribo.

K_θ : Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo.

K_g : Factor de corrección por la geometría del cauce de aproximación.

La Tabla Nº 28 incluye los factores de corrección por forma del estribo en la cual el estribo de pared vertical se ha tomado como referencia. La Figura Nº 25 presenta los valores del coeficiente K_θ para diferentes ángulos de ataque del flujo.

TABLA Nº 28: Valores del factor de corrección K_f

Forma del estribo	K_f
Estribo de pared vertical angosta	1.00
Estribo de pared vertical con punta semicircular.	0.75
Estribo con aletas a 45°	0.75
Estribo de pared inclinada (H:V)	
0.5:1.0	0.60
1.0:1.0	0.50
1.5:1.0	0.45

(Fuente: Melville, W. B., 1992).

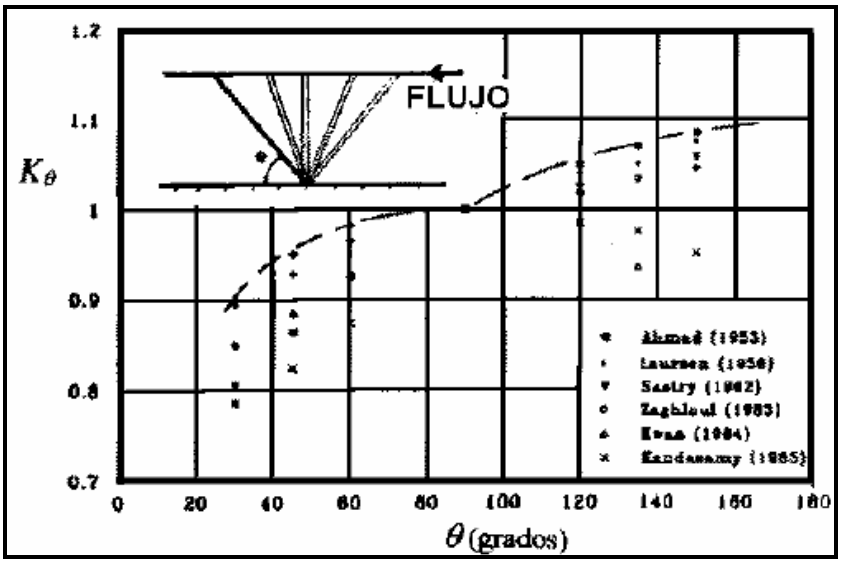


FIGURA Nº 25: Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo K_θ .
(Fuente: Melville, W. B., 1992).

$K_L = 10$, para estribos largos.

$K_h = 2$, para estribos cortos.

$K_i = 1$, considerando que las mayores profundidades de socavación ocurren bajo condiciones de lecho móvil.

Los datos encontrados por W. B. Melville para tener en cuenta la influencia del tamaño y la gradación del sedimento son inconsistentes por lo que sugiere que para propósitos prácticos K_D y

K_σ sean tomados igual a 1.0. Esto significa que las profundidades de socavación obtenidas se aplican para sedimentos uniformes.

Existe algo de información sobre la influencia de la geometría del cauce de aproximación sobre la profundidad de socavación pero más investigación se requiere para poderlo cuantificar debidamente. Por lo tanto, B. W. Melville (1992), sugiere que en principio K_g se considere igual a 1.0, lo que implica que la profundidad de socavación en un cauce único sería igual a la profundidad de socavación en un estribo localizado en un cauce compuesto. Este valor es muy conservador especialmente para el caso de estribos largos.

Conclusiones al Método de Melville

Finalmente, considerando todas las limitaciones en la cuantificación de ciertos factores existentes hasta la fecha de realización de las investigaciones, B. W. Melville, propone las siguientes ecuaciones de diseño que corresponden a envolventes de los datos de laboratorio. Por las razones anteriores, los resultados de su aplicación son bastante conservadores.

- Estribos cortos (L<h)

$$y_s = 2K_f L$$

$$y_s máx = 2L$$

Las anteriores ecuaciones consideran que el ángulo de ataque del flujo pierde importancia para el caso de estribos cortos.

- Estribos de longitud intermedia (h ≤ L ≤ 25h)

En este caso, la forma y la longitud del estribo, el ángulo de ataque y la profundidad de flujo, tienen importancia sobre la profundidad de socavación, tal como reflejan las siguientes ecuaciones:

$$y_s = 2K_f^* K_\theta^* (hL)^{0.5}$$

$K_f^* = K_f$, para $L \leq 10h$

$K_f^* = K_f + (1 - K_f)(0.1\left(\frac{L}{h}\right) - 1.5)$, para $10h < L < 25h$

$K_f^* = 1.0$, para $L \geq 25h$

$K_\theta^* = K_\theta$, para $L \geq 3h$

$K_\theta^* = K_\theta + (1 - K_\theta)(1.5 - 0.5\left(\frac{L}{h}\right))$, para $1h < L < 3h$

$K_\theta^* = 1.0$, para $L \leq h$

- Estribos largos (L > 25h)

$y_s = 10K_\theta h$

$y_s máx = 10h$

Las ecuaciones anteriores consideran que la forma del estribo pierde importancia cuando el estribo es largo.

b.2.2.2.6) Método HIRE

HEC-18 (1993), incluye otra ecuación desarrollada a partir de datos del Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos para la socavación que se produce en la punta de los espigones o espolones construidos en el río Mississippi. La ecuación HIRE es por lo tanto aplicable cuando el estribo penetra en el cauce principal.

$$y_s = 4h\left(\frac{K_f}{0.55}\right)K_\theta F_r^{0.33} \qquad (119)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación (m)

h : Profundidad media del flujo al pie del estribo en el cauce principal, considerando la sección transversal inmediatamente aguas arriba del puente (m)

F_r : Número de Froude basado en la velocidad y profundidad al pie justo aguas arriba del estribo.

K_f : Factor de corrección por forma del estribo. Tabla Nº 27.

K_θ : Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo. (Ecuación 123).

Finalmente en la Tabla Nº 29 se presenta un resumen de las metodologías usualmente utilizadas en nuestro medio para la estimación de la socavación general, socavación por contracción y socavación local en estribos y pilares.

TABLA Nº 29: Fórmulas para el cálculo de la socavación general, por contracción y local en estribos y pilares

MÉTODO Y FECHA	ECUACIÓN	TIPO DE SOCAVACIÓN	CONSIDERACIONES
Velocidad Crítica y Agua Clara	$V_{cr} = 21\left(\frac{Rh}{D_{50}}\right)^{1/6}\sqrt{0.056\,\frac{(\gamma_s-\gamma)}{\gamma}D}$ Vcr: Velocidad crítica en la sección, m/s. Rh: Radio hidráulico en la sección, m. D50: Diámetro correspondiente al 50%, m. D: Diámetro característico del lecho, m.	Socavación general	Este método utiliza el criterio del principio de movimiento de un fondo granular bajo una corriente permanente, igual al criterio de Shields y la hipótesis de agua clara, es decir que la corriente no transporta sedimentos.
Lischvan Lebediev	**a) Para suelos granulares:** $H_S = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68\beta\mu\varphi D_m^{0.28}}\right]^{\frac{1}{1+z}}$ **b) Para suelos cohesivos:** $H_S = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.60\beta\mu\varphi\gamma_s^{1.18}}\right]^{\frac{1}{1+x}}$ Hs-h: Profundidad de socavación, m. h: Tirante de agua, m. Dm: Diámetro característico del lecho, m. B,μ,φ: Factores.	Socavación general incluyendo contracción por efecto del puente.	Método propuesto por Lischtvan – Lebediev, se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente y la velocidad media erosiva.
Straub	$H_S = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{0.642} h_1$ Hs-h1: Profundidad de socavación, m. B1: Ancho de la superficie libre del cauce aguas arriba de la contracción, m. B2: Ancho de la superficie libre del cauce en la contracción, m. h1: Tirante de flujo, m.	Socavación por efecto de sección contraída	Desarrollada para tener un estimativo del posible descenso que sufrirá el lecho debido a una reducción en su sección transversal.
Laursen (1995)	**a) Socavación por contracción en lecho móvil:** $\frac{H_S}{h_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{\frac{6}{7}}\left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{k_1}$ Hs-h2: Profundidad media de socavación por	Socavación	Considera los casos de socavación por efecto de contracción en lecho móvil o en agua clara. Es el método mas usado en los EUA(HEC-18, 1993, 1995)

	contracción, m. Hs: Profundidad media del flujo, m. h1: Profundidad media de flujo en el cauce principal, aguas arriba del puente, m. h2: Profundidad media de flujo en la sección contraída, m. Q1: Caudal aguas arriba, m3/s. Q2: Caudal en la sección contraída, m3/s. B1: Ancho del cauce aguas arriba, m. B2: Ancho del cauce en la sección contraída, restando ancho de pilares, m. K1: Exponente en función del modo de transporte de sedimentos **b) Socavación por contracción en agua clara**: $H_S = \left(\frac{0.025 Q_2^2}{D_m^{2/3} B_2^2} \right)^{\frac{3}{7}}$ Dm: Diámetro medio efectivo del material del lecho, m.	general incluyendo contracción por efecto del puente.	
Laursen y Toch (1953, 1956)	**a) Flujo paralelo al eje mayor del pilar:** $y_s = K_f K_g a$ ys: Profundidad de socavación local, m. Kf: Coeficiente función de forma del pilar. Kg: Coeficiente función de Hs/a. a: Ancho del pilar, m. **b) Flujo esviado respecto al eje mayor del pilar:** $y_s = K_g K_\phi a$ Kφ: Coeficiente función del ángulo de ataque del flujo .	Socavación local en pilares	Método desarrollado en el Instituto de Hidráulica de Iowa, se desarrolló bajo condiciones de transporte continuo de sedimentos.
Neill (1964)	$y_s = 1.5(a')^{0.7} h^{0.3}$ ys: Profundidad de socavación, m. a': Ancho proyectado del pilar, m. h: Tirante de flujo aguas arriba del pilar, m.	Socavación local en pilares	Ecuación resultante del ajuste de datos experimentales obtenidos por Laursen y Toch para socavación en pilares circulares y rectangulares.
Larras (1963)	$y_s = 1.05 K a^{0.75}$ ys: Profundidad de socavación, m. K: Coeficiente función de Kf y Kg. a: Ancho del pilar, m.	Socavación local en pilares	Ecuación para estimar máxima profundidad de socavación en condiciones próximas a la velocidad crítica de movimiento de sedimentos.
Arunachalam (1965)	$y_s = 1.334 q^{2/3} \left[1.95 \left(\frac{1.334 q^{2/3}}{a} \right)^{-1/6} - 1 \right]$ ys: Profundidad de socavación, m. q: Caudal unitario aguas arriba del puente, m3/s-m. a: Ancho del pilar, m.	Socavación local en pilares	Ecuación modificada de la propuesta por Englis – Poona (1948).
Carsten (1966)	$y_s = 0.546 a \left(\frac{N_s - 1.25}{N_s - 5.02} \right)^{\frac{5}{6}}$ ys: Profundidad de socavación, m. Ns: Número del sedimento. a: Ancho del pilar, m.	Socavación local en pilares	Ecuación para condiciones de socavación en lecho móvil.
Maza – Sánchez (1968)	$y_s = H_T - H_S$ ys: Profundidad de socavación, m. HT: Profundidad de la sección socavada desde el nivel de la superficie del flujo, m. Hs: Profundidad de agua hacia aguas arriba del pilar antes de la socavación local, m.	Socavación local en pilares	Ecuación aplicable para lechos cubiertos por arena y grava. El método se basa en el uso de curvas elaboradas a partir de resultados experimentales de laboratorio efectuadas en la División de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en México.
Breusers, Nicollet y Shen (1984)	$y_s = a f_1\left(\frac{V}{V_c}\right) \cdot f_2\left(\frac{h}{a}\right) \cdot f_3(forma) \cdot f_4\left(\phi \frac{l}{a}\right)$ ys: Profundidad de socavación, m. a: Ancho del pilar, m.	Socavación local en pilares	Ecuación basada en estudios experimentales con varillas de sondeos en corrientes.

	V: Velocidad media del flujo, m/s. Vc: Velocidad crítica de inicio de movimiento de partículas de fondo, m/s. h: Tirante de agua, m. Ø: Ángulo de ataque del flujo.		
Melville y Sutherland (1988)	$y_s = aK_i K_h K_D K_\sigma K_f K_\phi$ ys: Profundidad de socavación, m. a: Ancho del pilar, m. Ki: Factor de corrección por intensidad de flujo. Kh: Factor de corrección por profundidad de flujo. K_D : Factor de corrección por tamaño de sedimento. Kσ: Factor de corrección por gradación de sedimento. Kf: Factor de corrección por forma del pilar. KΦ: Factor de corrección por ángulo de atauq del flujo.	Socavación local en pilares	El método fue desarrollado en la Universidad de Auckland (Nueva Zelanda) y está basado en curvas envolventes a datos experimentales obtenidos en su mayoría de ensayos de laboratorio.
Froehlich (1991)	$y_s = 0.32K_f (a')^{0.62} h^{0.47} F_r^{0.22} D_{50}^{-0.09} + a$ ys: Profundidad de socavación, m. Kf: Factor de corrección por forma del pilar. a': Ancho proyectado del pilar, m. a: Ancho del pilar, m. h: Profundidad de flujo aguas arriba del pilar, m. Fr: Número de Froude, aguas arriba del pilar. D50: Diámetro de la partícula del lecho, m.	Socavación local en pilares	Ecuación desarrollada por el Dr. David Froehlich es usada por el programa HEC-RAS (1998) como una alternativa a la ecuación de la Universidad Estatal de Colorado (CSU).
CSU	$\frac{y_s}{h} = 2.0K_f K_\phi K_c K_a \left(\frac{h}{a}\right)^{0.65} F_r^{0.43}$ ys: Profundidad de socavación, m. h: Profundidad de flujo aguas arriba del pilar, m. Kf: Factor de corrección por forma del pilar. KΦ: Factor de corrección por ángulo de atauq del flujo. Kc: Factor de corrección por forma del lecho. Ka: Factor de corrección por acorazamiento del lecho. a: Ancho del pilar, m. Fr: Número de Froude, aguas arriba del pilar.	Socavación local en pilares	Ecuación desarrollada por la Universidad Estatal de Colorado (CSU) para el cálculo de la socavación local en pilares tanto en agua clara como en lecho móvil. Esta ecuación fue desarrollada con base en análisis dimensional de los parámetros que afectan la socavación y análisis de datos de laboratorio. Es el método más usado en los Estados Unidos de América (HEC-18, 1993, 1995) y es una de las dos que usa el programa HEC-RAS (1998).
Liu, Chang y Skinner	$\frac{y_s}{h} = K_f \left(\frac{L}{h}\right)^{0.4} F_r^{0.33}$ ys: Profundidad de socavación, m. h: Profundidad de flujo en el cauce principal, m. L: Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua, m. Fr: Número de Froude, aguas arriba. Kf: Coeficiente de corrección por forma de estribo.	Socavación local en estribos	El método se basa en una ecuación resultante de estudios de laboratorio y análisis dimensional, realizada en 1961. Toma en cuenta socavación en lecho móvil. Estribos se proyectan dentro del cauce principal. No existe flujo en la llanura de inundación. Flujo subcrítico. Lecho del cauce arenoso.
Artamonov	$H_T = K_\theta K_Q K_m h$ H_T : Profundidad de agua al pie del estribo. Kθ : Coeficiente función del ángulo que hace la corriente con el eje longitudinal del puente. KQ : Coeficiente función de la relación de gasto. Km: Coeficiente función del talud que los lados del estribo. h : Tirante de agua en la zona cercana al estribo.	Socavación local en estribos	Ecuación que permite determinar no solamente la profundidad de socavación que se produce al pie de estribos sino también al pie de espolones o espigones.
Laursen	**a) Socavación en lecho móvil:** $\frac{L}{h} = 2.75 \frac{y_s}{h} \left[\left(\frac{y_s}{11.5h} + 1 \right)^{1.7} - 1 \right]$ **b) Socavación en agua clara:**	Socavación local en	Ecuación que se basa en el razonamiento sobre el cambio en las relaciones de transporte debido a la aceleración del flujo causado por el estribo, para socavación en lecho móvil y en agua clara.

	$\frac{L}{h} = 2.75\frac{y_s}{h}\left[\frac{\left(\frac{y_s}{11.5h}+1\right)^{7/6}}{\left(\frac{\tau}{\tau_c}\right)^{0.5}}-1\right]$ ys: Profundidad de socavación, m. h: Profundidad de flujo aguas arriba en el cauce principal L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua. ζ : Esfuerzo cortante en el lecho hacia aguas arriba del estribo. ζc : Esfuerzo cortante crítico.	estribos	Entre las consideraciones se tiene: - Estribos que se proyectan dentro del cauce principal. - Estribos con pared vertical. - No existe flujo sobre llanuras de inundación.
Froehlich	**a) Socavación en agua clara y en lecho móvil:** $\frac{y_s}{h_e} = 2.27K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e}\right)^{0.43} F_{re}^{0.61} + 1$ ys: Profundidad de socavación, m. he: Profundidad media de flujo en la zona de inundación obstruida por el estribo aguas arriba del puente, m. Kf: Coeficiente de corrección por forma de estribo. Kθ : Coeficiente función del ángulo de ataque. L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua, m. Fre: Número de Froude en la sección de aproximación obstruida por el estribo.	Socavación local en estribos	Ecuación basada en análisis dimensional y en análisis de regresión de laboratorio para socavación en lecho móvil y en agua clara, para estribos que se proyectan dentro del cauce o no y para flujo concentrado en el cauce principal o combinado con flujo en las llanuras de inundación.
Hire (1993)	$y_s = 4h\left(\frac{K_f}{0.55}\right)K_\theta F_r^{0.33}$ ys: Profundidad de socavación, m. h: Profundidad de flujo aguas arriba en el cauce principal, m. Fr: Número de Froude basado en la velocidad y profundidad al pie justo aguas arriba del estribo. Kf: Coeficiente de corrección por forma de estribo. Kθ : Coeficiente función del ángulo de ataque.	Socavación local en estribos	Ecuación desarrollada a partir de los datos obtenidos de otra ecuación del US ARMY de los EUA para la socavación que se produce en la punta de los espigones construidos en el río Mississippi.

a.1.1) Diseño del enrocado

Para el diseño del enrocado existen varios métodos, en esta sección se presentarán algunos métodos para el cálculo del tamaño de la piedra de protección.

1) Método de Maynord

Maynord propone las siguientes relaciones para determinar el diámetro medio de las rocas a usarse en la protección.

$$d_{50} = C_1(yF^3) \qquad (120)$$

$$F = C_2\left(\frac{V}{\sqrt{gy}}\right) \qquad (121)$$

Donde:

d_{50} : Diámetro medio de las rocas

y : Profundidad de flujo

V : Velocidad media del flujo.

F : Número de Froude

C_1 y C_2: Coeficientes de corrección.

Los valores recomendados de C_1 y C_2 se muestran a continuación:

$$C_1 \begin{cases} 0.28 & Fondo \quad plano \\ 0.28 & Talud \quad 1V:3H \\ 0.32 & Talud \quad 1V:2H \end{cases}$$

$$C_2 \begin{cases} 1.5 & Tramos \quad en \quad curva \\ 1.25 & Tramos \quad rectos \\ 2.0 & Extremos \quad de \quad espigones \end{cases}$$

2) Método del U. S. Department of Transportation

Este método propone las siguientes relaciones para el cálculo del diámetro medio de las rocas.

$$d_{50}^{I} = \frac{0.001V^3}{y^{0.5}K_1^{1.5}}, \text{ en sistema inglés} \qquad (122)$$

$$K_1 = \left[1 - \left(\frac{sen^2\theta}{sen^2\phi}\right)\right]^{0.5} \qquad (123)$$

$$C = C_{sg}C_{sf} \qquad (124)$$

$$C_{sg} = \frac{2.12}{(\gamma_s - 1)^{1.5}} \qquad (125)$$

$$C_{sf} = \left(\frac{FS}{1.2}\right)^{1.5} \qquad (126)$$

$$d_{50} = Cd_{50}^{I} \qquad (127)$$

Donde:

d_{50} : Diámetro medio de las rocas

V : Velocidad media del flujo.

y : Profundidad de flujo

K_1 : Factor de corrección

θ : Ángulo de inclinación del talud

ϕ : Ángulo de reposo del material del enrocado.

C : Factor de corrección

γ_s : Peso específico del material del enrocado

FS : Factor de seguridad

En la Tabla Nº 30 se muestra los valores del factor de seguridad FS.

TABLA Nº 30: Selección del factor de seguridad

CONDICIÓN	RANGO DEL FS
Flujo uniforme, tramos rectos o medianamente curvos (radio de la curva/ancho del cauce > 30). Mínima influencia de impacto de sedimentos y material flotante.	1.0 – 1.2
Flujo gradualmente variado, curvatura moderada (10 < radio de la curva/ancho del cauce < 30). Moderada de impacto de sedimentos y material flotante.	1.3 – 1.6
Flujo rápidamente variado, curvas cerradas (radio de la curva/ancho del cauce < 10), flujos de alta turbulencia, flujo de turbulencia mixta en estribos de puentes. Efecto significativo de impacto de sedimentos y material flotante.	1.6 – 2.0

3) Método del Factor de Seguridad

El método de factor de seguridad se deriva sobre la base de los conceptos de momentos alrededor de un punto de apoyo de una roca que se apoya en otra.

3.1) Enrocado para el talud

Para el cálculo del tamaño del fragmento de roca según el método del factor de seguridad se tiene las siguientes ecuaciones:

$$V_d = \left(\alpha V_1^2 + 2g\Delta h\right)^{0.5} \qquad (128)$$

Donde:

V_d : Velocidad del flujo en las inmediaciones del estribo

α : Coeficiente de velocidad

V_1 : Velocidad aguas arriba del puente

g : Aceleración de la gravedad

Δh : Diferencia entre el nivel de agua, aguas arriba y aguas abajo del estribo.

Luego de obtener la velocidad V_d, se procede a obtener la velocidad de referencia V_r y el ángulo de las líneas de corriente λ a partir del cociente de la pérdida del nivel de agua con respecto a la longitud del estribo en base a los gráficos de Lewis (Richardson, 1990).

Con la velocidad de referencia V_r y el ángulo λ, se procede a obtener los parámetros dados en las siguientes relaciones:

$$\eta_0 = \frac{0.3V_r^2}{(S_s - 1)gd_{50}} \quad (129)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left\{\frac{\cos(\lambda)}{\frac{2sen\theta}{\eta_0 \tan\phi} + sen(\lambda)}\right\} \quad (130)$$

$$\eta_1 = \eta_0\left(\frac{1 + sen(\lambda + \beta)}{2}\right) \quad (131)$$

Donde:

V_r : Velocidad de referencia

S_s : Gravedad específica de la partícula se asume igual a 2.65

d_{50} : Diámetro medio de las rocas

θ : Ángulo de inclinación del talud

ϕ : Ángulo de reposo del material del enrocado.

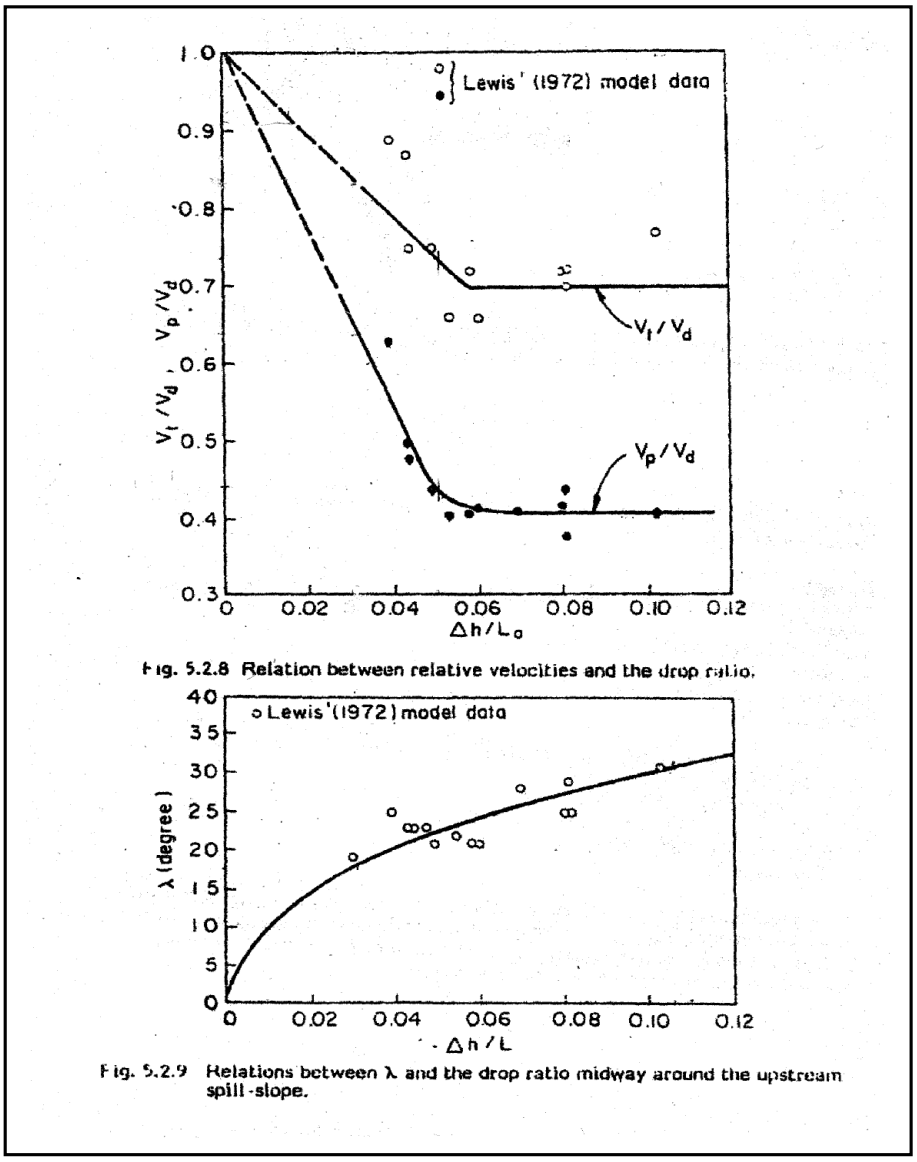


FIGURA Nº 26: Gráficos de Lewis.

(Fuente: Separatas proporcionadas por el Dr. Kuroiwa, Z. J., 1996).

Luego de obtener los parámetros anteriores, se procede a calcular de manera iterativa el factor de seguridad hasta alcanzar el valor de diseño de enrocados que es aproximadamente 1.5, mediante la siguiente ecuación:

$$SF_0 = \frac{\cos\theta \tan\phi}{\eta_1 \tan\phi + sen\theta \cos\beta} \qquad (132)$$

3.2) Enrocado para pie de talud

En el pie de talud, el ángulo λ es aproximadamente igual a cero, debido a que el lecho del río fuerza a las líneas de corriente a discurrir en forma paralela al mismo.

Haciendo $\lambda = 0$, las relaciones anteriores se simplifican:

$$\eta_0 = \frac{0.3V_r^2}{(S_s - 1)gd_{50}} \qquad (133)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left\{\frac{\eta_0 \tan\phi}{2sen\theta}\right\} \qquad (134)$$

$$\eta_1 = \eta_0\left(\frac{1 + sen\beta}{2}\right) \qquad (135)$$

$$SF_0 = \frac{\cos\theta \tan\phi}{\eta_1 \tan\phi + sen\theta \cos\beta} \qquad (136)$$

3.3) Diseño del filtro

En esta sección se tratará acerca del filtro de material granular, el cual se coloca como un “cama de apoyo” entre el material base y el enrocado, es una grava que previene el flujo a través de los intersticios del enrocado.

La función del filtro es no permitir la migración de finos del material subyacente (material base) ni pasar a través de la capa superior (enrocado), para asegurar esto, se deben cumplir las siguientes relaciones:

$$\frac{d_{15}(Filtro)}{d_{85}(Base)} < 5 < \frac{d_{15}(Filtro)}{d_{15}(Base)} < 40$$

Además:

$$\frac{d_{50}(Filtro)}{d_{50}(Base)} < 40$$

Asimismo, existen filtros constituidos por geotextil cuyas especificaciones se presentan en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras (EG 2000) aprobados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En los Anexos: Lámina Nº 07, se aprecia una sección típica de enrocado para protección de estribos de puentes y márgenes de río.

a.2) Gaviones

Los gaviones son cajas de alambre galvanizado armadas insitu y se rellenan con piedras, usualmente obtenidas del lecho del río. Con la superposición de estos elementos se logra la conformación de muros tipo gravedad de características permeables y flexibles. Dentro de las ventajas de este tipo de elemento de protección, se menciona que resulta una buena solución en lugares donde no existe o resulta muy costoso la explotación, traslado y colocación de fragmentos de roca para los enrocados. Asimismo, se indica que requieren de filtros para evitar pérdida de sustrato y hundimiento.

El estudio hidráulico y características geomorfológicas del río en estudio, incidirá en la decisión para seleccionar este tipo de elemento de protección, teniendo presente que una de las principales desventajas que presentan los gaviones, es su vulnerabilidad a golpes, corrosión, oxidación, abrasión, etc, y a los ataques del factor humano que sustraen los alambres, lo cual se da en ocasiones en zonas cercanas a centros poblados.

Como recomendaciones generales para el dimensionamiento de gaviones, desde el punto de vista hidráulico, se tienen las siguientes consideraciones:

- El tamaño de las piedras debe ser suficientemente grandes y homogéneas para que no produzcan pérdidas de material a través de las mallas de los gaviones, recomendándose en lo posible, piedras

de tamaño nominal 1.5 veces el tamaño mínimo de la abertura de la malla.

- Las piedras deben seleccionarse, tamizarse y limpiarse antes de rellenar las cajas de gaviones.

- La altura del muro de gaviones debe ser mayor que el nivel de avenida esperado.

- La sección transversal del muro de gaviones debe ser estable.

- El muro de gaviones debe contar con un colchón antisocavante que se extienda horizontalmente sobre la orilla una distancia mínima de 1.5 veces la profundidad de socavación esperada.

b) Protección de pilares

La solución más común para la protección de pilares de puentes frente a la erosión, es la colocación de mantos de escollera alrededor del pilar. Dentro de las ventajas, se tiene que es una medida de protección eficaz y versátil, y ofrece facilidad de reposición o flexibilidad por reacomodo de sus elementos ante una erosión imprevista.

Como recomendaciones generales para el dimensionamiento de mantos de escollera, desde el punto de vista hidráulico, se tienen las siguientes consideraciones:

- La colocación del manto de escollera debe efectuarse por lo menos hasta la profundidad que alcanza la socavación general y por contracción y en lo posible hasta una profundidad de tal manera que no se desarrolle la socavación local.
- Para realizar el dimensionamiento de los fragmentos de roca a usar en la escollera existen varios métodos, en el presente Manual se describirá el método de Maza Alvarez y el método del HEC-18.
- La escollera de protección debe contar por lo menos de dos capas de material y deberá estar provisto de un filtro para evitar que el sustrato ascienda entre los intersticios de las rocas.

- La disposición del manto de escollera puede ser efectuado de dos maneras, la primera cubriendo todo el pilar o solamente en el extremo aguas arriba de cada pilar.
- Extender el ancho de la escollera al menos 2.5 veces el ancho del pilar, medido desde la cara externa del pilar en forma de aureola alrededor de éste.
- Previa evaluación, se recomienda realizar trabajos de mantenimiento y reparación del manto de escollera, luego del paso de avenidas.

b.1) Método de Maza Alvarez (1989)

La siguiente expresión puede ser usada para encontrar el tamaño de la roca.

$$D_m = \frac{135V}{\gamma_s^{1.03}\left(y^{1/(2+y)} - 0.15V\right)} \qquad (137)$$

Donde:

D_m : Diámetro medio de la roca (m)

V : Velocidad media del flujo (V < 4.5m/s)

y : Tirante de flujo (m)

γ_s : Peso específico del material de protección (Kg/m^3)

b.2) Método propuesto en HEC-18 (1993)

Según HEC-18 (1993), el enrocado no es una medida permanente para proteger pilares contra socavación y no debe ser empleado para puentes en construcción, ya que las nuevas estructuras deben proyectarse para ser estables. La siguiente ecuación se usa para encontrar el tamaño de la roca de protección.

$$D_{50} = \frac{0.692(KV)^2}{2g(G_s - 1)} \qquad (138)$$

Donde:

D_{50} : Diámetro medio de la roca (m)

K : Coeficiente de forma del pilar

($K = 1.5$ para pilares con nariz redondeada, $K = 1.7$ para pilares con nariz rectangular)

V : Velocidad de flujo sobre el pilar (m/s)

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

G_s : Densidad relativa de la roca, usualmente 2.65.

Para determinar la velocidad sobre el pilar cuando no se tengan valores puntuales, la velocidad media del cauce ($V_m = Q / A$) se multiplica por un coeficiente que va desde 0.9 para pilares ubicados próximos a las llanuras de inundación en ríos rectos hasta 1.7 para pilares próximos a la curvatura externa del río.

4.1.2 Drenaje longitudinal de la carretera

El agua que fluye a lo largo de la superficie de la plataforma, tanto de la propia carretera como de lo aportado por los taludes superiores adyacentes, debe ser encauzada y evacuada de tal forma que no se produzcan daños a la carretera ni afecte su transitabilidad.

Para evitar el impacto negativo de la presencia del agua, en la estabilidad, durabilidad y transitabilidad, en esta sección se considerará los distintos tipos de obras necesarios para captar y eliminar las aguas que se acumulan en la plataforma de la carretera, las que pueden provenir de las precipitaciones pluviales y/o de los terrenos adyacentes.

a) Período de retorno

El caudal de diseño ha considerarse será según lo indicado en el ítem 3.6 del presente manual.

b) Riesgo de obstrucción

Las condiciones de funcionamiento del drenaje longitudinal se verán afectadas por obstrucción debido al material sólido arrastrado por la corriente, por ello, debe efectuarse un adecuado diseño, que su vez permita realizar un adecuado mantenimiento.

c) Velocidad máxima del agua

La pendiente longitudinal (i) debe estar comprendida entre la condición de autolimpieza y la que produciría velocidades erosivas, es decir:

$$0.5\ \% < i < 2\ \% \qquad (139)$$

La corriente no debe producir daños importantes por erosión en la superficie del cauce o conducto si su velocidad media no excede de los límites fijados en la Tabla Nº 31 en función de la naturaleza de dicha superficie.

TABLA Nº 31: Velocidad máxima del agua

TIPO DE SUPERFICIE	MÁXIMA VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierta de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50 *
Concreto	4.50 – 6.00 *

* Para flujos de muy corta duración
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito-MTC.

Si la corriente pudiera conducir material en suspensión (limo, arena, etc.) se cuidará de que una reducción de la velocidad del agua no provoque su sedimentación, o se dispondrán depósitos de sedimentación para recogerlas, los cuales deberán ser de fácil limpieza y conservarse de forma eficaz.

4.1.2.1 Cunetas

Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial.

Se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinalmente paralela y adyacente a la calzada del camino y serán de concreto vaciadas en el sitio, prefabricados o de otro material resistente a la erosión.

Serán del tipo triangular, trapezoidal o rectangular, siendo preferentemente de sección triangular, donde el ancho es medido desde el borde de la rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la rasante al fondo o vértice de la cuneta.

El encuentro de la superficie de rodadura con el talud interno de la cuneta, debe ser tal que la superficie de rodadura (concreto asfáltico, etc.) no cubra todo el espesor de pared de la cuneta, tal como se aprecia en la figura Nº. 27.

La inclinación del talud interior de la cuneta (V/H) (1:Z_1) dependerá, por condiciones de seguridad, de la velocidad y volumen de diseño de la carretera, Índice Medio Diario Anual IMDA (veh/día); según lo indicado en la Tabla Nº 304.12 del Manual de Diseño geométrico DG-2001.

Tabla 304.12
INCLINACIONES MÁXIMAS DEL TALUD (V:H)
INTERIOR DE LA CUNETA

V.D. (Km/h)	I.M.D.A (VEH./DIA)		
	< 750		> 750
<70	1:02 1:03	(*)	1:03
> 70	1:03		1:04

(*) Sólo en casos muy especiales

La inclinación del talud exterior de la cuneta (V/H) (1:Z_2) será de acuerdo al tipo de inclinación considerada en el talud de corte.

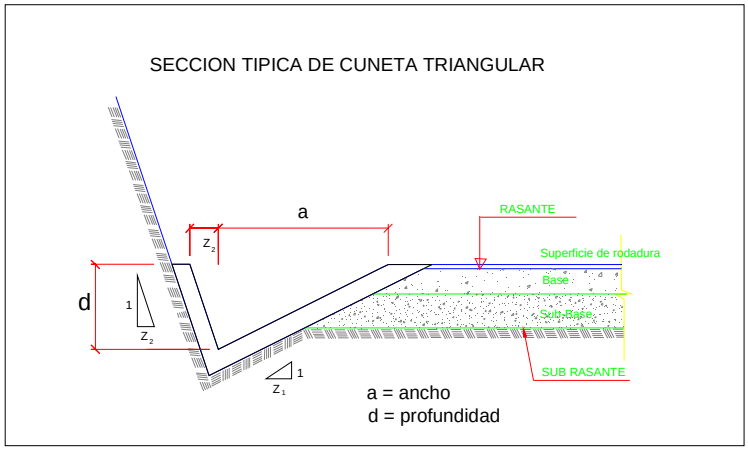


FIGURA Nº 27: Sección Típica de Cuneta triangular.

a) Capacidad de las cunetas

Se rige por dos límites:

- Caudal que transita con la cuneta llena
- Caudal que produce la velocidad máxima admisible

Para el diseño hidráulico de las cunetas utilizaremos el principio del flujo en canales abiertos, usando la ecuación de Manning:

$$Q = A \times V = \frac{\left(AxR_h^{2/3}xS^{1/2}\right)}{n} \quad (140)$$

Donde:

Q : Caudal (m^3/seg)

V : Velocidad media (m/s)

A : Área de la sección (m^2)

P : Perímetro mojado (m)

R_h : A/P Radio hidráulico (m) (área de la sección entre el perímetro mojado).

S : Pendiente del fondo (m/m)

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

- Los valores de Manning (n) más usados, se presentan en la Tabla Nº 09 del presente manual.

- También se utiliza el Coeficiente de Strickler (K) cuya expresión es (1/n) (Ver Tabla Nº 32)

TABLA Nº 32: Valores de K más usados

Cunetas excavadas en el terreno	K = 33
Cunetas en roca	K = 25
Cunetas de concreto	K = 67

Fuente: Ingeniería Vial I de Hugo Morales Sosa

- Velocidades límites admisibles

TABLA Nº 33: Velocidades límites admisibles

TIPO DE SUPERFICIE	VELOCIDAD LÍMITE ADMISIBLE (M/S)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50 *
Concreto	4.50 – 6.00 *

* Para flujos de muy corta duración
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito-MTC.

Ejemplo de diseño de una cuneta triangular típica

- Con talud interior 1:2 y talud exterior 1:2

- Radio hidráulico (R_h) :

$$R_h = \frac{5\,x\sqrt{H}}{6} \qquad (141)$$

$$R_h = \left(\frac{nv}{\sqrt{S}}\right)^{3/2} \qquad (142)$$

- Sección mojada (A):

$$A = \frac{5H^2}{4} \qquad (143)$$

- Con talud interior 1:1.5 y talud exterior 1:1.5

- Radio hidráulico (R_h) :

$$R_h = \frac{Hx\sqrt{13}}{10} \qquad (144)$$

$$R_h = \left(\frac{nv}{\sqrt{S}}\right)^{3/2} \qquad (145)$$

- Sección mojada (A):

$$A = \frac{13\,H^2}{12} \qquad (146)$$

Donde:

n : Coeficiente de Manning

K : Coeficiente de Strickler (1/n)

V : Velocidad admisible

S : Pendiente en m/m

Q : Capacidad en m^3/seg

Con estas ecuaciones calculamos la máxima capacidad de las cunetas correspondiente a la velocidad admisible para distintas pendientes.

Procedimiento de cálculo de Rh usando la ecuación (141) ó (144):

- Elijo una altura H, que sea menor a 0.60m.
- Calcular el radio hidráulico con la ecuación (141) ó (144), del radio Hidráulico.
- Calcular el área de la sección mojada (A), ecuación (143) ó (146)
- Calcular el caudal con la ecuación (140) de Manning, y si

Q manning > Q de aporte,

Entonces el diseño está terminado. Si ocurre lo contrario, debemos volver al paso 1 y elegir otra altura de cuneta (H).

Procedimiento de cálculo de Rh usando la ecuación (142) ó (145).

- Calcular el radio hidráulico con la ecuación (142) ó (145)
- Elijo una altura de cuneta H. (H debe ser menor a 0.60m)
- Calcular el área de la sección mojada (A), ecuación (143) ó (146)
- Calcular el caudal con la ecuación (140) de Manning, y si

Q manning > Q de aporte,

Entonces el diseño está terminado. Si ocurre lo contrario, debemos volver al paso 2 y elegir otra altura de cuneta (H).

b) Caudal Q de aporte

Es el caudal calculado en el área de aporte correspondiente a la longitud de cuneta. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{CxIxA}{3.6}$$

(147)

Donde:

Q : Caudal en m^3/s

C : Coeficiente de escurrimiento de la cuenca

A : Área aportante en Km^2

I : Intensidad de la lluvia de diseño en mm/h

c) Dimensiones mínimas

Las dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviales.

De elegir la sección triangular, las dimensiones mínimas serán las indicadas en la Tabla Nº 34.

TABLA Nº 34: Dimensiones mínimas

REGIÓN	PROFUNDIDAD (D) (M)	ANCHO (A) (M)
Seca (<400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000 mm/año)	0.30*	1.20

* Sección Trapezoidal con un ancho mínimo de fondo de 0.30
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito-MTC.

Para lograr el funcionamiento adecuado de la sección hidráulica, se requiere que en los proyectos viales se considere:

- La construcción de una berma exterior de recepción con ancho mínimo de 60 cm (entre la cuneta y pie del talud de corte), con la finalidad de recepcionar la posible caída de materiales del talud superior, los cuales al impactar, deterioran las losas, y colmatan la sección hidráulica.
- Así mismo es necesario establecer la necesidad de mantenimiento de cunetas por lo menos dos veces al año (antes y después del período de lluvia, especialmente en zonas de sierra y selva del país).

Cuando existan limitaciones de ancho de la plataforma se podrá proyectar cunetas con doble función:

- Drenaje, y
- Área de emergencia (berma)

Para los cuales se buscará la solución más adecuada tales como: cunetas cubiertas, berma-cuneta, cuneta tipo batea, etc.

DIMENSIONES MINIMAS DE CUNETA TRIANGULAR TIPICA

REGION	PROFUNDIDAD (d) mts.	ANCHO (a) mts.
Seca (<400mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000mm/año)	0.30*	1.20

* Sección Trapezoidal con un ancho mínimo de fondo de 0.30m

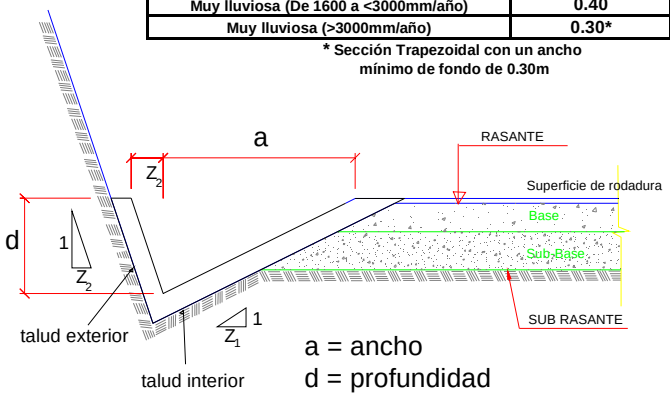


FIGURA Nº 28: Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica.

d) Desagüe de las cunetas

La descarga de agua de las cunetas se efectuará por medio de alcantarillas de alivio. En región seca o poca lluviosa la longitud de las cunetas será de 250m como máximo, las longitudes de recorridos mayores deberán justificarse técnicamente; en región muy lluviosa se recomienda reducir esta longitud máxima a 200m. Salvo justificaciones técnicas, cuando se tenga presencia de áreas agrícolas, viviendas ubicadas sobre el talud inferior de la carretera que pueden ser afectadas por descargas de alcantarillas de alivio. En este aspecto, el proyectista deberá realizar una evaluación exhaustiva para ubicar adecuadamente los puntos de descarga de alcantarillas de alivio sin afectar la propiedad adyacente.

e) Revestimiento de las cunetas

Las cunetas deben ser revestidas, para evitar la erosión de la superficie del cauce o conducto, productos de corrientes de agua que alcancen velocidades medias superiores a los límites fijados en la

Tabla Nº 33; o cuando el terreno es muy permeable que permite la filtración hacia el pavimento, y consecuentemente su deterioro. El revestimiento de las cunetas puede ser de concreto, o de ser el caso de mampostería de piedra, previa verificación de velocidades de acuerdo a las pendientes finales del trazo geométrico. Se recomienda un revestimiento de concreto f´c = 175 kg/cm^2 y espesor de 0.075m.

4.1.2.2 Cunetas o zanjas de coronación

Las cunetas o zanjas de coronación son canales que se construyen en la parte superior de los taludes de corte, para recoger las aguas que bajan por las pendientes naturales y conducirlas hacia la quebrada o descarga más próxima del sistema general de drenaje, evitando de este modo la erosión del terreno, especialmente en zonas de pendiente pronunciada.

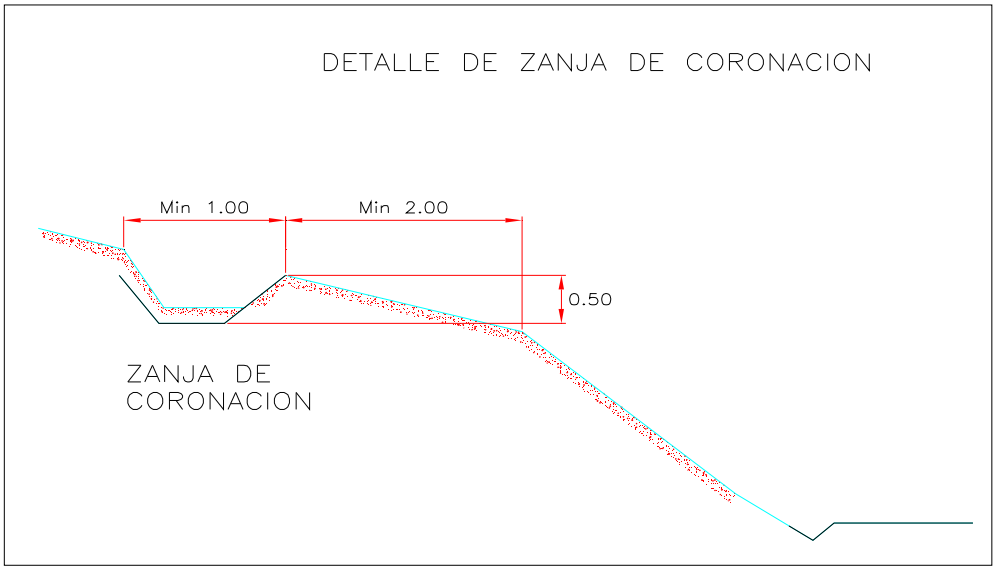


FIGURA Nº 29: Detalle típico de zanja de coronación.

Normalmente son de forma rectangular, pero también pueden ser trapezoidales, si se requiere un mayor tamaño.

Es importante sembrar especies naturales a ambos lados de la cuneta (pastos, ichu, maleza, raíces, árboles, etc); o ramas cortadas amarradas entre sí en forma de estructuras alargadas, las cuales se entierran o se colocan como estacas siguiendo el contorno de un talud), para evitar que el agua erosione bajo la cuneta y ésta se obstruya con sedimentos.

Si la pendiente es mayor que 2%, es necesario que el canal tenga recubrimiento de concreto simple o enrocado, teniendo en cuenta además del área mojada y la rugosidad del canal. Para pendientes mayores, las zanjas deben ser escalonadas con emboquillado de piedra bajo la caída.

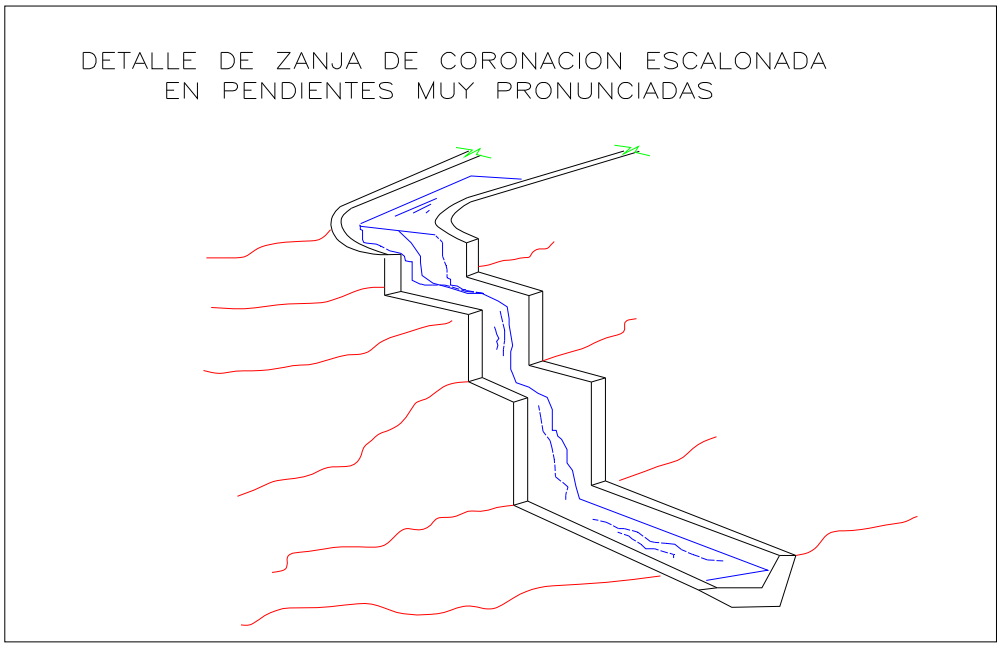


FIGURA Nº 30: Detalle de zanja de coronación en pendientes muy pronunciadas

No es recomendable colocar estas zanjas, paralelas totalmente a la carretera, porque los tramos finales de la cuneta quedan con una pendiente excesiva, en la que se tienen que ejecutar tramos

escalonados, como se observa en la Figura Nº 30, sino por el contrario, se trazará la cuneta hacia el interior de la quebrada, siguiendo las pendientes admisibles para el tipo de terreno o revestimiento.

Se puede prescindir de las cunetas de coronación en taludes de suelos resistentes a la erosión con declives de 1:2 (V :H) o menores, o cuando durante la construcción se hayan adoptado medidas efectivas de control de la erosión.

4.1.2.3 Zanjas de drenaje

Las zanjas de drenaje son canales que se construyen en la parte inferior de los taludes de relleno en forma longitudinal lateral o transversal al alineamiento de la carretera, para recoger las aguas que bajan por el talud y terrenos adyacentes para conducirlas hacia la quebrada o descarga más próxima del sistema general de drenaje, evitando de este modo la erosión del terreno.

Normalmente son de forma rectangular, pero también pueden ser trapezoidales, si se requiere una mayor dimensión.

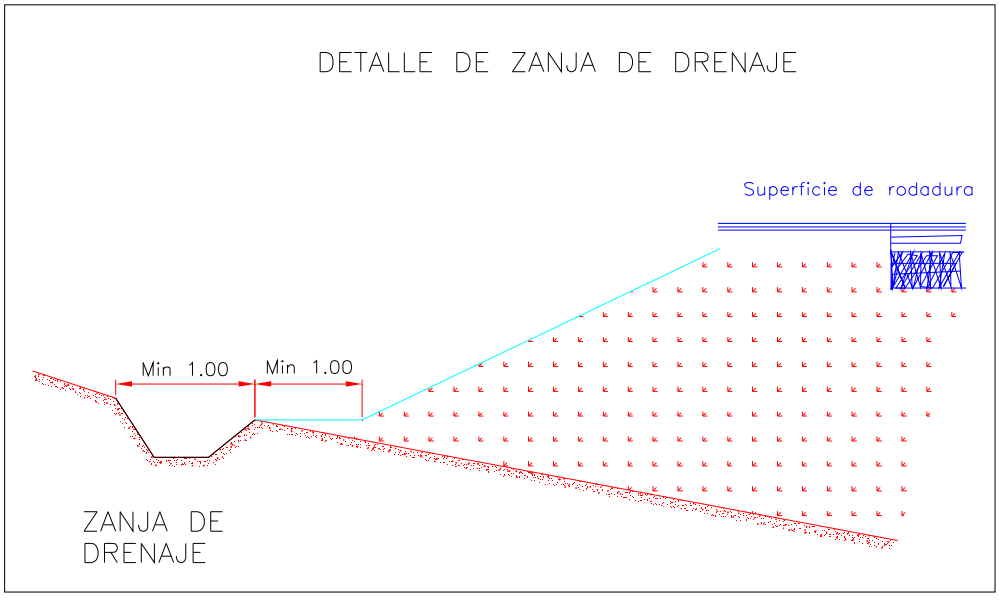


FIGURA Nº 31: Detalle típico de zanja de drenaje

4.1.2.4 Cunetas de banqueta

Son aquellas que se ubican al pie del talud inclinado de cada banqueta, las cuales consisten en la construcción de una o más terrazas sucesivas con el objetivo de estabilizar un talud.

Pueden tener sección triangular, rectangular o trapezoidal, de acuerdo al caudal de escorrentía superficial que transportará y su descarga se efectuará hacia un curso natural o mediante caidas escalonadas hacia las cunetas.

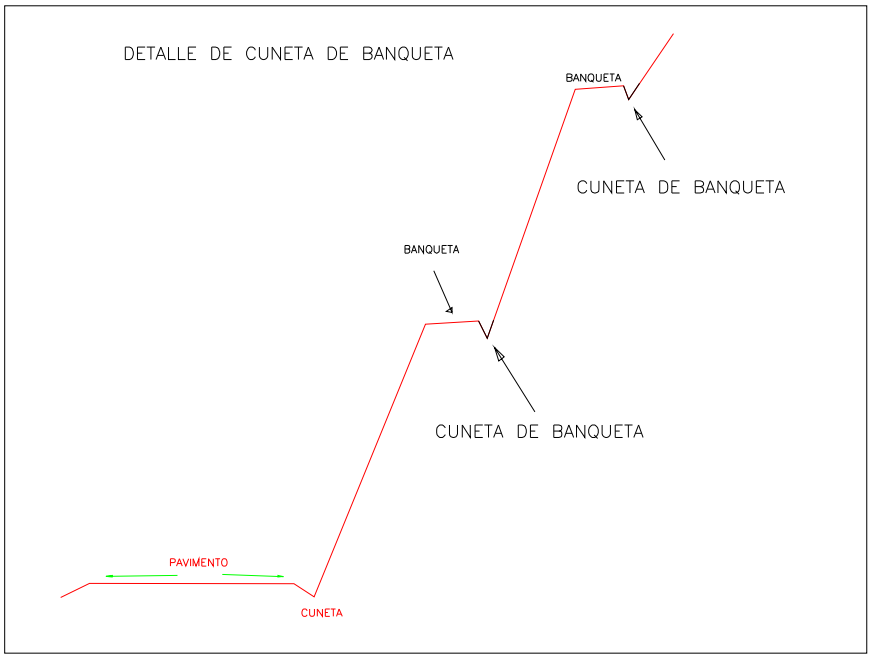


FIGURA Nº 32: Detalle de cuneta de banqueta típica

4.1.2.5 Bordillos

Los bordillos son elementos que interceptan y conducen el agua que por efecto del bombeo discurren sobre la plataforma de la carretera, descargándola mediante aliviaderos en sitios adecuados con el objetivo de evitar la erosión de los taludes de terraplenes que estén conformados por material erosionable.

Se construirán en los terraplenes mayores de 1.5m de altura, ubicándolas longitudinalmente en ambos lados en los terraplenes que se encuentren en tangente, o en la parte interna de los terraplenes en curva horizontal. Asimismo, se ubicarán sobre la corona del talud inferior cuando la carretera se desarrolla en corte a media ladera.

Se emplazarán en el lado exterior de la plataforma y generalmente tienen una sección trapezoidal con base inferior de veinte (20) centímetros, base superior de quince (15) centímetros y altura de cuarenta (40) centímetros, sobresaliendo de la superficie de rodadura quince (15) centímetros.

En los tramos en tangente se dejará un espacio libre para la descarga del escurrimiento hacia aliviaderos adecuadamente ubicados a una distancia de entre cincuenta (50) y cien (100) metros.

Los bordillos pueden ser de concreto, reforzados con varillas de construcción en forma de malla simple de ø3/8" cada 0.20m, tal como se observa en a Figura –nº 33.

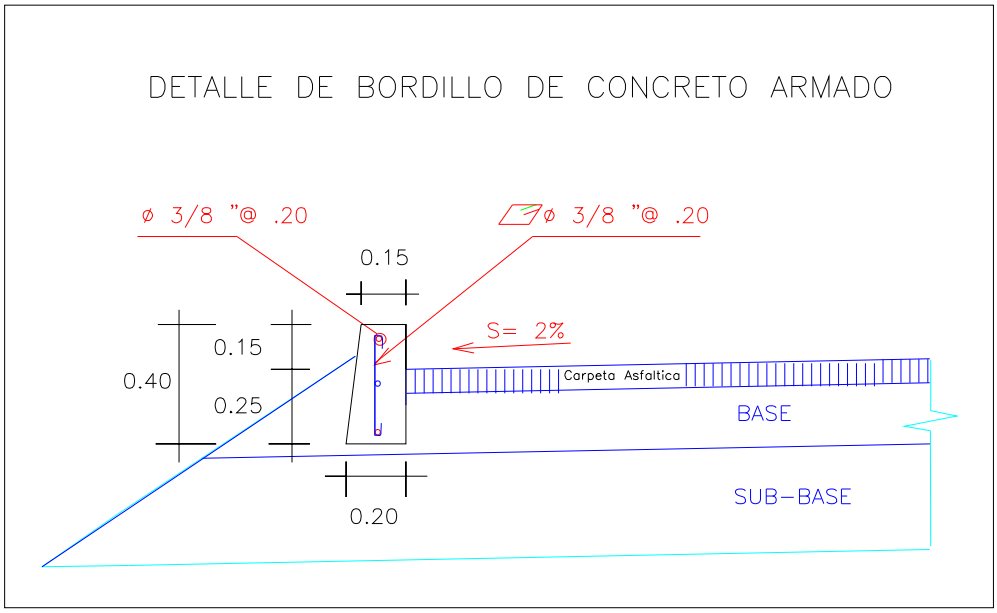


FIGURA Nº 33: Detalle típico de bordillo de concreto armado

4.1.2.6 Canales de drenaje

Un sistema de drenaje superficial de una vía diseñado adecuadamente debe interceptar con efectividad todo el escurrimiento directo superficial y de la cuenca, para conducirla a través de canales y cunetas que tengan el diseño adecuado para su descarga final en los cursos de agua naturales.

En zonas bajas o con depresiones en su topografía, hay acumulaciones de aguas que pueden deberse a diferentes causas: por precipitaciones copiosas, por escurrimiento superficial o por elevación de la napa freática causada por riego o crecida de un río cercano, por tanto para captar y evacuar estas aguas acumuladas, se proyectarán diferentes canales en red de drenaje, dentro del área que presenta estos problemas.

Esta red de drenaje está compuesta por:

- Canales principales, que son los “drenes” o cauces naturales, los cuales se amplían en función del caudal a evacuar.
- Canales secundarios, se proyectan para ampliar la red, y están conectados con los canales principales.
- Canales terciarios, son los canales colectores, estos recogen el agua del área a evacuar y los trasladan hacia los canales secundarios.

Los canales pueden ser de concreto fraguado en el terreno ó de canales prefabricados de concreto.

4.2 Drenaje Subterráneo

El drenaje subterráneo se proyecta con el objetivo de interceptar, conducir y/o desviar los flujos subsuperficiales (subterráneos) que se encuentren en el suelo de fundación de la carretera y/o provenientes de los taludes adyacentes.

El efecto del agua en el pavimento es perjudicial, por lo que debe ser evacuada a través de los sistemas de drenaje superficial y subterráneo. Debe conocerse tanto su procedencia como su caudal, así como el marco geográfico en que se encuentra. Los efectos desfavorables son múltiples: erosión interna de finos, sifonamiento, tubificación, arrastre y expulsión de finos, acelerando el fallo estructural de la calzada y acortando su vida útil. Para el buen funcionamiento del sistema de subdrenaje se requiere una pendiente adecuada y una buena red de evacuación del agua. Por último, de ser compatible y funcional con el tipo de suelo a drenar (tipo de suelo, permeabilidad, gradación, etc.), se contempla el uso de materiales geotextiles debido a su durabilidad, evitando que las capas drenantes se colmaten y pierdan su funcionalidad.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que la experiencia ha mostrado que para las condiciones siguientes es riesgoso el uso de geotextiles:

- Suelos finos pobremente graduados (es decir, todos los de tamaño uniforme),
- Agua subterránea de alta alcalinidad donde la lentitud del líquido pasando a través del geotextil causa deposiciones de calcio, sodio o precipitaciones de magnesio,
- Alta concentración de sólidos en suspensión en el líquido como en el caso de aguas turbias de ríos que pueden desarrollarse sobre o dentro del geotextil.

4.2.1 Subdrenaje

4.2.1.1 Requerimientos de Obras de Subdrenaje en proyectos viales.

El estudio de subdrenaje, es una actividad que demanda mucha experiencia y certeza en los estudios; dado que las condiciones freáticas son dinámicas, es decir tanto el nivel freático como los flujos subsuperficiales, varían según la estación del año, comportamiento hidrológico de la zona, tipo de suelo, pendiente, alteración del medio poroso, etc.

La necesidad de obras de subdrenaje en un proyecto vial, no es el resultado de un cálculo matemático de carácter determinísticos, si no está sujeto al comportamiento de múltiples variables aleatorias; por lo tanto, este requerimiento generalmente es estimado y se obtiene a partir de observaciones directas y muestreo del terreno.

En la etapa de campo, se debe evaluar la necesidad de obras de subdrenaje para las condiciones proyectadas de la carretera, y adoptar las precauciones cuando la vía se encuentre cerca o este influenciado por:

- Existencia de lagunas, puquiales, canales sin revestir en la parte alta de la vía.
- Deformaciones, hundimientos y/o asentamientos de la plataforma vial, atribuibles a la presencia del agua en el subsuelo.
- Existencia de cultivos con grandes demanda de agua, como el arroz. Presencia de terrenos de cultivos con riegos por gravedad permanentes o riegos en secano.
- Filtraciones en taludes, presencia de vegetación propio de suelos saturados como el junco, totora, etc.
- Presencia de niveles freáticos en excavaciones a cielo abierto.
- Excavaciones de la plataforma vial, en taludes saturados, etc.

4.2.1.2 Subdrenaje convencional

El subdrenaje está constituido por zanjas excavadas a mano o con retroexcavadora, rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte de agua (tubo perforado).

Generalmente los subdrenes se usan en los siguientes casos:

- Colocado longitudinalmente al pie de los taludes de corte para interceptar filtraciones y flujos subsuperficiales que llegan a la carretera.

- Longitudinalmente en un terraplén, ubicado en la zona donde discurre el agua subterránea.
- Formando parte de un sistema de drenes transversales y longitudinales o dispuestos como una “espina de pescado”, a fin de evacuar el flujo subsuperficial presente en la zona de emplazamiento de la carretera.

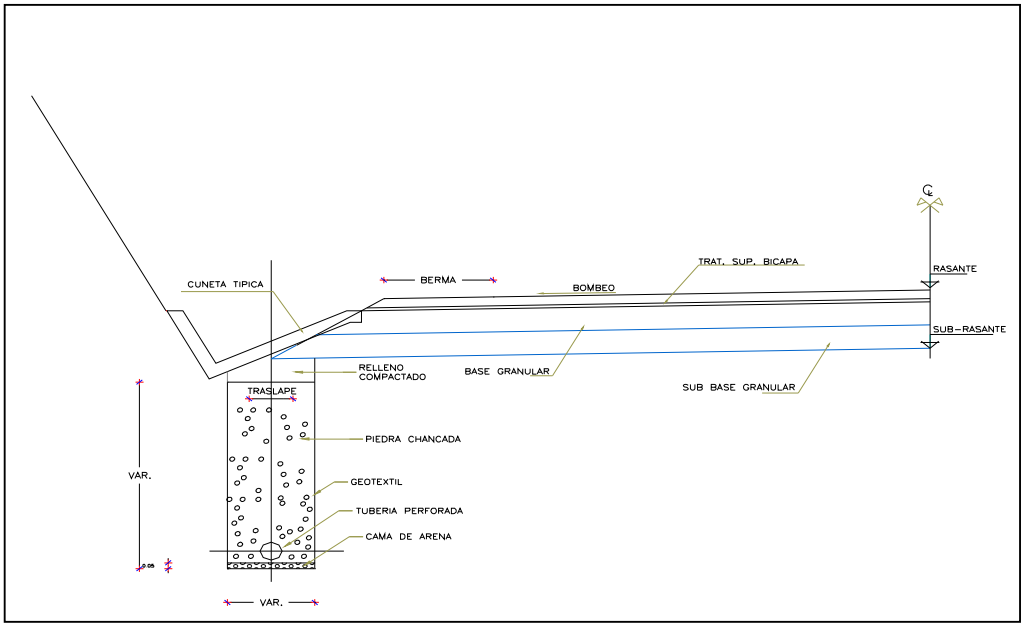


Figura Nº 34: Sección Típica Subdren

4.2.1.2 Subdrenaje sintético

Debido a la dificultad que existe en algunos casos de obtener materiales naturales para los subdrenes y con el desarrollo de nuevas tecnologías como las mallas sintéticas, se viene usando los subdrenes sintéticos. Estos subdrenes consisten de tres elementos básicos:

a. Red de Malla Sintética (similar Geodren)

La Red de malla sintética está construida de tal manera que se forman unos canales que facilitan el flujo de agua.

b. Geotextil

El geotextil (no tejido) actúa como filtro impidiendo el paso de partículas de suelo hacia la red de malla sintética y permitiendo a su vez el flujo de agua.

c. Tubo colector perforado

En el extremo inferior de la red de malla sintética y envuelto por el geotextil se coloca una manguera perforada PVC especial para este tipo de subdrenes, la cual recoge y conduce el agua colectada por la red de malla sintética.

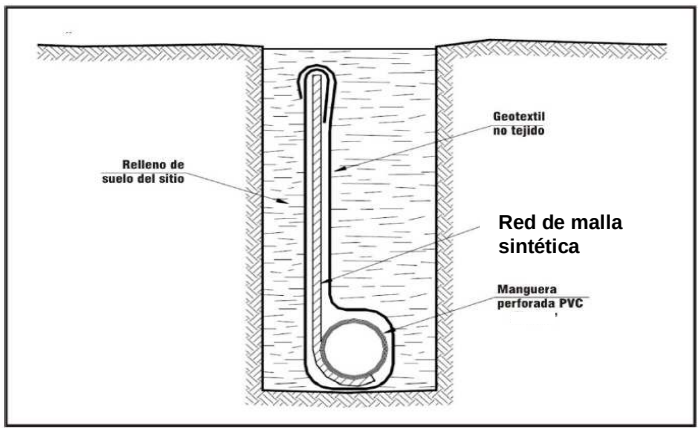


Figura Nº 35: Sección típica subdren sintético

4.2.1.3 Criterios de diseño

a) Caudal de diseño

Se debe considerar en primer lugar la distancia de inicio y descarga de los subdrenes, dado que a mayor distancia de recorrido, su capacidad de transporte deberá incrementarse debido al aporte de caudales a lo largo de su recorrido.

Los posibles caudales de aporte, que conforman el caudal total, los cuales pueden afectar la estructura del pavimento son:

- El caudal generado por la infiltración de las aguas provenientes de precipitaciones pluviales y de sectores con régimen de riego permanente que discurren sobre el talud superior adyacente a la carretera.

- El caudal generado por el abatimiento del nivel de agua subterránea, en lugares donde el nivel freático alcance una altura tal, que supere el nivel de subrasante afectando la estructura del pavimento.

Caudal por abatimiento del nivel freático

Se tiene las siguientes relaciones:

$$q_{NF} = K .i. Ae \quad (148)$$

$$i = (Nd – Nf) / B \quad (149)$$

$$Ae = (Nd – Nf)*L \quad (150)$$

Donde:

K : Coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente.
i : Gradiente hidráulico.
Nd : Cota inferior del subdrén.
Nf : Cota superior del nivel freático.
Ae : Área efectiva para el caso del abatimiento del nivel freático.

B : Para subdrenes longitudinales es el semiancho de la vía y para subdrenes transversales se refiere a la distancia entre subdrenes.

L : Longitud del tramo de drenaje.

q_{NF} : Caudal por abatimiento del nivel freático.

b) Determinación del tipo de geotextil filtrante

El filtro evita una excesiva migración de partículas de suelo y simultáneamente permite el paso del agua, lo anterior implica que el geotextil debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo, cumpliendo simultáneamente con un valor mínimo admisible de permeabilidad que permita el paso del flujo de una manera eficiente.

Para llegar a la selección del geotextil no sólo hay que tener en cuenta lo anterior, sino además, la resistencia a la colmatación, supervivencia y durabilidad, todos estos criterios se explican brevemente a continuación:

Criterio de retención

De acuerdo con lo establecido en "Geotexiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administration (FHWA) y basados en el criterio de retención de Chistopher y Holz (1989), Carroll (1983), un geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$TAA < D_{85} * B \qquad (151)$$

Donde:

TAA : Tamaño de abertura, dato suministrado por el fabricante. Corresponde a la abertura de los espacios libres (en milímetros).

D_{85} : Tamaño de partículas (en milímetros). Cuando al tamizar un suelo pasa el 85% de éste. Este dato se obtiene de la curva granulométrica del suelo en consideración.

B : Coeficiente que varia entre 1 y 3. Depende del tipo de suelo a drenar, de las condiciones de flujo y del tipo de geotextil.

- Para arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (con menos de 50% que pasa el tamiz Nº 200) B es función del coeficiente de uniformidad Cu, de la siguiente manera.

  $C_u \leq 2$ ó ≥ 8: Usar B=1

  $2 \leq C_u \leq 4$: Usar $B=0.5*C_u$

  $4 < C_u < 8$: Usar $B=8/C_u$

  Donde $C_u = D_{60} / D_{10}$

- En suelos arenosos mal graduados usar B entre 1.5 y 2

- Para suelos finos, (más de 50% pasa el tamiz Nº 200) B es función del tipo de geotextil.

  Para geotextiles no tejidos punzonados por agujas use B = 3.

  La AASHTO Task Force No 25 (1986), recomienda que los geotextiles mínimo deben cumplir:

$$TAA < 0.3 \text{ mm} \qquad (152)$$

Criterio de permeabilidad

El coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio de la cual, el geotextil permite un adecuado paso de flujo perpendicular al plano del mismo; para revisar la permeabilidad del geotextil se debe tener en cuenta lo siguiente:

Para condiciones de flujo crítico, altos gradientes hidráulicos y buscando un correcto desempeño a largo plazo reduciendo los

riesgos de colmatación se recomienda usar el criterio de Carroll (1983); Chistopher y Holtz (1985):

$$Kg \geq 10 * Ks \qquad (153)$$

Para aplicaciones no críticas:

$$Kg \geq Ks \qquad (154)$$

Donde:

Kg: Permeabilidad del geotextil.

Ks: Permeabilidad del suelo.

Criterio de colmatación

Este criterio considera la posibilidad de obstrucción de sus vacíos debido a incrustaciones de partículas del suelo. Por lo tanto, el geotextil debe tener un porcentaje mínimo de espacios vacíos.

Los geotextiles con una mayor resistencia a la colmatación, son los geotextiles no tejidos punzonados por agujas, en los cuales el riesgo a que se tapen gran parte de sus orificios es muy bajo, debido al espesor que poseen y a los altos valores de porosidad que presentan. De acuerdo con el criterio de Chistopher y Holtz, 1985; R. Koemer, 1990, los geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad > 50%.

Criterio de supervivencia

El geotextil en el proceso de instalación y a lo largo de su vida útil puede estar sometido a esfuerzos, los cuales deben ser soportados por el mismo, de tal manera que no afecte drásticamente sus propiedades hidráulicas y físicas. Los requerimientos de supervivencia se establecerán según las Especificaciones Técnicas

Generales para construcción de Carreteras (EG-2000); los cuales se muestran a continuación:

Tabla Nº 35: Geotextiles - Requerimientos de Supervivencia

PROPIEDAD	ENSAYO	UNID	REQUERIMIENTO DE GEOTEXTIL (VMPR)					
			CLASE 1		CLASE 2		CLASE 3	
			E < 50%	E > 50%	E < 50%	E > 50%	E < 50%	E > 50%
Resistencia Grab	ASTM D4632	N	1400	900	1100	700	800	500
Resistencia al razgado trapezoidal	ASTM D4533	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N	500	350	400*	250	300	180
Resistencia "Burst"	ASTM D3786	Kpa	3500	1700	2700	1300	2100	950
Resistencia a la costura	ASTM D4632	N	1260	810	990	630	720	450

*El VMPR requerido para resistencia al Rasgado Trapezoidal para geotextil tejidos de monofilamentos, es de 250 N.

Tabla Nº 36: Geotextiles para Subdrenaje – Requerimientos

PROPIEDAD	ENSAYO	UNIDAD	REQUERIMIENTO		
			PORCENTAJES DE SUELO A RETENER QUE PASA LA MALLA 0.075 MIN. (N°200)		
			< 15	15 - 50	> 50
Clase de Geotextil	-	-	Clase 2, de la Tabla N°05		
Permitividad	ASTM D4491	s^{-1}	0.5	0.2	0.1
Tamaño de Abertura Aparente (TAA)	ASTM D4751	mm	0.43 Valores máx. promedio por rollo	0.25 Valores máx. promedio por rollo	0.22 Valores máx. promedio por rollo
Resistencia retenida UV	ASTM D4355	%	50% después de 500 horas de exposición		

Criterio de durabilidad

Los geotextiles por ser un material fabricado de polipropileno, no son biodegradables, son altamente resistentes al ataque químico como a los lixiviados.

No se recomienda el uso de los geotextiles como filtros en lugares donde queden expuestos a rayos ultravioleta por un tiempo prolongado. Donde por razones de instalación y funcionamiento los geotextiles estén expuestos al ataque de los rayos ultravioleta, estos deberán estar fabricados por compuestos, que les proporcionen una alta resistencia a la degradación UV.

c) Determinación de las dimensiones de la sección transversal

Teniendo el caudal final Qf, el cual es la suma de los caudales calculados, se realiza el siguiente procedimiento:

$$Qf = V * i * A \qquad (155)$$

Donde:

Qf : Caudal final

V : Velocidad de flujo, la cual depende de la pendiente longitudinal y del tamaño del agregado usado en el subdrén. (Ver Figura N°36)

i : Gradiente hidráulico que para el caso de subdrenes es igual a 1

A : Área de la sección transversal del subdrén, normalmente se fija el ancho y se despeja su altura.

Una vez obtenida la sección transversal del subdrén, se puede calcular su perímetro, el geotextil debe colocarse en todo su perímetro. Por lo tanto la longitud del geotextil corresponderá al perímetro del subdrén más el traslape.

El diámetro de la tubería a usar se puede estimar haciendo uso de la ecuación de Manning. Por tanteo se asume un diámetro de tubería y se rectifica si cumple la siguiente igualdad:

$$Qf = (1/n) * A * R^{2/3} * S^{1/2} \qquad (156)$$

Donde:

Qf : Caudal final calculado

n : Coeficiente de Manning. Para tubería perforada usualmente es 0.013.

A : Área del tubo

R : At/Pt (Área total / Perímetro total) a tubo lleno

S : Pendiente del subdrén

La línea superior de flujo o nivel freático no debe superar en ningún momento la cota de la subrasante, con este criterio se debe establecer la profundidad del subdrén.

En caso de subdrenaje convencional, el material granular podrá ser natural, provenir de la trituración de piedra o roca, o ser una mezcla de ambos y estará constituido por fragmentos duros y resistentes, además deberá cumplir con los requisitos indicados en las especificaciones técnicas del Proyecto.

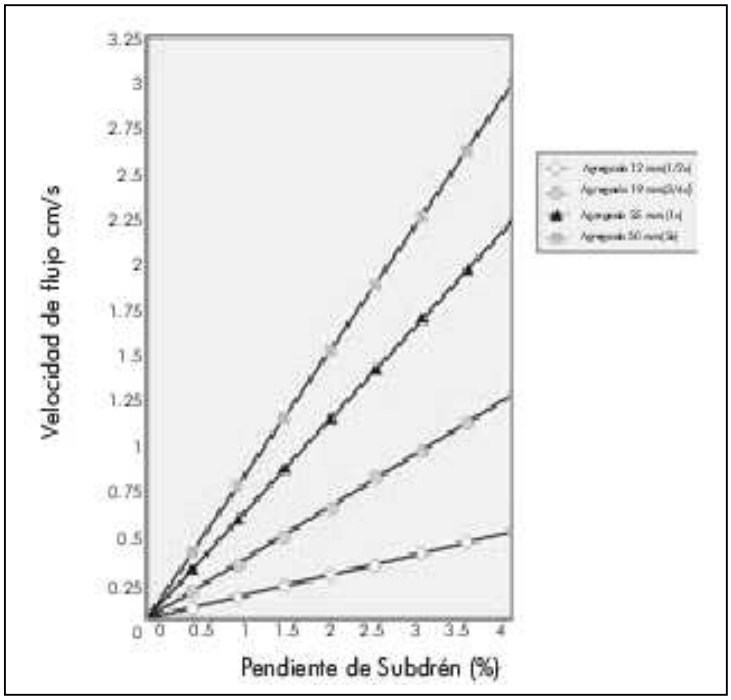


FIGURA Nº 36: Pendiente vs. Velocidad, según el tamaño del agregado (Para agregados de tamaño uniforme)
(Fuente: Manual de diseño de subdrenaje (Colombia))

d) Tasa de Flujo

Se debe revisar la cantidad de flujo volumétrico que puede pasar por unidad de área (tasa de flujo) en el plano normal al geotextil (permitividad K/t, donde K es la permeabilidad y t es el espesor del geotextil), frente a la cantidad de flujo volumétrico a evacuar por metro cuadrado. Para lo cual se realiza el siguiente procedimiento.

Teniendo el caudal que se requiere pasar por el filtro por cada metro cuadrado, se calcula la permitividad requerida del geotextil. Haciendo uso de la ecuación de Darcy.

$$q = K * i * A \quad (157)$$

$$q = K * (\Delta h / t) * A \quad (158)$$

$$K / t = q /(\Delta h * A) \quad (159)$$

Donde:

K / t : Permitividad requerida del geotextil, (ψ requerida).

q : Caudal a evacuar calculado por metro cuadrado.

Δh : Carga hidráulica

A : Área por unidad de longitud.

$$\psi \text{ requerida} = q / (\Delta h * A)$$

La tasa de flujo también se puede obtener, teniendo el caudal a evacuar por metro cuadrado y el caudal capaz de dejar el geotextil por metro cuadrado.

4.2.2 Cajas de registro y buzones

En los drenes longitudinales, se recomienda usar, a intervalos regulares, cajas de registro o buzones de registro que permitan controlar el buen funcionamiento del subdrenaje y sirvan para evacuar el agua recogida por la tubería del subdren, ya sea a un colector principal, a una cuneta situada, por ejemplo, al pie de un terraplén, a un curso natural o a otros dispositivos de desagüe.

Asimismo, deberán colocarse cajas de registro o buzones en todos los cambios de alineación de la tubería de drenaje.

La distancia entre dos cajas o buzones consecutivos oscilará en general entre 80m y 100m y dependerá de la pendiente longitudinal

del tubo y de su capacidad de desagüe, de la disposición general del subdrenaje y de los elementos naturales existentes.

En el caso de salida libre de la tubería de desagüe de la caja de registro o el buzón a una cuneta. Se tendrá en cuenta que el nivel de la salida quede lo suficientemente alto y con las protecciones necesarias para impedir su obstrucción, inundación, etc.

4.2.3 Drenes de penetración

Un dren horizontal o subdren de penetración consiste en una tubería perforada colocada a través de una masa de suelo, mediante una perforación profunda subhorizontal (ligeramente inclinada), con la cual se busca abatir el nivel freático hasta un nivel que incremente la estabilidad del talud (tal como se muestra en la Figura Nº 37).

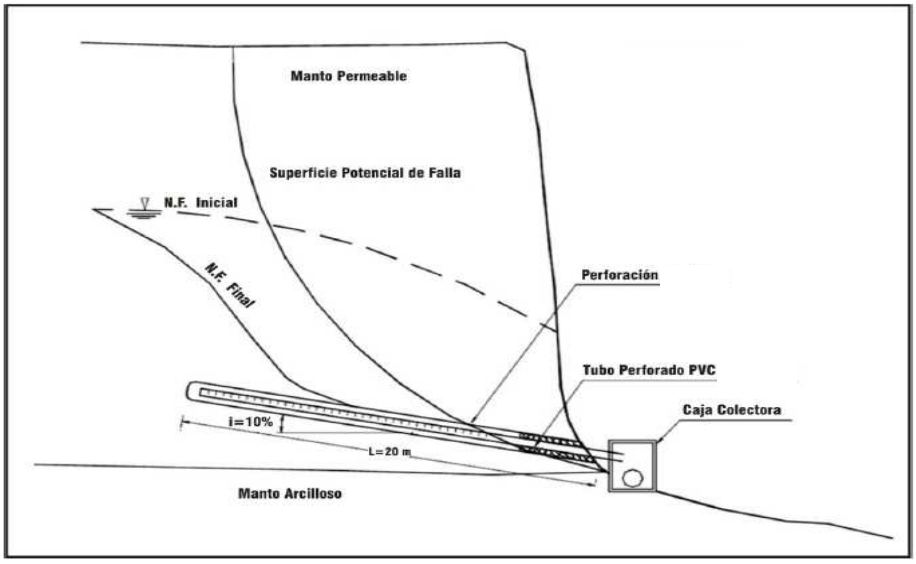


Figura Nº 37: Drenes de penetración

La principal ventaja de los drenes horizontales es que son rápidos y simples de instalar logrando incrementar el factor de seguridad del talud en muy poco tiempo.

El diámetro de las perforaciones es de aproximadamente 3 a 4

pulgadas dentro de las cuales se colocan tuberías perforadas. Los tubos utilizados son metálicos, de polietileno o PVC, generalmente en diámetros 2" ó 3", aunque en ocasiones se emplea otro tipo de diámetro. La tubería se puede perforar con agujeros circulares en sentido transversal. Los orificios de la tubería se hacen generalmente, en diámetros de 5 a 1.5 milímetros con una densidad de 15 a 30 agujeros por metro de tubería. Muchas veces los subdrenes se diseñan para que recolecten agua solamente en el sector cercano a la punta interior y se inyecta con un impermeabilizante, la longitud restante de tubo. En esta forma se impide que el agua captada se reinfiltre nuevamente en la trayectoria de salida.

Criterios de diseño de subdrenes de penetración

Para la ubicación de los drenes se recomienda hacer previamente un estudio geotécnico para determinar las características del régimen de aguas subterráneas.

Es importante la ubicación de piezómetros abiertos de control que permitan medir el abatimiento del nivel de agua y dar información al especialista sobre la necesidad o no de colocar más subdrenes.

Debe estudiarse minuciosamente el efecto de construir pocos drenes profundos, a la alternativa generalmente, menos costosa y en ocasiones más efectiva desde el punto de vista de estabilidad del talud, de colocar una densidad mayor de drenes poco profundos.

4.2.4 Drenaje del pavimento

Salvo en el caso de carreteras en terrenos permeables, el drenaje de la capa permeable constituida por la sub-base y/o base, puede proyectarse tanto mediante drenes enterrados como prolongando la capa permeable hasta los taludes de los terraplenes con descarga

hacia cunetas o zanjas. Además, deben darse pendientes transversales mínimas a la subrasante.

En los sectores de la carretera en los que el pavimento se asienta sobre una subrasante impermeable, debe evitarse que el agua de lluvia que se presenta por capilaridad o se filtra a través del pavimento, se acumule bajo éste y forme una bolsa de agua que origine su ruptura por el paso del tránsito.
Este problema es mayor cuando la cuneta se coloca a la altura del pavimento y naturalmente tiene que ser revestida.

Las soluciones mas recomendadas para evitar la acumulación del agua son:

a) Colocación en el sector, bajo el pavimento, una capa drenante que siga la pendiente lateral de la carretera, que se prolonga hasta un lugar con drenaje natural.

b) Colocación de un subdrén, bajo la berma adyacente a la cuneta, con una tubería perforada de plástico pesada a una profundidad adecuada y que esté de acuerdo al diseño, que recoja el agua que filtra y la lleve al lugar de drenaje natural. (Ver Figura N º 35).

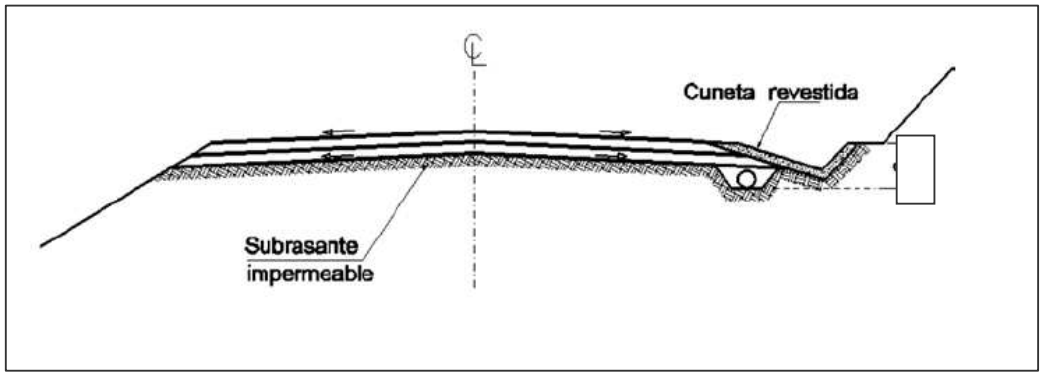


Figura Nº 38: Drenaje del pavimento.

4.2.5 Protección del suelo de la explanación contra el agua libre en terreno de elevado nivel freático, llano y sin desagüe.

Cuando haya que construir una carretera en terreno llano y con elevado nivel freático, se estudiará el abatimiento de la napa freática, pudiéndose utilizar alternativamente métodos como zanjas laterales, drenes enterrados, etc. Si no existiera posibilidad de evacuar el sistema de drenaje, se elevará el nivel de la rasante.

Para la elección del material del terraplén, se tendrá en cuenta que su humedad de equilibrio debe disminuir rápidamente con la distancia al nivel freático y que el terraplén se construirá sobre un terreno saturado de agua, sin capacidad para resistir esfuerzos de compactación elevados.

La necesidad de proteger el terraplén mediante la colocación de membranas bituminosas u hojas de plástico, tratando su superficie con sustancias hidrófobas, o utilizando geotextiles, geomembranas o adoptando disposiciones análogas a la indicada en la figura Nº 39, dependerá de la naturaleza y estado del terreno y del material disponible para la construcción del terraplén.

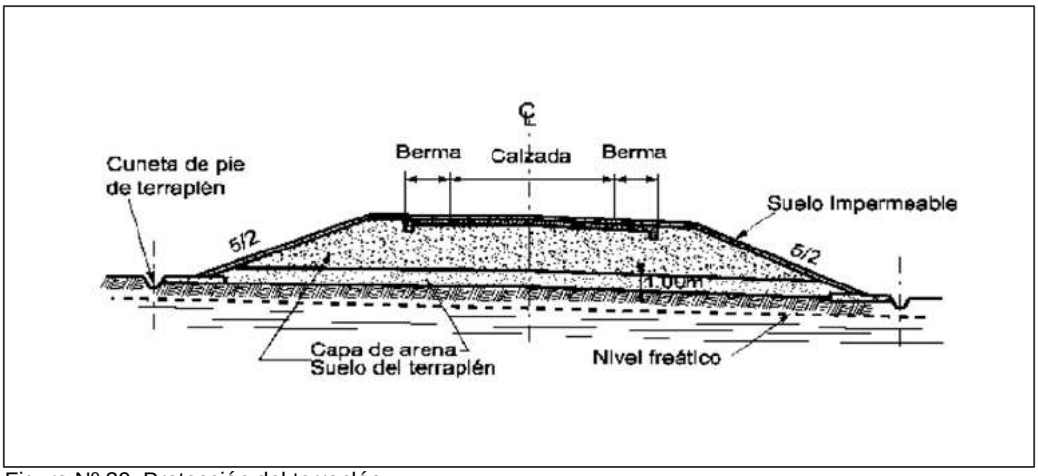


Figura Nº 39: Protección del terraplén.

4.2.6 Protección del suelo de explanación situado bajo la calzada contra los movimiento capilares del agua.

Las diferencias de humedad en el suelo bajo la calzada y bajo las bermas facilitan los movimientos capilares y, al aumentar el contenido de humedad del suelo de la subrasante bajo la calzada, disminuyen su capacidad resistente.

Para evitar esta disminución, las figuraciones del suelo y los asientos diferenciales que con dicho aumento de humedad pueden producirse, deben utilizarse alguna de las siguientes técnicas:

- Colocación de capas drenantes sobre la subrasante para romper el ascenso capilar.

- Impermeabilizar las calzadas y las bermas.

- Establecer una membrana impermeable que impida el movimiento del agua capilar, situándola en un plano más o menos vertical bajo los bordes de la calzada.

- Construir zanjas anticapilares bajo los bordes de la calzada.

Tanto la membrana impermeable como las zanjas anticapilares deberán ejecutarse hasta una profundidad de 1,20 m. bajo la superficie de las bermas. Pueden utilizarse como zanjas anticapilares las que se proyecten para el drenaje del pavimento, cuidando de que el material filtro rompa la continuidad en fase liquida entre el agua situada a un lado y otro de la misma.

4.2.7 Capa drenante

Cuando se eleva el terraplén de la carretera sobre un terreno saturado con agua para evitar que por capilaridad el agua pueda

subir a través del terraplén hasta la superficie de rodadura, debe colocarse una capa de material drenante, constituida por gravas y/o arenas.

La capa deberá estar sobre el nivel de referencia más alto de la napa freática del terreno y servirá de anticontaminante a los efectos de romper la capilaridad y drenar la plataforma lateralmente. Se recomienda un espesor mínimo de 0.30 m

CAPÍTULO V
ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

[1] Administradora Boliviana de Carreteras, “Manual de Hidrología y Drenaje”.

[2] Aparicio F. J., Editorial Limusa S.A. de C.V, (1996). “Fundamentos de Hidrología de Superficie”.

[3] Arturo Rocha Felices, 1ra. Edición, Noviembre 1998. “Introducción a la Hidráulica Fluvial”.

[4] Arturo Rocha Felices, (2007). “Hidráulica de Tuberías y Canales”.

[5] Arcement & V. Schneider, US. Geological Survey Water Supply Paper 2339, (1989). “Guide for Selecting Manning’s Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains”.

[6] Bradley J. N. (1978). “Hydraulics of Bridge Waterways”. Hydraulic Design Series N°1. U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. March. Washington.

[7] Braja M. Das, 4ta. Edición, 2001. “Principio de Ingeniería de Cimentaciones”.

[8] Breusers, H. N. C., Nicollet, G. y Shen, H. W. (1977). “Local Scour around Cylindrical Piers”. Journal of Hydraulic Research. Vol 15. N°3 . pp. 211-252.

[9] Breusers, H. N. C. (1984). “Lectures Notes on Sediment Transport 1”. International Course in Hydraulic Engineering. Delft. The Netherlands.

[10] Brown, S. A. and Clyde, E. S. (1989). “Design of Rip Rap Revetment, HEC-11”. FHWA-IP-016, Federal Highway Administration. Washington D. C.

[11] Chávez, O. A. y Guzmán, F. G. (1987). “Obras de Manejo y Control de Cauces”. Seminario de Hidráulica: Obras de Drenaje y Riego por Goteo. Universidad del Cauca. Popayán. Colombia.

[12] Chen, Y. H., and Cotton, G. K. (1986). “Design of Road side channels with flexible linings, HEC- 15”. FHWA-IP-86-5, Federal Highway Administration. Virginia.

[13] Chow V. T. (1982).“Hidráulica de Canales Abiertos”. Editorial Diana. México.

[14] Chow V. T., Maidment D. R. and Mays L. W. (1988). “Applied Hydrology”. McGraw-Hill, Inc. New York.

[15] Ettema, R. (1990). Discussion “Design Method for Local Scour at Bridge Piers”. Journal of
Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 116. N°10 . October. pp 1290-1293.

[16] Federal Highway Administration. DP 97. 1995. “Scour Monitoring and Instrumentation – Demonstration Project 97”. U.S. Department of Transportation. November. USA

[17] Federal Highway Administration, DP 98. 1995. “Underwater Evaluation and Repair of Bridge Components”. Demonstration Project 98. Department of Transportation. November. USA.

[18] French R. M., Mc. Graw Hill Co., 1985. “Open Channel Hydraulics”.

[19] German Monsalve Saénz, 2da Edición, 1995. “Hidrología en la Ingeniería”.

[20] HEC-RAS. (1995, 1998) “River Stability Analysis”. U. S. Army Corp of Engineers. USA.

[21] HEC 6. "Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs". U. S. Army Corp of Engineers. USA.

[22] HEC-18 (2001). Evaluating Scour at Bridges. Richardson, E. V. y Davis S. R. Hydraulic Engineering Circular N° 18. U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Fourth Edition. Virginia. USA.

[23] HEC-20 (2001) Stream Stability at Highway Structures. Lagasse, O. F., Schall J. D., Richardson, E. V. Hydraulic Engineering Circular N° 20. U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Third Edition. Virginia. USA.

[24] HEC 20, 2nd Ed, November 1995. “Stream Stability at Highway Structures”.

[25] HEC-23. (2001) Lagasse P. F., Byars M. S., Zevenbergen L. W. and Clopper P. E. "Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures" U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Second edition. Washington, D. C. USA.

[26] Hydraulics Research, Wallengford, England, 1983. “Hydraulics Factors in Bridge Design”.

[27] Higuera, C. H. y Pérez G. (1989). “Socavación en Puentes. Análisis, Prevención y Rehabilitación”. Tomos I y II. Ministerio de Obras Públicas y Transporte - Universidad del
Cauca. Colombia.

[28] Juan P. Martin Vide, Alfaomega Grupo Editor, 2003. “Ingeniería de Ríos”.

[29] Juárez Badillo E. and Rico Rodríguez A. (1992). “Mecánica de Suelos”. Tomo III. Limusa.
Grupo Noriega Editores. México.

[30] Kuroiwa Zevallos, J. M. y Campaña Toro, R. (2003). “Separatas del Curso Obras Hidráulicas y Desastres Naturales.”

[31] Laursen E. M. (1960). “Scour at Bridge Crossings”. Journal of Hydraulics Division. ASCE. Vol. 86. N°2. February. pp 39-54.

[32] Laursen, E. M. (1970). “Bridge Design Considering Scour and Risk”. Journal of Transportation Engineering. ASCE. Vol. 96. N°TE2. May. pp 149-164.
Maccaferry Gabions, 1999.

[33] Martín V., J. P. (1997) Ingeniería Fluvial. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá.

[34] Maynord, S. T., Ruff, J. F. y Abt, S. R. (1989). “Riprap Design”. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 115. N°7. July. pp 937-949.

[35] Maza Alvarez, J. A. (1975). “Diseño de Espigones”. Revista de Recursos Hidráulicos Volumen 4. N°2. México.

[36] Melville, B. W., 1982. "Field Measurements of Scour Depth using a Portable Gamma Spectrometer". University of Auckland, School of Engineering. Report N 287. July. New Zealand.

[37] Melville, B. W. and Sutherland, A. J. (1988). "Design Method for Local Scour at Bridge Piers". Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 114. N° 10. October. pp 1210-1226.

[38] Melville, B. W. (1992). "Local Scour at Bridge Abutments". Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 118. N°4. April. pp 615-63 1.

[39] Ministerio de Obras Públicas de Chile, (2002). "Manual de Carreteras".

[40] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2003). "Manual de Diseño de Puentes".

[41] Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, (2001). "Manual de Diseño Geométrico de Carreteras".

[42] Ministério dos Transportes, (1990). "Manual de Drenagem de Rodovias".

[43] Ministry of Transport and Infrastructure of France, (2007). "Technical Guide Road Drainage".

[44] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2008). "Manuales para el Diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito".

[45] Ponce V.M., Ed. Prentice Hall, USA, 1989. "Engineering Hydrology, Principles and Practices".

[46] Raudkivi, A. J. and Ettema, R. (1983). "Clear Water Scour at Cylindrical Piers". Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 109. N°3. March. pp 338-350.

[47] Raudkivi, A. J. (1986). "Functional Trends of Scour at Bridge Piers". Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 112. N°1. January. pp 1-13.

[48] Richardson E. V., Simons D. B. y Julien P. Y. (1990). "Highways in the River Environment". U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration.

[49] Senamhi, UNI, 1983. "Estudio de Hidrología del Perú, IILA".

[50] Shen, H. W. y Schneider V. R., (1969). "Local Scour Around Bridge Piers". Journal of Hydraulics Division. ASCE. Vol. 95. N°HY6. Novembe r. pp 1919-1940.

[51] Simons D. B., Senturk F., Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, 1976. "Sediment Transport Technology".

[52] Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, McGraw Hill Interamericana S.A, 1994. "Hidrología Aplicada".

GLOSARIO

ACUIFERO
Una o más capas subterráneas de roca o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir ya sea un flujo significativo de aguas subterráneas o la extracción de cantidades significativas de aguas subterráneas.

ALTURA LIBRE
Es la distancia vertical entre la cota de aguas máximas o de diseño y el fondo de vigas o cota inferior de la estructura del puente.

ARIDEZ
Condición climática permanente con muy baja precipitación anual o estacional.

CAUDAL
Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado.

CLIMA
Estado normal o medio de la atmósfera para un periodo temporal dado dentro del año y en una posición geográfica dada.

COTA DE AGUAS MÁXIMAS
Es la cota de aguas máximas esperada para el caudal de diseño.

CUENCA HIDROGRÁFICA
La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura.

CURVA INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA
Es un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

DATO(DATA)
Una representación de hechos, conceptos, o instrucciones de una manera formalizada susceptible de comunicación, interpretación, o procesamiento ya sea por humanos o por medios automatizados.

DIVISORIA
Es una línea imaginaria que representa el límite entre las cuencas hidrográficas vecinas de dos cursos de agua.

ESTACION CLIMATOLOGICA
Lugar equipados con instrumental mecánico o digital que requieren la intervención de un operario para obtener datos meteorológicos de precipitación, temperatura, humedad del aire, dirección y velocidad del viento, radiación, evaporación, entre otros, para describir y explicar el clima de una región.

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA
Estaciones de registro y medición de la cantidad de precipitación en un lugar determinado.

ESTACIÓN HIDROLÓGICA
Puesto de observación situados sobre cuerpos de agua (ríos, quebradas, embalses, etc.) en donde se miden variables tales como los niveles y caudales. Adicionalmente en algunas estaciones se miden los sedimentos en corrientes y puntos estratégicos.

FENÓMENO EL NIÑO
Es el calentamiento anómala de la temperatura del agua del Pacífico Oriental, que repercute en el clima mundial.

FENÓMENO DE LA NIÑA
Lo contrario al niño, es el enfriamiento cíclico de la temperatura del agua del Pacífico Oriental, que repercute en el clima mundial.

FISIOGRAFÍA
Relieve o geomorfología del lugar de estudio.

GRANIZADA
Precipitación de partículas de hielo (granizos), transparentes o parcial o totalmente opacas, en general de forma esferoidal, cónica o irregular, cuyo diámetro varía generalmente entre 5 y 50 mm que caen de una nube separadas o aglomeradas en bloques irregulares.

HEC-HMS
Sistema de modelamiento desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), que permite simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

HEC- RAS
Es un Sistema de modelamiento desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), que permite simular la respuesta que tendrá el flujo de agua a través de los ríos naturales y de otros canales.

HIDROGRAMA
Gráfico que permite ver el comportamiento del caudal acumulado durante la tormenta a través del tiempo de la misma.

HIDROGRAMA UNITARIO
Es un método lineal propuesto por Sherman en 1932, es un hidrograma típico para la cuenca. Se denomina unitario puesto que, el volumen de escorrentía bajo el hidrograma se ajusta generalmente a 1 cm (ó 1 pulg).

HIDROGRAMA SINTÉTICO
Es un hidrograma sintético que se obtienen usando las características fisiográficas y parámetros de la cuenca de interés. Su finalidad es representar o simular un hidrograma representativo del fenómeno hidrológico de la cuenca, para determinar el caudal pico para diseñar.

HIETOGRAMA
Gráfico que permite conocer la precipitación de un lugar a través del tiempo de la tormenta.

INDICADOR
Variables que muestran, resumen o identifican datos o que hacen visible o perceptibles fenómenos de interés y permiten cuantificar, cualificar, medir y comunicar de forma agregada una información relevante.

INTENSIDAD
Es la tasa temporal de precipitación , es la profundidad por unidad de tiempo (mm/h).

ISOTERMAS
Son líneas o curvas que representan el mismo valor de la temperatura, permiten trazar mapas, y ver su comportamiento.

ISOYETAS
Son líneas o curvas que representan el mismo valor de la precipitación, permiten trazar mapas, y ver su comportamiento.

LLUVIA
Precipitación de partículas de agua líquida en forma de gotas de diámetro superior a 0.5 mm, o de gotas más pequeñas y muy dispersas.

LUZ DEL TRAMO
Es la distancia comprendida entre ejes de estribos, en el caso de puentes de un tramo, o entre ejes de estribo y pilar y/o entre ejes de pilares, en el caso de puentes de más de un tramo. En el caso de puentes de un solo tramo, la luz y la longitud del puente son iguales.

LUZ DE CÁLCULO
Es la longitud que se utiliza para el cálculo de la estructura y/o elementos estructurales y se mide, generalmente entre centros de apoyo del elemento estructural materia de cálculo.

METODO RACIONAL
Método que estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (coef. escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca.

MODELO DE DISTRIBUCION
Arquetipo digno de ser utilizado o imitado y que se toma como pauta a seguir.

NEVADA
Precipitación de cristales de hielo aislado o aglomerado que cae de una nube.

NUMERO DE CURVA
Son números que han sido determinados y tabulados por el Soil Conservation Service, con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra.

PARÁMETRO
Es un elemento descriptivo de una variable o una característica numérica de la misma (media, mediana, varianza, rango, etc.).

PERIODO DE RETORNO
Es el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico o precipitación, es igualado o superado una vez cada "t" años.

PIEZÓMETRO
Es un tubo sellado longitudinalmente, abierto por su parte inferior de modo que pueda intercambiar agua con el acuífero, y abierto a la atmósfera por su parte superior. Es un instrumento necesario para las mediciones de campo.

PRECIPITACION
Caída de un conjunto de partículas, con formas de lluvia, llovizna, nieve, nieve granulada, granizo y gránulos de hielo.

RECURSOS HIDRICOS NATURALES
Son los recursos de agua totales que fluyen en los ríos y acuíferos en un intervalo de tiempo (generalmente un año) como representación del promedio o valor correspondiente a una probabilidad dada.

RIESGO
Probabilidad o proximidad de una ocurrencia de un evento que provoque un daño o peligro.

RIESGO POTENCIAL
Es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente perjudicial, fenómeno o actividad que pueda causar la pérdida de vidas, daños a la propiedad, ruptura social y económica o degradación medioambiental.

SEQUÍA
La sequía es un rasgo recurrente del clima que se caracteriza por la escasez temporal de agua.

SITUACIÓN DE RIESGO
Es la acción de poner en situación de riesgo a bienes o personas que son vulnerables a ese riesgo. Puede cuantificarse como las pérdidas esperadas debido a un tipo de riesgo potencial en un ámbito territorial dado y en un período de referencia (riesgo potencial * vulnerabilidad = situación de riesgo).

SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS)

Agencia federal de estados Unidos que trabaja en asociación con el pueblo americano para conservar y mantener los suelos y recursos naturales.

SUBCUENCA
La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago, embalse o una confluencia de ríos).

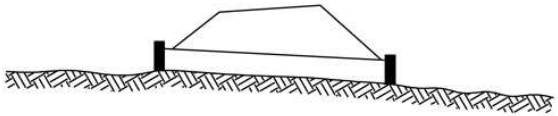
TIEMPO ATMOSFÉRICO
Es el estado de la atmósfera para un período breve de tiempo en un lugar geográfico particular.

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN
Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.
Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida.

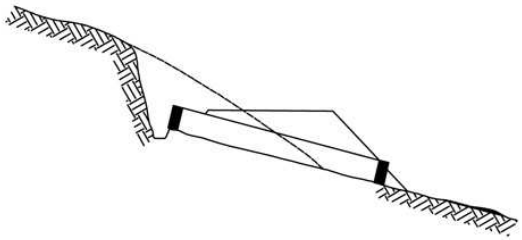
VARIABLE
Es una propiedad o elemento que puede tomar valores.

PLANOS

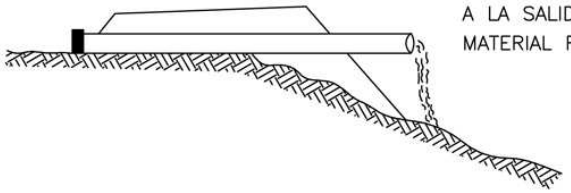
a) SIGUIENDO LA PENDIENTE NATURAL DEL CAUCE



b) ENTRADA BAJO LA PENDIENTE NATURAL

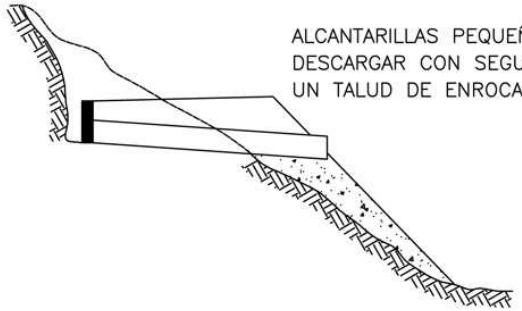


c) SALIDA SOBRE LA PENDIENTE NATURAL



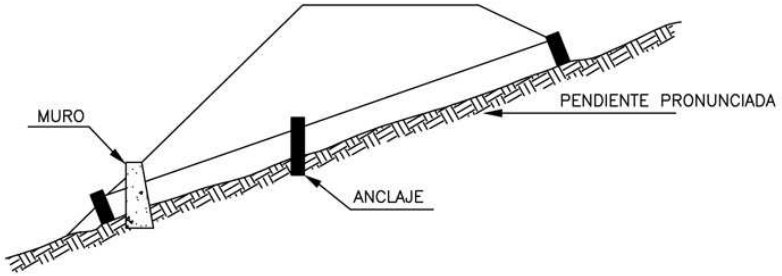
LA POSIBILIDAD DE DEJAR EL TUBO EN VOLADIZO DEBE SER ANALIZADA ESTRUCTURALMENTE. EL TERRENO A LA SALIDA DEBE SER ROCA U OTRO MATERIAL RESISTENTE A LA EROSIÓN.

d) ENTRADA BAJO Y SALIDA SOBRE LA PENDIENTE NATURAL

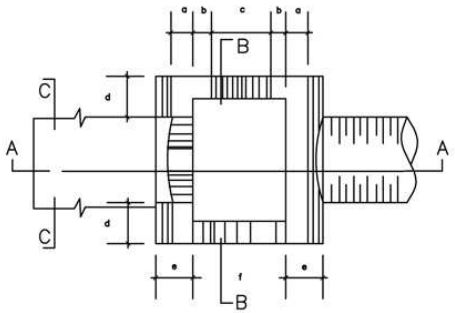


ALCANTARILLAS PEQUEÑAS PUEDEN DESCARGAR CON SEGURIDAD SOBRE UN TALUD DE ENROCADO

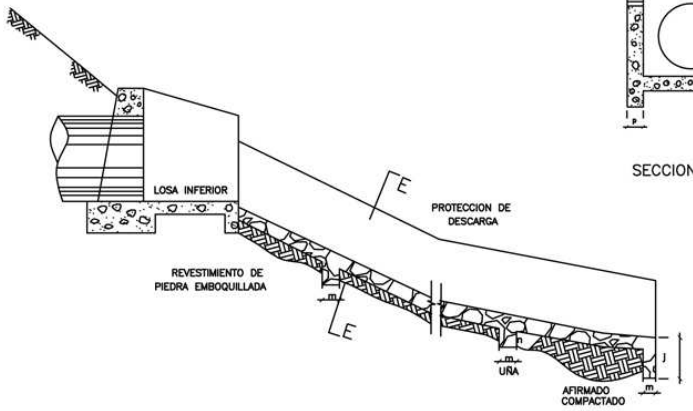
e) PENDIENTES PRONUNCIADAS



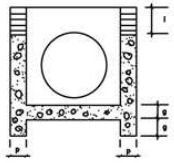
MANUAL DE CARRETERAS	UBICACIÓN TÍPICA DE ALCANTARILLAS RESPECTO A LA PENDIENTE DEL CAUCE	LÁMINA N° 01



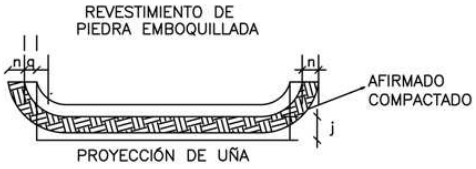
ENTRADA TIPO CAJA RECEPTORA
PLANTA



SECCION D–D

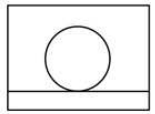


SECCION B–B



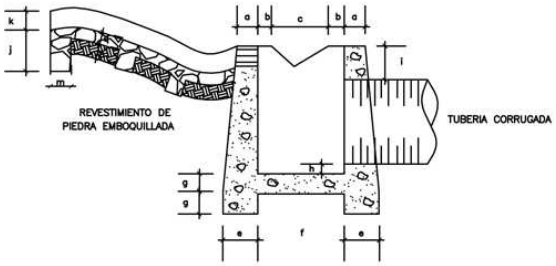
SECCION C–C

SECCION E–E

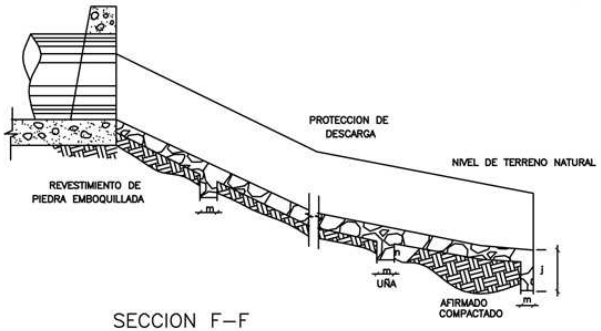


ELEVACION

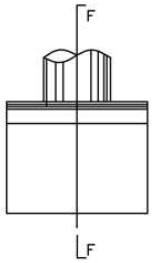
ELEVACION



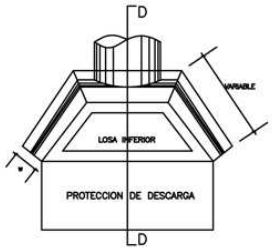
SECCION A–A



SECCION F–F

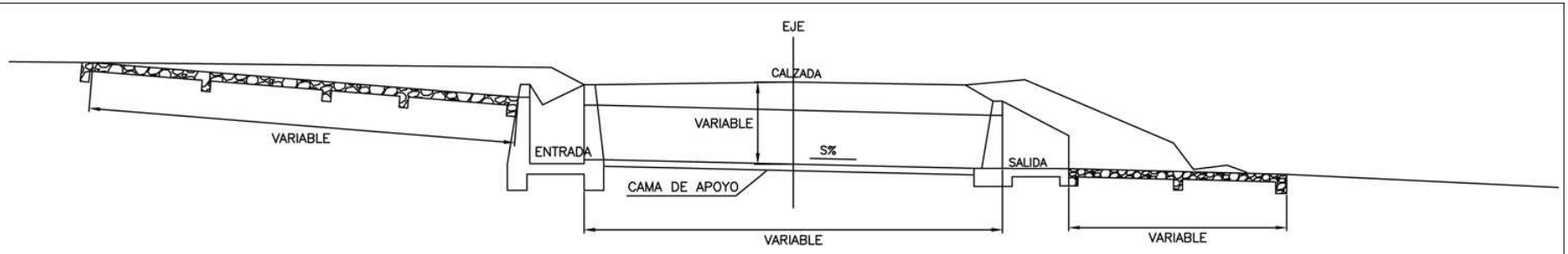


SALIDA TIPO CABEZAL SIN ALEROS
PLANTA

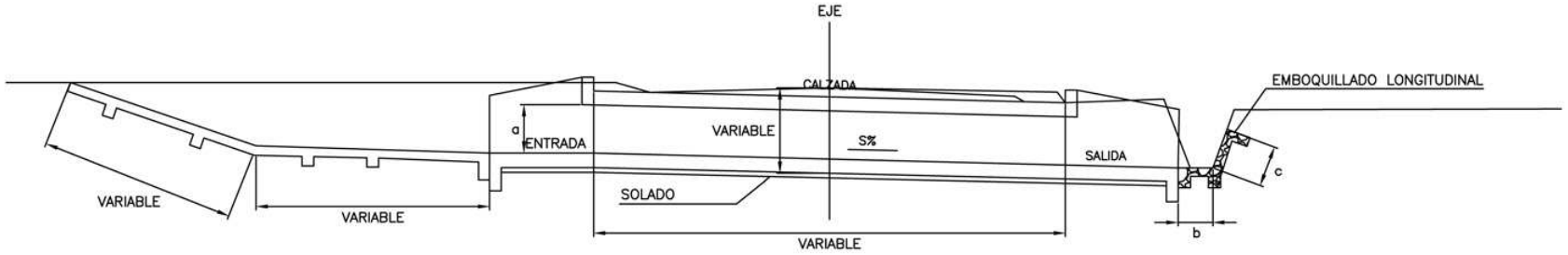


SALIDA TIPO CABEZAL CON ALEROS
PLANTA

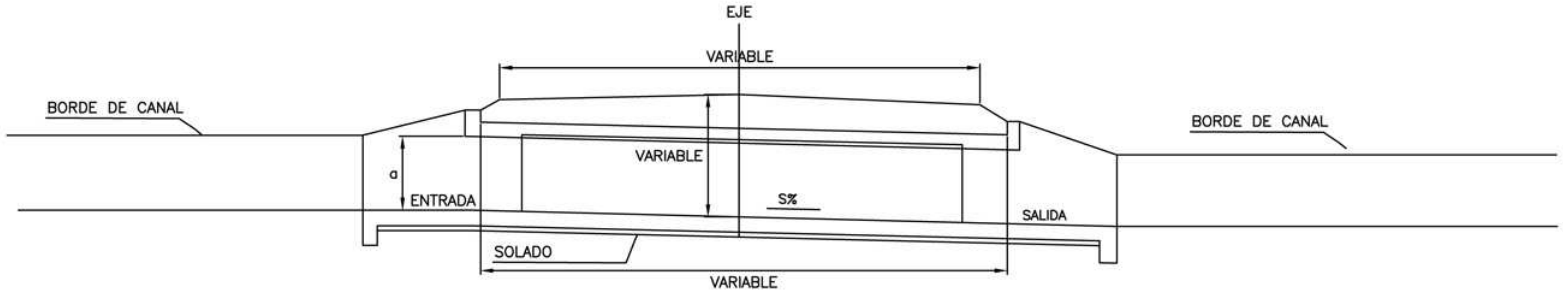
MANUAL DE CARRETERAS	SECCIÓN TÍPICA DE ALCANTARILLA TIPO TMC CON PROTECCIÓN DE ENTRADA Y SALIDA	LÁMINA Nº 02



ALCANTARILLA TIPO TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA

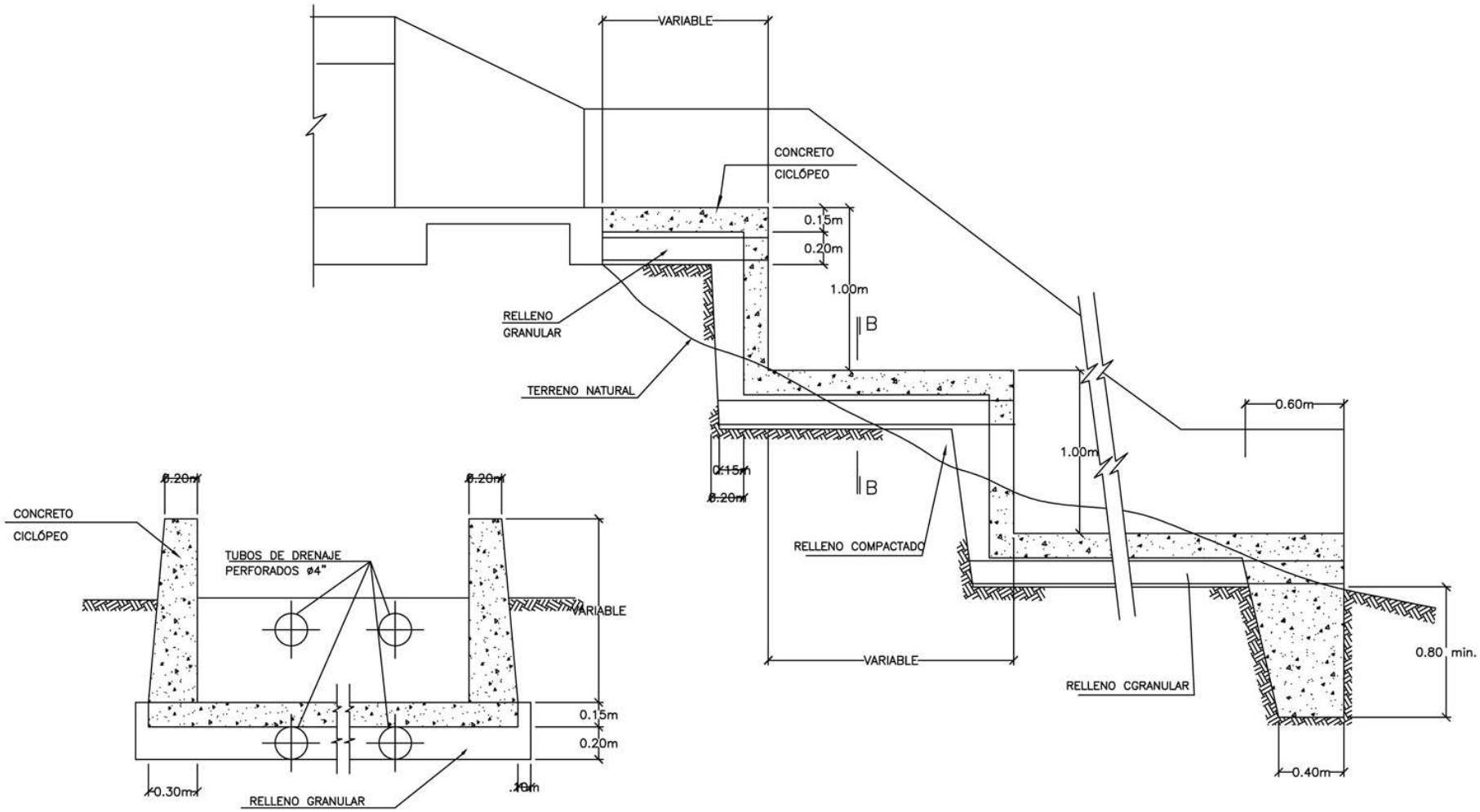


ALCANTARILLA TIPO MARCO DE CONCRETO



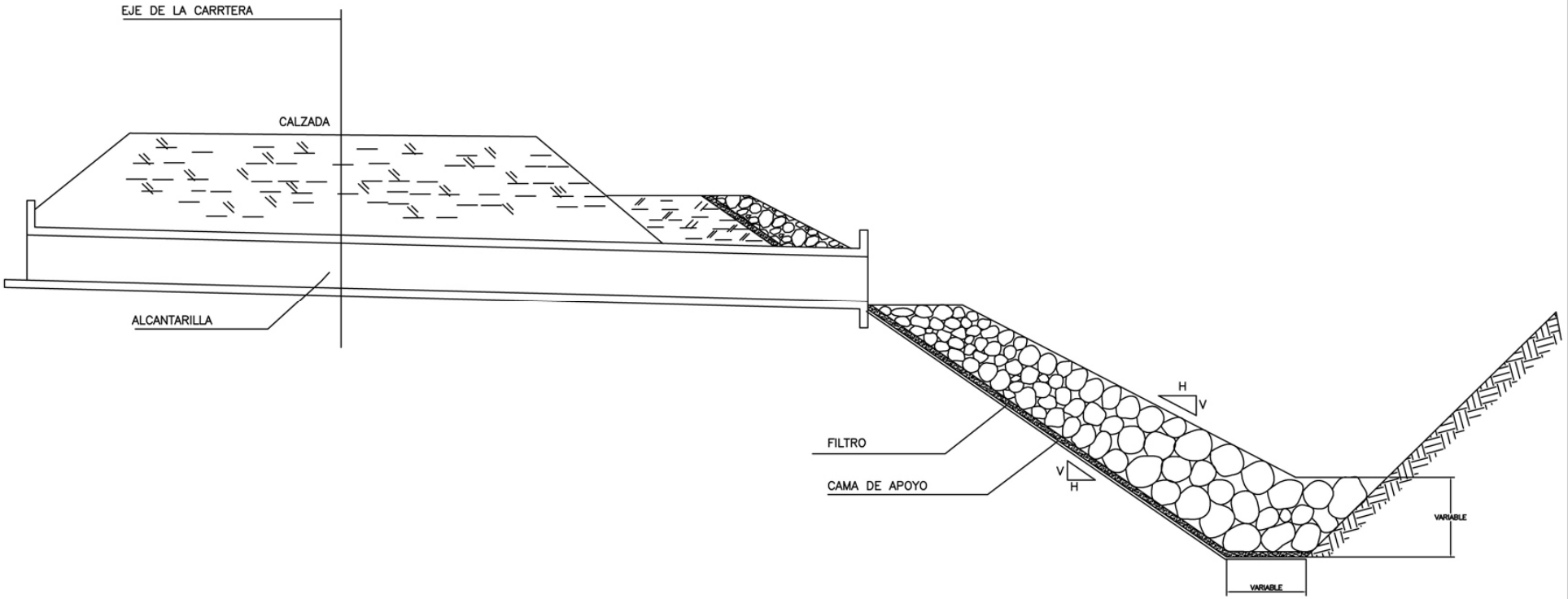
ALCANTARILLA TIPO MARCO DE CONCRETO EN CRUCE DE CANAL DE RIEGO

MANUAL DE CARRETERAS	SECCIONES TÍPICAS DE ALCANTARILLAS CON PROTECCIÓN A LA ENTRADA Y SALIDA	LÁMINA N° 03

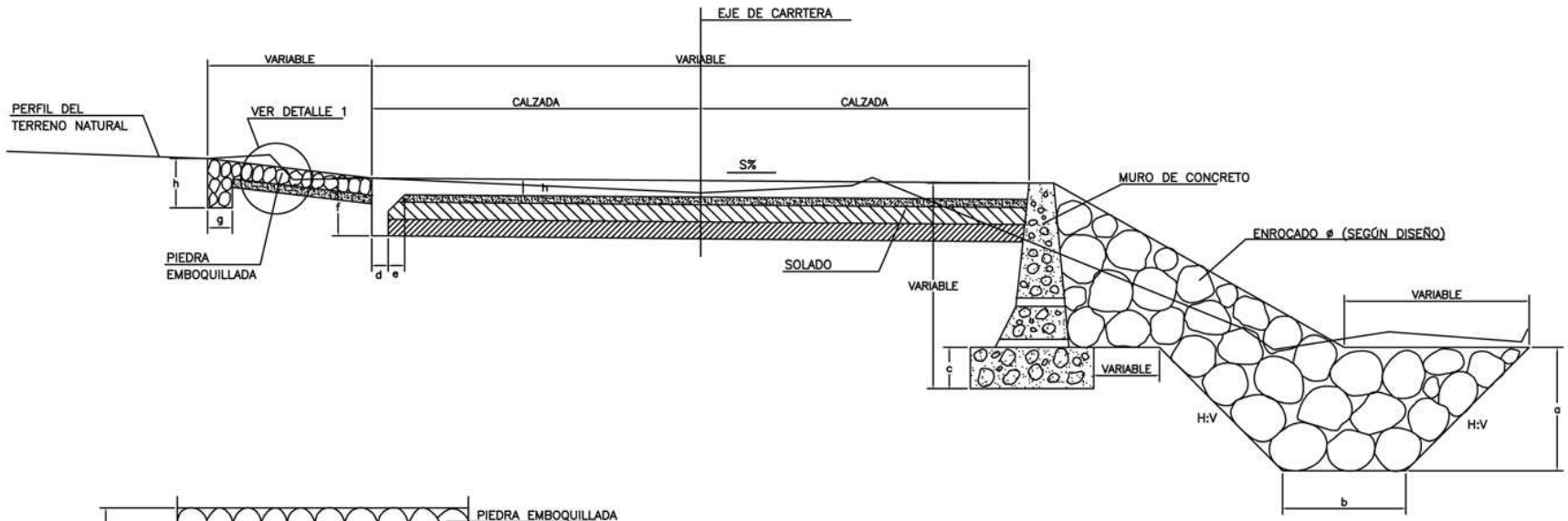


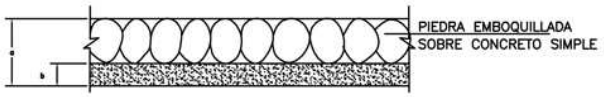
SECCION B–B

MANUAL DE CARRETERAS	PERFIL LONGITUDINAL Y SECCIÓN TÍPICAS DE ALIVIADERO CON DISIPADOR DE ENERGÍA HIDRÁULICA, A LA SALIDA DE ALCANTARILLAS	LÁMINA N° 04



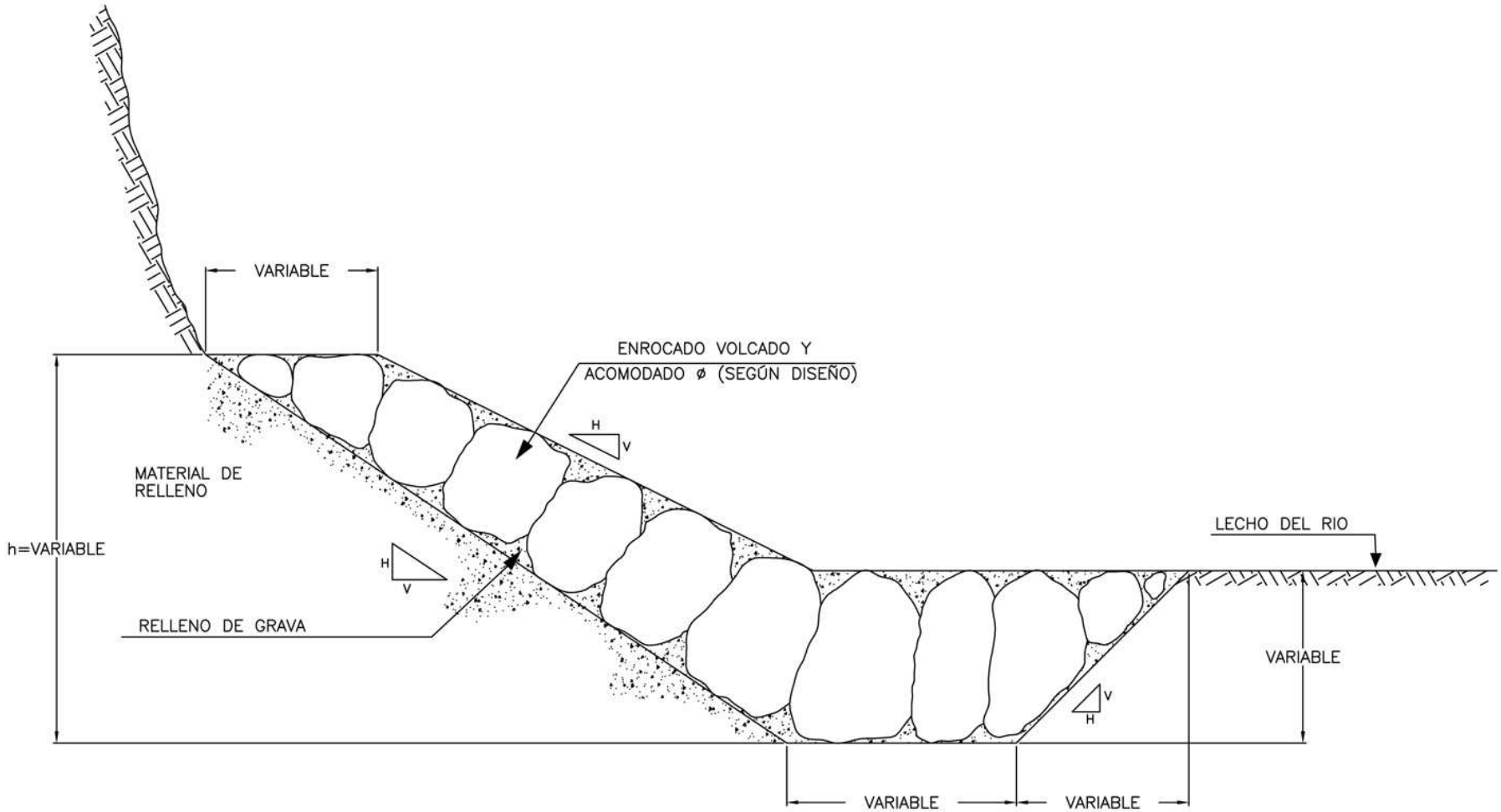
MANUAL DE CARRETERAS	SECCIÓN TÍPICA DE CRUCE DE ALCANTARILLA CON ENROCADO DE PROTECCIÓN A LA SALIDA	LÁMINA Nº 05





DETALLE 1

MANUAL DE CARRETERAS	SECCIÓN TÍPICA DE BADÉN CON PROTECCIÓN A LA ENTRADA Y SALIDA	LÁMINA N° 06



MANUAL DE CARRETERAS	SECCIÓN TÍPICA DE ENROCADO DE PROTECCIÓN Y/O ENCAUZAMIENTO	LÁMINA N° 07

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

REPÚBLICA DEL PERÚ

MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

Aprobado por la Resolución Ministerial
Nº 303-2008-MTC/02
Del 04 de abril del año 2008

ÍNDICE

PRESENTACIÓN

EL MARCO DEL MANUAL

1.0 Introducción
2.0 Objetivos
3.0 Alcances del manual

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTOS DEL MANUAL

1.1 Clasificación de carreteras y tipos de obra considerados en el manual
1.2 Derecho de vía o faja de dominio

CAPÍTULO 2: PARÁMETROS Y ELEMENTOS BÁSICOS DEL DISEÑO

2.1 Parámetros básicos para el diseño
- 2.1.1 Metodología para el estudio de la demanda de tránsito
  - 2.1.1.1 Índice Medio Diario Anual de Tránsito (IMDA)
  - 2.1.1.2 Volumen y composición o clasificación de los vehículos
  - 2.1.1.3 Variaciones horarias de la demanda
  - 2.1.1.4 Variaciones diarias de la demanda
  - 2.1.1.5 Variaciones estacionales (mensuales)
  - 2.1.1.6 Metodología para establecer el peso de los vehículos de carga, que es importante para el diseño de los pavimentos, pontones y puentes
  - 2.1.1.7 Información mínima necesaria
- 2.1.2 La velocidad de diseño y su relación con el costo de la carretera
- 2.1.3 La sección transversal de diseño
- 2.1.4 Tipos de superficie de rodadura

2.2 Elementos del diseño geométrico

CAPÍTULO 3: DISEÑO GEOMÉTRICO

3.1 Distancia de visibilidad
- 3.1.1 Visibilidad de parada
- 3.1.2 Visibilidad de adelantamiento

3.2 Alineamiento horizontal
- 3.2.1 Consideraciones para el alineamiento horizontal
- 3.2.2 Curvas horizontales
- 3.2.3 Curvas de transición
- 3.2.4 Distancia de visibilidad en curvas horizontales
- 3.2.5 Curvas compuestas
- 3.2.6 Peralte de la carretera
- 3.2.7 Sobre ancho de la calzada en curvas circulares

3.3 Alineamiento vertical
- 3.3.1 Consideraciones para el alineamiento vertical
- 3.3.2 Curvas verticales
- 3.3.3 Pendiente

3.4 Coordinación entre el diseño horizontal y del diseño vertical
3.5 Sección transversal
- 3.5.1 Calzada

3.5.2 Bermas
3.5.3 Ancho de la plataforma
3.5.4 Plazoletas
3.5.5 Dimensiones en los pasos inferiores
3.5.6 Taludes
3.5.7 Sección transversal típica

CAPÍTULO 4: HIDROLOGÍA Y DRENAJE

4.1 Drenaje Superficial
4.1.1 Consideraciones generales
4.1.2 Hidrología y cálculos hidráulicos
4.1.3 Elementos físicos del drenaje superficial
4.2 Drenaje Subterráneo
4.2.1 Condiciones generales
4.2.2 Drenes subterráneos
4.2.2.1 La tubería
4.2.3 Relleno de zanjas
4.2.4 Cajas de registro y buzones
4.2.5 Investigación del agua freática
4.2.6 Drenes de intercepción
4.2.6.1 Objeto y clasificación
4.2.6.2 Drenes longitudinales
4.2.6.3 Drenes transversales
4.2.7 Drenaje del afirmado
4.2.8 Casos especiales
4.2.8.1 Protección del suelo de la explanación contra el agua libre en terreno de elevado nivel freático, llano y sin desagüe
4.2.8.2 Protección del suelo de explanación situado bajo la calzada contra los movimientos capilares del agua
4.2.8.3 Capa drenante

CAPÍTULO 5: GEOLOGÍA, SUELOS Y CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR

5.1 Geología
5.2 Estabilidad de taludes
5.3 Suelos y capas de revestimiento granular
5.3.1 Tráfico
5.3.2 Subrasante
5.4 Catálogo estructural de superficie de rodadura
5.5 Materiales y partidas específicas de la capa granular de rodadura
5.5.1 Capa de afirmado
5.5.2 Macadam granular
5.5.3 Estabilizaciones
5.5.3.1 Capa superficial del afirmado
5.5.3.2 Estabilización granulométrica
5.5.3.3 Estabilización con cal
5.5.3.4 Estabilización con cemento
5.5.3.5 Imprimación reforzada bituminosa
5.5.4 Partidas específicas para la capa de rodadura
5.6 Fuente de materiales - Canteras

CAPÍTULO 6: TOPOGRAFÍA

6.1 Topografía

- 6.1.1 Consideraciones generales del trazo
- 6.1.2 Topografía y trazado
- 6.1.3 El trazo directo
- 6.1.4 El trazado indirecto
- 6.1.5 Sistema de unidades
- 6.1.6 Sistemas de referencia
- 6.1.7 Tolerancias en la ubicación de puntos
- 6.1.8 Trabajos topográficos
- 6.1.9 Geometría de la carretera
- 6.1.10 Geometría del alineamiento vertical
- 6.1.11 Alineamiento vertical
- 6.1.12 Diseño y cómputo de curvas verticales
- 6.1.13 Coordinación entre el trazo en planta y el trazo en elevación
- 6.1.14 Planos básicos del proyecto
- 6.1.15 Replanteo de una curva circular con PI accesible

CAPÍTULO 7: IMPACTO AMBIENTAL

7.1 Preservación del ambiente y mitigación del impacto causado por los trabajos de obras viales en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

- 7.1.1 Introducción
- 7.1.2 Objetivos

7.2 Las siguientes actividades preliminares deben estar consideradas en el programa del estudio de las obras por ejecutar según corresponda al tamaño y naturaleza de cada proyecto específico.

- 7.2.1 Identificación de las condiciones de base
- 7.2.2 Programación de obras temporales y de acciones sociales con la comunidad
- 7.2.3 Acciones necesarias a considerar según el tamaño y tipo de proyecto
- 7.2.4 Utilización de recursos de la zona del proyecto
- 7.2.5 Señalización del Derecho de Vía
- 7.2.6 Identificación de Infraestructura y predios a ser afectados por el proyecto

7.3 Actividades del proyecto que deben ser consideradas en el programa del estudio de las obras por ejecutar, según corresponda al tamaño y naturaleza de cada proyecto específico

- 7.3.1 Canteras de materiales
- 7.3.2 Fuentes de agua
- 7.3.3 Estabilización y tratamiento de taludes
- 7.3.4 Depósitos para materiales excedentes originados por la obra
- 7.3.5 Tratamiento de residuos líquidos originados por la obra
- 7.3.6 Tratamiento de residuos sólidos originados por la obra
- 7.3.7 Campamentos y patios de maquinarias
- 7.3.8 Monitoreo ambiental
- 7.3.9 Costos de mitigación

PRESENTACIÓN

Existe la necesidad de formular el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, vías que conforman el mayor porcentaje del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), caracterizadas por tener una superficie de rodadura de material granular y son recorridas generalmente por un volumen menor de 50 vehículos por día y que muy pocas veces llega hasta 200 vehículos por día. Por ello, se requiere proporcionar criterios técnicos, sólidos y coherentes de gran utilidad para el diseño de este tipo de carreteras.

Las entidades de la gestión vial contarán con un documento técnico desarrollado para su uso simple y masivo por la comunidad nacional a través de los estamentos políticos, sociales y técnicos, a fin de optimizar el uso de recursos adecuadamente.

El manual organiza y recopila las técnicas de diseño vial y pone al alcance del usuario tecnologías apropiadas que propician el uso intensivo de mano de obra y de recursos locales.

La normatividad vial es dinámica con los avances de la ingeniería vial, por lo que el Ministerio de Transportes y Comunicación (MTC) acogerá e introducirá los reajustes, correcciones y actualizaciones debidamente justificadas para la vigencia del presente manual.

En ese sentido, el MTC ha elaborado el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, cuya publicación es muy satisfactorio presentar.

Verónica Zavala Lombardi
Ministra de Transportes y Comunicaciones

EL MARCO DEL MANUAL

1.0 INTRODUCCIÓN

Dentro de su rol normativo y fiscalizador, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC) a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, tiene como función formular las normas sobre el uso y desarrollo de la infraestructura de carreteras y ferrocarriles, así como emitir los manuales de diseño y especificaciones técnicas para la ejecución de los proyectos viales.

En este contexto, el MTC ha elaborado el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, teniendo en consideración que estas carreteras son de gran importancia en el desarrollo local, regional y nacional, por cuanto el mayor porcentaje de la vialidad se encuentra en esta categoría.

Esta norma es de aplicación obligatoria por las autoridades competentes en todo el territorio nacional para los proyectos de vialidad de uso público, según corresponda. Por razones de seguridad vial, todos los proyectos viales de carácter privado deberán ceñirse como mínimo a esta norma.

Complementariamente el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001) del MTC rige en todo aquello, aplicable, que no es considerado en el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

2.0 OBJETIVOS

Por la naturaleza del manual, requerido mayormente en territorios con acceso limitado a aspectos tecnológicos especializados, se han incorporado normas de diseño de superficie de rodadura, de estudios de hidrología y drenaje, así como guías para el diseño de elementos de protección que otorguen estabilidad a la plataforma de la carretera y a su estructura de rodadura. De esta manera se brinda a los usuarios del manual, una visión amplia del conjunto de temas tratados y de la forma funcional en que se integran.

El objetivo de esta norma es brindar a la comunidad técnica nacional un manual de alcance amplio, pero de uso simple que proporcione criterios técnicos sólidos y coherentes para posibilitar el diseño y construcción de carreteras eficientes, optimizadas en su costo. De manera que las limitaciones económicas del Sector Público, no sea un obstáculo insalvable para lograr mejorar y ampliar la red de carreteras.

Para este efecto, en el manual se pone al alcance del usuario, tecnologías apropiadas que propician el uso de los recursos locales y el uso intensivo de la mano de obra y, en especial, el cuidado de los aspectos de seguridad vial y de preservación del medio ambiente.

Los valores de diseño que se indican en este volumen son los mínimos normales, es decir, representan el límite inferior de tolerancia en el diseño.

Por lo tanto, las especificaciones del manual constituyen una norma de carácter mandataria. Sin embargo, los casos especiales en los que exista la necesidad

insalvable de reducir de estos valores, además de una justificación técnica económica así como de las medidas paliativas para compensar la disminución de estas características, deberán tenerla autorización expresa del MTC o de la autoridad competente correspondiente.

3.0 ALCANCES DEL MANUAL

3.1 MAGNITUD Y JUSTIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS

El hecho de que en este documento se presentan determinados criterios para el diseño de carreteras, no implica necesariamente que las carreteras existentes sean inseguras o de construcción deficiente, ni obliga a modificarlos, ni se pretende imponer políticas que obliguen a la modificación de los alineamientos o de la sección transversal de las carreteras de bajo volumen de tránsito.

El elevado costo de una reconstrucción total de una carretera, incluyendo ajustes en el trazado, generalmente es injustificable. Las referencias de pérdidas del patrimonio vial por causas del mal estado de las carreteras y la existencia de lugares donde ocurren accidentes, son normalmente aisladas.

Frecuentemente las características de diseño de las carreteras existentes se comportan de modo satisfactorio y suficiente en la mayor parte de la ruta y sólo requieren de obras de mantenimiento periódico oportuno.

Para ello es necesario, en cada caso, analizar el grado de problema y la cantidad de recursos que se justifica gastar para superar cualquier deficiencia. En este proceso, se tienen normalmente alternativas que, debidamente evaluadas, permitirán seleccionar el proyecto óptimo a ejecutar. En este análisis, la magnitud de la demanda de usuarios de la carretera es muy importante para poder valorar los beneficios que la comunidad obtendrá y su relación entre el monto de los beneficios frente a los costos de las obras.

3.2 RELACIÓN ENTRE DEMANDA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA

La aplicación de este manual en relación a los volúmenes de la demanda del tránsito, se extiende hasta los límites que justificarían el cambio de superficie granular a rodadura pavimentada. El límite real es específico de cada caso y dependerá de la cantidad y tipo de los vehículos. Y puede calcularse mediante un análisis técnico económico en cada caso específico.

El cuadro Nº 1 sintetiza las características de la superficie de rodadura que la experiencia peruana ha definido como la práctica adecuada en términos técnico-económico, para las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

3.3 ACTUALIZACIÓN DEL MANUAL

Si en la aplicación de esta norma, los usuarios encuentran la necesidad de introducir reajustes o correcciones que permitan su actualización y perfeccionamiento, sin perjuicio de su aplicación justificada en el campo de forma inmediata, deberán remitir la correspondiente nota a manera de propuesta y con la debida justificación del caso a la Dirección de Normatividad Vial del MTC para que sea tomada en consideración.

CUADRO N°1
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LAS CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

CARRETERA DE BVT	IMD PROYECTADO	ANCHO DE CALZADA (M)	ESTRUCTURAS Y SUPERFICIE DE RODADURA ALTERNATIVAS (**)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16-50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(**) En caso de no disponer gravas en distancia cercana las carreteras puede ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

CAPITULO 1
FUNDAMENTOS DEL MANUAL

1.1 CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS Y TIPOS DE OBRA, CONSIDERADOS EN EL MANUAL

Las presentes especificaciones se aplican para el diseño de carreteras con superficie de rodadura de material granular, según correspondan a la clasificación que se establece en el Manual de Diseño Geométrico DG-2001 del MTC del Perú, como sigue:

1.1.1 CLASIFICACIÓN POR SU FUNCIÓN

a) Carreteras de la Red Vial Nacional.
b) Carreteras de la Red Vial Departamental o Regional.
c) Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural.

1.1.2 CLASIFICACIÓN POR EL TIPO DE RELIEVE Y CLIMA

Carreteras en terrenos planos, ondulados, accidentados y muy accidentados. Se ubican indistintamente en la costa (poca lluvia), sierra (lluvia moderada) y selva (muy lluviosa).

1.1.3 TIPO DE OBRA POR EJECUTARSE

El manual es de aplicación para el diseño de proyectos de carreteras no pavimentadas de tierra y afirmadas. Para obras que configuran la siguiente clasificación de trabajos:

a) Mantenimiento rutinario. Conjunto de actividades que se realizan en las vías con carácter permanente para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a labores de limpieza, bacheo, perfilado, roce, eliminación de derrumbes de pequeña magnitud.

b) Mantenimiento periódico. Conjunto de actividades programables cada cierto período que se realizan en las vías para conservar sus niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas y están referidas principalmente a labores de desencalaminado, perfilado, nivelación, reposición de material granular, así como reparación o reconstrucción puntual de los puentes y obras de arte.

c) Rehabilitación. Ejecución de las obras necesarias para devolver a la vía, cuando menos, sus características originales, teniendo en cuenta su nuevo período de servicio.

d) Mejoramiento. Ejecución de las obras necesarias para elevar el estándar de la vía, mediante actividades que implican la modificación sustancial de la geometría y la transformación de una carretera de tierra a una carretera afirmada.

e) Nueva construcción. Ejecución de obras de una vía nueva con características geométricas acorde a las normas de diseño y construcción vigentes.

1.2 DERECHO DE VÍA O FAJA DE DOMINIO

1.2.1 DERECHO DE VÍA

El Derecho de Vía es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.

Dentro del ámbito del Derecho de Vía, se prohíbe la colocación de publicidad comercial exterior, en preservación de la seguridad vial y del medio ambiente.

1.2.2 DIMENSIONAMIENTO DEL ANCHO MÍNIMO DEL DERECHO DE VÍA PARA CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO.

El ancho mínimo debe considerar la clasificación funcional de la carretera, en concordancia con las especificaciones establecidas por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001 del MTC del Perú, que fijan las siguientes dimensiones:

CUADRO Nº 1.2.1: ANCHO DEL DERECHO DE VÍA PARA CBVT

Descripción	Ancho mínimo absoluto *
Carreteras de la Red Vial Nacional	15 m
Carreteras de la Red Vial Departamentales o Regional	15 m
Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural	15 m

* 7.50 m a cada lado del eje

La faja de dominio dentro de la que se encuentra la carretera y sus obras complementarias, se extenderá como mínimo, para carreteras de bajo volumen de tránsito un (1.00) metro, más allá del borde de los cortes, del pie de los terraplenes o del borde más alejado de las obras de drenaje que eventualmente se construyan.

La distancia mínima absoluta entre pie de taludes o de obras de contención y un elemento exterior será de 2.00 m. La mínima deseable será de 5.00 m

1.2.3 FAJA DE PROPIEDAD RESTRINGIDA

A cada lado del Derecho de Vía habrá una faja de propiedad restringida. La restricción impide ejecutar construcciones permanentes que afecten la seguridad o la visibilidad y que dificulten ensanches futuros de la carretera. La norma DG-2001, fija esta zona restringida para carreteras de 3ra. clase en diez (10) metros a cada lado del Derecho de Vía. De modo similar para las carreteras de bajo volumen de tránsito el ancho de la zona restringida será de 10 m.

1.2.4 PROCEDIMIENTOS DE ADQUISICIONES DE PROPIEDAD PARA EL DERECHO DE VÍA PÚBLICO POR PARTE DEL ESTADO

El área del Derecho de Vía pasa a propiedad pública por donación del propietario o por adquisición del Estado, como parte de la gestión que realiza la autoridad competente en el caso de un proyecto vial.

La Ley General de Expropiación N° 27117, concordada con la Ley 27628, que facilita la adquisición, vigentes a la fecha de la elaboración de este manual, regulan la forma de adquirir la propiedad para constituir el Derecho de Vía público, necesario para que las carreteras puedan ser construidos.

1.2.4.1 Valuación

La ley establece los procedimientos y parámetros de valuación de los predios que son adquiridos, total o parcialmente, por el Estado, según sea necesario.

1.2.4.2 Registro Nacional de la Propiedad

Las adquisiciones deberán ser inscritas en el Registro de Propiedad correspondiente, en concordancia con la legislación vigente.

1.2.4.3 Materialización del Derecho de Vía

El límite del Derecho de Vía será marcado por la autoridad competente.

1.2.5 MANTENIMIENTO DEL DERECHO DE VÍA

Los presupuestos de ejecución y de mantenimiento de las obras viales, incluirán acciones de terminación y limpieza de las áreas laterales a la plataforma de la carretera, dentro del derecho de vía público, que comprenden, terrenos de pendientes laterales variadas.

CAPITULO 2
PARÁMETROS Y ELEMENTOS BÁSICOS DEL DISEÑO

El diseño de una carretera responde a una necesidad justificada social y económicamente. Ambos conceptos se correlacionan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener la carretera que se proyecta a fin de que los resultados buscados sean óptimos, en beneficio de la comunidad que requiere del servicio, normalmente en situación de limitaciones muy estrechas de recursos locales y nacionales.

2.1 PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DISEÑO

Para alcanzar el objetivo buscado deben evaluarse y seleccionarse los siguientes parámetros que definirán las características del proyecto. Según se explica a continuación en el siguiente orden:

2.1.1 Estudio de la demanda.
2.1.2 La velocidad de diseño en relación al costo de la carretera.
2.1.3 La sección transversal de diseño.
2.1.4 El tipo de superficie de rodadura.

2.1.1 METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA DEMANDA DE TRÁNSITO

2.1.1.1 El Índice Medio Diario Anual de Tránsito (IMDA)

En los estudios del tránsito se puede tratar de dos situaciones: el caso de los estudios para carreteras existentes, y el caso para carreteras nuevas, es decir que no existen actualmente.

En el primer caso, el tránsito existente podrá proyectarse mediante los sistemas convencionales que se indican a continuación. El segundo caso requiere de un estudio de desarrollo económico zonal o regional que lo justifique.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito que se determina por la demanda diaria que cubrirá, calculado como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinada por el MTC para las diversas zonas del país.

Cálculo de tasas de crecimiento y la proyección

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$Tn = To\ (1+i)^{n-1}$$

En la que:

Tn = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.
To = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Años del período de diseño.
i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico(*) normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

Estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos por implementarse con certeza a corto plazo en la zona de la carretera.

La proyección puede también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población. Y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos datos sobre índices de crecimiento normalmente obran en poder de la región.

2.1.1.2 Volumen y composición o clasificación de los vehículos

i) Se definen tramos del proyecto en los que se estima una demanda homogénea en cada uno de ellos.
ii) Se establece una estación de estudio o conteo en un punto central del tramo, en un lugar que se considere seguro y con suficiente seguridad social.
iii) Se toma nota en una cartilla del número y tipo de vehículos que circulan en una y en la otra dirección, señalándose la hora aproximada en que pasó el vehículo por la estación.

Se utiliza en el campo una cartilla previamente elaborada, que facilite el conteo, según la información que se recopila y las horas en que se realiza el conteo.

De esta manera se totalizan los conteos por horas, por volúmenes, por clase de vehículos, por sentidos, etc.

2.1.1.3 Variaciones horarias de la demanda

De conformidad con los conteos, se establece las variaciones horarios de la demanda por sentido de tránsito y también de la suma de ambos sentidos. También se determina la hora de máxima demanda.

Se realizarán conteos para las 24 horas corridas. Pero si se conoce la hora de mayor demanda, se contará por un período menor.

2.1.1.4 Variaciones diarias de la demanda

Si los conteos se realizan por varios días, se pueden establecer las variaciones relativas del tránsito diario (total del día o del período menor observado) para los días de la semana.

2.1.1.5 Variaciones estacionales (mensuales)

Si la información que se recopila es elaborada en forma de muestreo sistemático durante días claves a lo largo de los meses del año, se obtendrán índices de variación

(*) Social: Tasa anual de crecimiento de la población económica: Tasa anual de crecimiento de la economía (PBI)

mensual que permitan establecer que hay meses con mayor demanda que otros. Ese sería el caso en zonas agrícolas durante los meses de cosecha.

Con la información obtenida mediante los estudios descritos o previamente ya conocida por estudios anteriores, podrá establecerse, mediante la proyección de esa demanda para el período de diseño, la sección (ancho) transversal necesaria de la carretera a mejorar y los elementos del diseño de esta sección, como son ancho de la calzada y de las bermas de la carretera.

2.1.1.6 Metodología para establecer el peso de los vehículos de carga, que es importante para el diseño de los pavimentos, pontones y puentes

Estos estudios se concentran sólo en los vehículos pesados que son los que le hacen daño a la carretera y, por tanto, son importantes para definir el diseño de la superficie de rodadura y la resistencia de los pontones y puentes.

Peso vehicular y por eje de los vehículos pesados

Para el caso de carreteras de bajo volumen de tránsito, en el capítulo 5 se presenta la guía para el diseño de pavimentos con la metodología que permite establecer el efecto destructivo que tendrá el tránsito sobre el pavimento y cómo diseñar el pavimento, dándose alternativas en función de los materiales a utilizarse.

2.1.1.7 Información mínima necesaria

Para los casos en que no se dispone de la información sobre la variación diaria y estacional (mensual) de la demanda (en general esa información debe ser proporcionada por la autoridad competente), se requerirá realizar estudios que permitan localmente establecer los volúmenes y características del tránsito diario, en por lo menos tres (3) días típicos, es decir, normales, de la actividad local.

Para este efecto, no se contará el tránsito en días feriados, nacionales o patronales, o en días en que la carretera estuviera dañada y, en consecuencia, interrumpida.

De conformidad a la experiencia anual de las personas de la localidad, los conteos e inventarios de tránsito en general pueden realizarse prescindiéndose de las horas en que se tiene nulo o poco tránsito. El estudio debe tomar días que en opinión general reflejen razonablemente bien el volumen de la demanda diaria y la composición o clasificación del tránsito.

Finalmente, el efecto destructivo de los vehículos de carga, será estimado según las especificaciones mínimas indicadas en el capítulo 5.

2.1.2 LA VELOCIDAD DE DISEÑO Y SU RELACIÓN CON EL COSTO DE LA CARRETERA

La velocidad de diseño es muy importante para establecer las características del trazado en planta, elevación y sección transversal de la carretera.

Definida la velocidad del diseño para la circulación del tránsito automotor, se procederá al diseño del eje de la carretera, siguiendo el trazado en planta compuesto por tramos rectos (en tangente) y por tramos de curvas circulares y espirales. Y similarmente del trazado vertical, con tramos en pendiente rectas y con pendientes curvilíneas, normalmente parabólicas.

La velocidad de diseño está igualmente relacionada con el ancho de los carriles de circulación y, por ende, con la sección transversal por adoptarse.

La velocidad de diseño es la que establecerá las exigencias de distancias de visibilidad en la circulación y, consecuentemente, de la seguridad de los usuarios de la carretera a lo largo del trazado.

Definición de la velocidad de diseño

La selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico-económico de alternativas de trazado que deberán tener en cuenta la orografía del territorio. En territorios planos, el trazado puede aceptar altas velocidades a bajo costo de construcción, pero en territorios muy accidentados será muy costoso mantener una velocidad alta de diseño, porque habría que realizar obras muy costosas para mantener un trazo seguro. Ello solo podría justificarse si los volúmenes de la demanda de tránsito fueran muy altos.

En el particular caso de este manual destinado al diseño de carreteras de bajo volumen del tránsito, es natural que el diseño se adapte en lo posible a las inflexiones del terreno y, particularmente, la velocidad de diseño deberá ser bastante baja cuando se trate de sectores o tramos de orografía más accidentada. Para efectos de este Manual, la velocidad máxima de diseño considerada es de 60Km/h. Para velocidades mayores a estas, adoptarán los parámetros establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001 o en el Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentas de Bajo Volumen de Tránsito.

Velocidad de circulación

La velocidad de circulación corresponderá a la norma que se dicte para señalizar la carretera y limitar la velocidad máxima a la que debe circular el usuario, que se indicará mediante la señalización correspondiente.

2.1.3 LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE DISEÑO

Este acápite se refiere a la selección de las dimensiones que debe tener la sección transversal de la carretera, en las secciones rectas (tangente) y en los diversos tramos a lo largo de la carretera proyectada.

Para dimensionar la sección transversal, se tendrá en cuenta que las carreteras de bajo volumen de tránsito, solo requerirán: a) Una calzada de circulación vehicular con dos carriles, una para cada sentido; y b) Para las carreteras de menor volumen, un solo carril de circulación, con plazoletas de cruce y/o de volteo cada cierta distancia, según se estipula más adelante.

El ancho de la carretera, en la parte superior de la plataforma o corona, podrá contener además de la calzada, un espacio lateral a cada lado para bermas y para la ubicación de guardavías, muros o muretes de seguridad, señales y cunetas de drenaje.

La sección transversal resultante será más amplia en territorios planos en concordancia con la mayor velocidad del diseño. En territorios ondulados y accidentados, tendrá que restringirse lo máximo posible para evitar los altos costos de

construcción, particularmente más altos en los trazados a lo largo de cañones flanqueados por farallones de roca o de taludes inestables.

2.1.4 TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA

En este Manual de Diseño para Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, se ha considerado que básicamente se utilizarán los siguientes materiales y tipos de superficie de rodadura:

- Carreteras de tierra y carreteras de grava.
- Carreteras afirmadas con material granular y/o estabilizados.

La metodología de diseño de las superficies de rodaduras o calzadas de circulación está desarrollada en el capítulo 5.

Es importante indicar que los criterios más importantes a fin de seleccionar la superficie de rodadura para una carretera afirmada, establecen que a mayor tránsito pesado, medido en ejes equivalentes destructivos, se justificará utilizar afirmados de mayor rendimiento y que el alto costo de la construcción debe impulsar el uso de materiales locales para abaratar la obra, lo que en muchos casos podrá justificar el uso de afirmados estabilizados. También es importante establecer que la presión de las llantas de los vehículos, deben mantenerse bajo las 80 (psi) libras por $pulg^2$ de presión para evitar daños graves a la estructura de los afirmados.

2.2 ELEMENTOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

Los elementos que definen la geometría de la carretera son:

a) La velocidad de diseño seleccionada.
b) La distancia de visibilidad necesaria.
c) La estabilidad de la plataforma de la carretera, de las superficies de rodadura, de puentes, de obras de arte y de los taludes.
d) La preservación del medio ambiente.

En la aplicación de los requerimientos geométricos que imponen los elementos mencionados, se tiene como resultante el diseño final de un proyecto de carretera estable y protegida contra las inclemencias del clima y del tránsito.

Para este efecto, este manual incluye la manera en que debe resolverse los aspectos de diseño de la plataforma de la carretera; estabilidad de la carretera y de los taludes inestables; preservación del ambiente; seguridad vial; y diseño propiamente, incluyendo los estudios básicos necesarios, tales como topografía, geología, suelos, canteras e hidrología, que permiten dar sustento al proyecto.

Para el buen diseño de una carretera de bajo volumen de tránsito se consideran claves las siguientes prácticas:

- Limitar al mínimo indispensable el ancho de la carretera para restringir el área alterada.
- Evitar la alteración de los patrones naturales de drenaje.
- Proporcionar drenaje superficial adecuado.
- Evitar terrenos escarpados con taludes de más de 60%.
- Evitar problemas tales como zonas inundadas o inestables.
- Mantener una distancia de separación adecuada con los riachuelos y optimizar el número de cruces de cursos de agua.
- Minimizar el número de contactos entre la carretera y las corrientes de agua.
- Diseñar los cruces de quebradas y ríos con la suficiente capacidad y protección de las márgenes contra la erosión, permitiendo, de ser el caso, el paso de peces en todas las etapas de su vida.
- Evitar la constricción del ancho activo de los riachuelos, ríos y cursos de agua (ancho con el caudal máximo).
- Conseguir una superficie de rodadura de la carretera estable y con materiales físicamente sanos.
- Instalar obras de subdrenaje donde se necesite, identificando los lugares activos durante la estación de lluvias.
- Reducir la erosión colocando cubiertas vegetales o físicas sobre el terreno en cortes, terraplenes, salidas de drenajes y cualquier zona expuesta a corrientes de agua.
- Usar ángulos de talud estables en cortes y rellenos.
- Usar medidas de estabilización de taludes, de estructuras y de obras de drenaje conforme se necesiten y sea económicamente seleccionada.
- Aplicar técnicas especiales al cruzar terrenos agrícolas, zonas ribereñas, y cuando se tienen que controlar las quebradas.
- Proporcionar un mantenimiento debidamente planeado y programado.
- Cerrar o poner fuera de servicio a las carreteras cuando no se usen o cuando ya no se necesiten.

CAPÍTULO 3
DISEÑO GEOMÉTRICO

3.1 DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera que es visible al conductor del vehículo. En diseño, se consideran tres distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior en el mismo sentido; y la distancia requerida para cruzar o ingresar a una carretera de mayor importancia.

3.1.1 VISIBILIDAD DE PARADA

Distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria.

Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera.

CUADRO Nº 3.1.1
Distancia de visibilidad de parada (metros)

Velocidad directriz (Km./h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75

La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Esta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada iguales o mayores a 6%.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada. En el cuadro Nº 3.1.1 se muestran las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad directriz y de la pendiente. En carreteras de muy bajo volumen de tránsito, de un solo carril y tráfico en dos direcciones, la distancia de visibilidad deberá ser por lo menos dos veces la correspondencia a la visibilidad de parada.

Para el caso de la distancia de visibilidad de cruce, se aplicarán los mismos criterios que los de visibilidad de parada.

3.1.2 VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO

Distancia de visibilidad de adelantamiento (paso) es la mínima distancia que debe ser visible para facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a velocidad 15 km/h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de

un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento, se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.10 m.

La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible de la carretera cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, en el costo de construcción.

La distancia de visibilidad de adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz tal como se muestra en el cuadro N° 3.1.2.

Cuadro Nº 3.1.2
Distancia de visibilidad de adelantamiento

Velocidad directriz Km./h	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
30	200
40	270
50	345
60	410

3.2 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

3.2.1 CONSIDERACIONES PARA EL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible.

El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección. El trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad directriz. La velocidad directriz, a su vez, controla la distancia de visibilidad.

Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento transversal del vehículo, están dados en función a la velocidad directriz, a la fricción transversal y al peralte máximo aceptable.

En el alineamiento horizontal desarrollado para una velocidad directriz determinada, debe evitarse el empleo de curvas con radio mínimo. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

Deberá buscarse un alineamiento horizontal homogéneo, en el cual tangentes y curvas se suceden armónicamente. Se restringirá, en lo posible, el empleo de tangentes excesivamente largas con el fin de evitar el encandilamiento nocturno prolongado y la fatiga de los conductores durante el día.

Al término de tangentes largas donde es muy probable que las velocidades de aproximación de los vehículos sean mayores que la velocidad directriz, las curvas horizontales tendrán radios de curvatura razonablemente amplios.

Se evitará pasar bruscamente de una zona de curvas de grandes radios a otra de marcadamente menores. Deberá pasarse en forma gradual, intercalando entre una zona y otra, curvas de radio de valor decreciente, antes de alcanzar el radio mínimo.

Los cambios repentinos en la velocidad de diseño a lo largo de una carretera serán evitados. Estos cambios se efectuarán en decrementos o incrementos de 15 km/h.

No se requiere curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión. En el cuadro Nº 3.2.1 se muestran los ángulos de inflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal.

Para evitar la apariencia de alineamiento quebrado o irregular, es deseable que, para ángulos de deflexión mayores a los indicados en el cuadro Nº 3.2.1, la longitud de la curva sea por lo menos de 150 m. Si la velocidad directriz es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5º, se considera como longitud de curva mínima deseada la longitud obtenida con la siguiente expresión L = 3V (L = longitud de curva en metros y V = velocidad en km/hora). Es preferible no diseñar longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

Cuadro Nº 3.2.1
ÁNGULOS DE DEFLEXIÓN MÁXIMOS PARA LOS QUE NO SE REQUIERE CURVA HORIZONTAL

Velocidad directriz Km./h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2º 30’
40	2º 15’
50	1º 50’
60	1º 30’

Se evitará, en lo posible, los desarrollos artificiales. Cuando las condiciones del relieve del terreno hagan indispensable su empleo, el proyectista hará una justificación de ello. Las ramas de los desarrollos tendrán la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible, evitando la superposición de varias de ellas sobre la misma ladera. Al proyectar una sección de carretera en desarrollo, será, probablemente, necesario reducir la velocidad directriz.

Las curvas horizontales permitirán, cuando menos, la visibilidad igual a la distancia de parada según se muestra en el cuadro Nº 3.1.1.

Deben evitarse los alineamientos reversos abruptos. Estos cambios de dirección en el alineamiento hacen que sea difícil para los conductores mantenerse en su carril.

También es difícil peraltar adecuadamente las curvas. La distancia entre dos curvas reversas deberá ser, por lo menos, la necesaria para el desarrollo de las transiciones de peralte.

No son deseables dos curvas sucesivas del mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo corto en tangente. En lo posible, se sustituirán por una sola curva o se intercalará una transición en espiral dotada de peralte.

El alineamiento en planta satisfacerá las condiciones necesarias de visibilidad de adelantamiento en tramos suficientemente largos y con una frecuencia razonable a fin de dar oportunidad a que un vehículo adelante a otro.

3.2.2 CURVAS HORIZONTALES

El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción para una velocidad directriz determinada. En el cuadro Nº 3.2.6.1b se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz.

En el alineamiento horizontal de un tramo carretero diseñado para una velocidad directriz, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

3.2.3 CURVAS DE TRANSICIÓN

Todo vehículo automotor sigue un recorrido de transición al entrar o salir de una curva horizontal. El cambio de dirección y la consecuente ganancia o pérdida de las fuerzas laterales no pueden tener efecto instantáneamente.

Con el fin de pasar de la sección transversal con bombeo, correspondiente a los tramos en tangente a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobre ancho, es necesario intercalar un elemento de diseño con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

Cuando el radio de las curvas horizontales sea inferior al señalado en el cuadro Nº 3.2.3a, se usarán curvas de transición. Cuando se usen curvas de transición, se recomienda el empleo de espirales que se aproximen a la curva de Euler o Clotoide.

CUADRO Nº 3.2.3a
NECESIDAD DE CURVAS DE TRANSICIÓN

Velocidad directriz Km./h	Radio m
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210

Cuando se use curva de transición, la longitud de la curva de transición no será menor que L_{min} ni mayor que $L_{máx}$, según las siguientes expresiones:

$$L_{min.} = 0.0178 \frac{V^3}{R}$$

$$L_{máx.} = (24R)^{0.5}$$

R = Radio de la curvatura circular horizontal.
$L_{min.}$ = Longitud mínima de la curva de transición.
$L_{máx.}$ = Longitud máxima de la curva de transición en metros.
V = Velocidad directriz en Km/h.

La longitud deseable de la curva de transición, en función del radio de la curva circular, se presenta en el cuadro Nº 3.2.3b.

Cuadro Nº 3.2.3b
LONGITUD DESEABLE DE LA CURVA TRANSICIÓN

Radio de curva circular (m)	Longitud deseable de la curva transición (m)
20	11
30	17
40	22
50	28
60	33

3.2.4 DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES

La distancia de visibilidad en el interior de las curvas horizontales es un elemento del diseño del alineamiento horizontal.

Cuando hay obstrucciones a la visibilidad en el lado interno de una curva horizontal (tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales), se requiere un ajuste en el diseño de la sección transversal normal o en el alineamiento, cuando la obstrucción no puede ser removida.

De modo general, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad será, por lo menos, igual a la distancia de parada correspondiente y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva.

El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad, será calculado por la expresión siguiente:

$$M = R\left(1 - \cos\frac{28.65S}{R}\right)$$

M = Ordenada media o ancho mínimo libre.
R = Radio de la curva horizontal.
S = Distancia de visibilidad.

3.2.5 CURVAS COMPUESTAS

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva.

En casos excepcionales podrán usarse curvas compuestas o curvas policéntricas de tres centros. En tal caso, el radio de una no será mayor que 1.5 veces el radio de la otra.

3.2.6 EL PERALTE DE LA CARRETERA

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga. Las curvas horizontales deben ser peraltadas.

El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

El mínimo radio (R_{min}) de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte (e_{max}) y el factor máximo de fricción (f_{max}) seleccionados para una velocidad directriz (V). El valor del radio mínimo puede ser calculado por la expresión:

$$\mathbf{R_{min} = \frac{V^2}{127\,(0.01\,e_{max} + f_{max})}}$$

Los valores máximos de la fricción lateral a emplearse son los que se señalan en el cuadro Nº 3.2.6.1a.

Cuadro Nº 3.2.6.1a

FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA EN CURVAS

Velocidad directriz Km./h	$f_{máx}$
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

En el cuadro Nº 3.2.6.1b se muestran los valores de radios mínimos y peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. En este mismo cuadro se muestran los valores de la fricción transversal máxima.

Cuadro N°3.2.6.1b

RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÁXIMOS

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e(%)	Valor límite de fricción f_{max}	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

En carreteras cuyo IMDA de diseño sea inferior a 200 vehículos por día y la velocidad directriz igual o menor a 30 km/h, el peralte de todas las curvas podrá ser igual al 2.5%

La variación de la inclinación de la sección transversal desde la sección con bombeo normal en el tramo recto hasta la sección con el peralte pleno, se desarrolla en una longitud de vía denominada transición. La longitud de transición del bombeo en aquella en la que gradualmente, se desvanece el bombeo adverso. Se denomina longitud de transición de peralte a aquella longitud en la que la inclinación de la sección

gradualmente varía desde el punto en que se ha desvanecido totalmente el bombeo adverso hasta que la inclinación corresponde a la del peralte.

En el cuadro N° 3.2.6.1c se muestran las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición peralte en función de velocidad directriz y del valor del peralte.

CUADRO Nº 3.2.6.1c
LONGITUDES MÍNIMAS DE TRANSICIÓN DE BOMBEO Y TRANSICIÓN DE PERALTE (m)

Velocidad directriz (Km./h)	Valor del peralte						Transición de bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud de transición de peralte (m)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12

* Longitud de transición basada en la rotación de un carril.

El giro del peralte se hará, en general, alrededor del eje de la calzada. En los casos especiales, como, por ejemplo, en terreno muy llano, puede realizarse el giro alrededor del borde interior cuando se desea resaltar la curva.

En los cuadros 3.2.6.1.d1, 3.2.6.1.d2, 3.2.6.1.d3, 3.2.6.1.d4 y 3.2.6.1.d5, se indican los valores de los peraltes requeridos y sus correspondientes longitudes de transición para cada velocidad directriz en función de los radios adoptados.

Para los casos en que se haya previsto el empleo de curvas espirales de transición, se verificará que la longitud de estas curvas espirales permita la variación del peralte en los límites indicados, es decir, que la longitud resulte mayor o igual a la que se indica en los cuadros 3.2.6.1.d1, 3.2.6.1.d2, 3.2.6.1.d3, 3.2.6.1.d4 y 3.2.6.1.d5.

CUADRO Nº 3.2.6.1.d1

VALORES DE PERALTE Y LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE

PERALTE MÁXIMO = 4%

R (m)	V=20km/h		V=30km/h		V=40km/h		V=50km/h		V=60 km/h	
	(%)	(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	0
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	0
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	0	BH	12
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	BH	12
800	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.1	13
700	BN	0	BN	0	BH	0	BH	11	2.3	14
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.1	12	2.5	15
500	BN	0	BN	0	BH	10	2.3	13	2.7	16
400	BN	0	BN	0	2.1	11	2.5	14	3.0	18
300	BN	0	BH	BH	2.4	12	2.8	16	3.3	20
250	BN	0	BH	10	2.6	13	3.0	17	3.6	22
200	BH	0	2.3	11	2.8	14	3.3	18	3.8	23
175	BH	0	2.4	12	2.9	15	3.5	19	3.9	23
150	BH	9	2.5	12	3.1	15	3.7	20	4.0	24
140	BH	9	2.5	12	3.2	16	3.8	21	R_{min}= 150	
130	BH	9	2.6	12	3.3	17	3.8	21		
120	BH	9	2.7	13	3.4	17	3.9	22		
110	BH	9	2.8	13	3.5	18	4.0	22		
100	2.1	9	2.9	14	3.6	19	4.0	22		
90	2.2	10	3.0	14	3.7	19	R_{min}= 100			
80	2.4	11	3.2	15	3.8	20				
70	2.5	11	3.3	16	3.9	20				
60	2.6	12	3.5	17	4.0	21				
50	2.8	13	3.7	18	R_{min}= 60					
40	3.0	14	3.9	19						
30	3.3	15	R_{min}= 35							
20	3.8	17								
	R_{min} = 15									

e =peralte %
R =radio
V =velocidad
BN= Sección con bombeo normal
BH = Sección con bombeo adverso horizontalizado
L = Longitud de transición de peralte
e_{max} = 4%

CUADRO Nº 3.2.6.1.d2

VALORES DE PERALTE Y LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE

PERALTE MÁXIMO = 6%

R (m)	V=20km/h		V=30km/h		V=40km/h		V=50km/h		V=60 km/h	
	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	RC	12
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	RC	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.1	13
900	BN	0	BN	0	BN	0	RC	11	2.3	14
800	BN	0	BN	0	BN	0	RC	11	2.5	15
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.1	12	2.8	17
600	BN	0	BN	0	RC	10	2.4	13	3.1	19
500	BN	0	BN	0	2.1	11	2.8	16	3.6	21
400	BN	0	BH	10	2.5	13	3.3	18	4.0	24
300	BN	0	BH	10	3.1	15	3.9	22	4.6	28
250	BN	0	2.3	11	3.5	16	4.2	23	5	30
200	BN	0	2.8	13	3.9	18	4.7	26	5.5	33
175	BH	9	3.0	14	4.1	20	5.0	28	5.8	35
150	BH	9	3.3	16	4.4	21	5.3	29	6.0	36
140	BH	9	3.5	17	4.5	23	5.4	30	6.0	36
130	2.1	9	3.6	17	4.6	24	5.5	31	R_{min}= 135	
120	2.2	10	3.8	18	4.8	25	5.7	32		
110	2.4	11	3.9	19	5.0	26	5.8	32		
100	2.6	11	4.1	20	5.2	27	6.0	33		
90	2.7	12	4.2	20	5.4	28	6.0	33		
80	3.0	14	4.5	22	5.5	29	R_{min}= 90			
70	3.2	14	4.7	23	5.8	30				
60	3.5	15	5.0	24	6.0	31				
50	3.8	17	5.4	26	R_{min}= 55					
40	4.2	19	5.8	28						
30	4.7	21	6.0	29						
20	5.5	25	R_{min}= 30							
	R_{min} = 15									

e =peralte %
R =radio
V =velocidad
BN= Sección con bombeo normal
BH = Sección con bombeo adverso horizontalizado
L = Longitud de transición de peralte
e_{max} = 6%

CUADRO Nº 3.2.6.1.d3

VALORES DE PERALTE Y LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE

PERALTE MÁXIMO = 8%

R (m)	V=20km/h		V=30km/h		V=40km/h		V=50km/h		V=60 km/h	
	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.2	13
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.4	14
800	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.7	16
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.2	12	3.0	18
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.8	14	3.4	20
500	BN	0	BN	0	2.2	11	3.0	17	3.9	23
400	BN	0	BH	10	2.7	14	3.8	20	4.7	28
300	BN	0	2.1	10	3.4	17	4.5	25	5.6	34
250	BN	0	2.5	12	4.0	21	5.1	28	6.2	37
200	BN	0	3.0	14	4.6	24	5.8	32	7.0	42
175	BH	9	3.4	16	5.0	25	6.2	34	7.4	44
150	BH	9	3.8	18	5.4	26	6.7	37	7.8	47
140	BH	9	4.0	19	5.5	29	6.9	38	7.9	47
130	2.2	10	4.2	20	5.8	30	7.1	39	8.0	48
120	2.3	10	4.4	21	6.0	31	7.4	41	R_{min}= 125	
110	2.5	11	4.7	23	6.3	32	7.6	42		
100	2.7	12	5.0	24	6.6	34	7.8	43		
90	3.0	14	5.2	25	6.9	35	7.9	44		
80	3.3	15	5.5	26	7.2	37	8.0	44		
70	3.6	16	5.9	28	7.6	39	R_{min}= 80			
60	4.1	18	6.4	31	7.8	40				
50	4.6	21	6.9	33	8.0	41				
40	5.2	23	7.5	36	R_{min}= 45					
30	5.9	27	8.0	38						
20	7.1	32	R_{min}= 30							
	R_{min} = 10									

e =peralte %
R =radio
V =velocidad
BN= Sección con bombeo normal
BH = Sección con bombeo adverso horizontalizado
L = Longitud de transición de peralte
e_{max} = 8%

CUADRO Nº 3.2.6.1.d4

VALORES DE PERALTE Y LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE

PERALTE MÁXIMO = 10%

R (m)	V=20 km/h		V=30 km/h		V=40 km/h		V=50 km/h		V=60 km/h	
	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.2	13
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.6	15
800	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12	2.7	16
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.3	13	3.1	19
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.7	15	3.6	22
500	BN	0	BN	0	2.3	12	3.1	17	4.2	25
400	BN	0	BH	10	2.8	14	3.8	21	5.0	30
300	BN	0	2.2	11	3.5	19	4.6	27	5.3	38
250	BN	0	2.6	12	4.2	22	5.6	31	7.1	43
200	BN	0	3.1	15	5.0	26	6.5	37	8.2	49
175	BH	9	3.5	17	5.6	29	7.1	39	8.8	53
150	BH	9	4.0	19	6.2	32	7.8	43	9.4	56
140	2.1	9	4.3	21	6.4	33	8.1	45	9.7	58
130	2.2	10	4.5	22	6.7	34	8.5	47	9.8	59
120	2.4	11	4.8	23	7.0	36	8.8	49	10.0	60
110	2.6	12	5.1	24	7.4	38	9.1	50	**R_{min} = 115**	
100	2.8	13	5.5	26	7.7	40	9.5	53		
90	3.1	14	5.9	28	8.2	42	9.8	54		
80	3.4	15	6.4	31	8.8	44	10.0	55		
70	3.8	17	6.9	33	9.1	47	**R_{min} = 75**			
60	4.4	20	7.5	36	9.6	49				
50	5.0	23	8.2	39	10.0	51				
40	5.9	27	9.1	44	**R_{min} = 45**					
30	7.0	31	9.9	48						
20	8.5	38	**R_{min} = 25**							
	R_{min} = 10									

e =peralte %
R =radio
V =velocidad
BN= Sección con bombeo normal
BH = Sección con bombeo adverso horizontalizado
L = Longitud de transición de peralte
e_{max} = 10%

CUADRO Nº 3.2.6.1.d5

VALORES DE PERALTE Y LONGITUD DE TRANSICIÓN DE PERALTE

PERALTE MÁXIMO = 12%

R (m)	V=20 km/h		V=30 km/h		V=40 km/h		V=50 km/h		V=60 km/h	
	(%)	L(%)	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)	(%)	L(m)
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.3	14
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.5	15
800	BN	0	BN	0	BN	0	2.1	12	2.8	17
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.4	13	3.2	19
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.7	15	3.3	22
500	BN	0	BN	0	2.4	12	3.2	18	4.3	26
400	BN	0	BH	10	2.9	15	3.9	22	5.3	62
300	BN	0	2.2	11	3.8	20	5.1	28	6.7	40
250	BN	0	2.6	12	4.4	23	6.9	33	7.7	46
200	BN	0	3.2	15	6.3	27	7.1	39	9.1	55
175	BH	9	3.6	17	6.9	30	7.8	43	10.0	60
150	BH	9	4.2	20	6.7	34	8.7	48	10.9	65
140	2.1	9	4.4	21	7.0	38	9.1	50	11.2	67
130	2.3	10	4.7	23	7.4	39	9.5	53	11.5	59
120	2.5	11	5.1	24	7.8	40	10.0	55	11.8	71
110	2.7	12	5.4	26	8.2	42	10.5	58	12.0	72
100	2.8	13	5.9	28	8.7	45	11.0	61	**R_{min} = 105**	
90	3.2	14	6.4	31	9.3	48	11.4	63		
80	3.5	16	6.9	33	9.9	51	11.8	65		
70	4.0	18	7.6	36	10.5	54	12.0	66		
60	4.6	21	6.4	40	11.2	58	**R_{min} = 70**			
50	5.3	24	9.3	45	11.8	61				
40	6.3	28	10.4	50						
30	7.7	35	11.5	56	**R_{min} = 45**					
20	9.7	44	**R_{min} = 25**							
	R_{min} = 10									

e =peralte %
R =radio
V =velocidad
BN= Sección con bombeo normal
BH = Sección con bombeo adverso horizontalizado
L = Longitud de transición de peralte
e_{max} = 12%

3.2.7 SOBRE ANCHO DE LA CALZADA EN CURVAS CIRCULARES

La calzada aumenta su ancho en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes.

En las curvas, el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos. Asimismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril.

En el cuadro Nº 3.2.7 se presentan los sobre anchos requeridos para calzadas de doble carril.

CUADRO Nº 3.2.7
SOBRE ANCHO DE LA CALZADA EN CURVAS CIRCULARES (m)
(Calzada de dos carriles de circulación)

Velocidad directriz km/h	Radio de curva (m)																
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
20	*	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70	0.55	0.39	0.30	0.25	0.18	0.14
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.30	0.22	0.18
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.50	0.40	0.34	0.25	0.21
50								1.57	1.31	1.10	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.50	0.43	0.33	0.27

* Para Radio de 10 m se debe usar plantilla de la maniobra del vehículo de diseño

Para velocidades de diseño menores a 50 Km/h no se requerirá sobre ancho cuando el radio de curvatura sea mayor a 500 m. Tampoco se requerirá sobre ancho cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 y 60 Km/h y el radio de curvatura sea mayor a 800 m.

3.3 ALINEAMIENTO VERTICAL

3.3.1 CONSIDERACIONES PARA EL ALINEAMIENTO VERTICAL

En el diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes.

Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas.

El sistema de cotas del proyecto se referirá en lo posible al nivel medio del mar, para lo cual se enlazarán los puntos de referencia del estudio con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

A efectos de definir el perfil longitudinal, se considerarán como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una transición gradual continua entre tramos con pendientes diferentes.

Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán los siguientes criterios, salvo casos suficientemente justificados:

- En carreteras de calzada única, el eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada.
- Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje.
- En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.
- En terreno montañoso y en terreno escarpado, también se acomodará la rasante al relieve del terreno evitando los tramos en contra pendiente cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera.
- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presente variaciones graduales entre los alineamientos, de modo compatible con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.
- Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica podrán emplearse en el trazado cuando resulte indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera.
- Rasantes de lomo quebrado (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta), deberán ser evitadas siempre que sea posible. En casos de curvas convexas, se generan largos sectores con visibilidad restringida y cuando son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se generan confusiones en la apreciación de las distancias y curvaturas.

3.3.2 CURVAS VERTICALES

Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 1%, para carreteras no pavimentadas y mayor a 2% para las afirmadas.

Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la visibilidad en una distancia igual a la de visibilidad mínima de parada y cuando sea razonable una visibilidad mayor a la distancia de visibilidad de paso.

Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el índice de curvatura K. La longitud de la curva vertical será igual al índice K multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (A).

$$L = KA$$

Los valores de los índices K se muestran en el cuadro Nº 3.3.2a para curvas convexas y en el cuadro Nº 3.3.2b para curvas cóncavas.

CUADRO Nº 3.3.2.a
ÍNDICE K PARA EL CÁLCULO DE LA LONGITUD DE CURVA VERTICAL CONVEXA

Velocidad directriz Km./h	LONGITUD CONTROLADA POR VISIBILIDAD DE FRENADO		LONGITUD CONTROLADA POR VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO	
	Distancia de visibilidad de frenado m.	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento	Índice de curvatura K
20	20	0.6	-.-	-.-
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) K = L/A por el porcentaje de la diferencia algebraica.				

CUADRO Nº 3.3.2.b
ÍNDICE PARA EL CÁLCULO DE LA LONGITUD DE CURVA VERTICAL CÓNCAVA

VELOCIDAD DIRECTRIZ KM/H	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE FRENADO M.	ÍNDICE DE CURVATURA K
20	20	2.1
30	35	5.1
40	50	8.5
50	65	12.2
60	85	17.3
El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) K = L/A por el porcentaje de la diferencia algebraica.		

3.3.3 PENDIENTE

En los tramos en corte, se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas

adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%.

En general, se considera deseable no sobrepasar los límites máximos de pendiente que están indicados en el cuadro Nº 3.3.3.a.

En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3 000 msnm, los valores máximos del cuadro Nº 3.3.3.a para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%.

Los límites máximos de pendiente se establecerán teniendo en cuenta la seguridad de la circulación de los vehículos más pesados en las condiciones más desfavorables de la superficie de rodadura.

CUADRO Nº 3.3.3.a
PENDIENTES MÁXIMAS

OROGRAFÍA TIPO	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
VELOCIDAD DE DISEÑO:				
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos, cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. Se determinará la frecuencia y la ubicación de estos tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas y los menores incrementos del costo de construcción.

En general, cuando en la construcción de carreteras se emplee pendientes mayores a 10%, el tramo con esta pendiente no debe exceder a 180 m.

Es deseable que la máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2000m no supere el 6%, las pendientes máximas que se indican en el cuadro N° 3.3.3a son aplicables.

En curvas con radios menores a 50 debe evitarse pendientes en exceso a 8%, debido a que la pendiente en el lado interior de la curva se incrementa muy significativamente.

3.4 COORDINACIÓN ENTRE EL DISEÑO HORIZONTAL Y DEL DISEÑO VERTICAL

El diseño de los alineamientos horizontal y vertical no debe realizarse independientemente. Para obtener seguridad, velocidad uniforme, apariencia agradable y eficiente servicio al tráfico, es necesario coordinar estos alineamientos. (Figura 3.4.1).

La superposición (coincidencia de ubicación) de la curvatura vertical y horizontal generalmente da como resultado una carretera más segura y agradable. Cambios sucesivos en el perfil longitudinal no combinados con la curvatura horizontal, pueden conllevar una serie de depresiones no visibles al conductor del vehículo.

No es conveniente comenzar o terminar una curva horizontal cerca de la cresta de una curva vertical. Esta condición puede resultar insegura especialmente en la noche, si el conductor no reconoce el inicio o final de la curva horizontal. Se mejora la seguridad si la curva horizontal guía a la curva vertical. La curva horizontal debe ser más larga que la curva vertical en ambas direcciones.

Para efectos del drenaje, deben diseñarse las curvas horizontal y vertical de modo que éstas no sean cercanas a la inclinación transversal nula en la transición del peralte.

El diseño horizontal y vertical de una carretera deberá estar coordinado de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura. Concretamente, se evitará que circulando a la velocidad de diseño, se produzcan pérdidas visuales de trazado, definida ésta como el efecto que sucede cuando el conductor puede ver, en un determinado instante, dos tramos de carretera, pero no puede ver otro situado entre los dos anteriores.

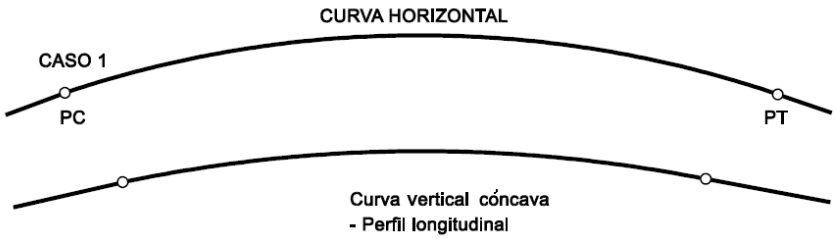
Para conseguir una adecuada coordinación de los diseños, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

- Los puntos de tangencia de toda curva vertical, en coincidencia con una curva circular, estarán situados dentro de la zona de curvas de transición (Clotoide) en planta y lo más alejados del punto de radio infinito o punto de tangencia de la curva de transición con el tramo en recta.

- En tramos donde sea previsible la aparición de hielo, la línea de máxima pendiente (longitudinal, transversal o la de la plataforma) será igual o menor que el diez por ciento (10%).

Figura 3.4.1

COORDINACIÓN DE LOS ALINEAMIENTOS HORIZONTAL Y VERTICAL



Curva vertical cóncava
- Perfil longitudinal

Coincidencia de curvas horizontal y vertical

RESULTADO : Seguridad y buena visibilidad

Curva vertical convexa
- Perfil longitudinal

Coincidencia de curvas horizontal y vertical

RESULTADO : Seguridad y buena visibilidad

3.5 SECCIÓN TRANSVERSAL

3.5.1 CALZADA

En el diseño de carreteras de muy bajo volumen de tráfico IMDA < 50, la calzada podrá estar dimensionada para un solo carril. En los demás casos, la calzada se dimensionará para dos carriles.

En el cuadro Nº 3.5.1a, se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

CUADRO Nº 3.5.1.a

ANCHO MÍNIMO DESEABLE DE LA CALZADA EN TANGENTE (en metros)

Tráfico IMDA	<15	16 á 50		51 á 100		101 á 200	
Velocidad Km./h	*		**		**		**
25	3.50	3.50	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
30	3.50	4.00	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00
40	3.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
50	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00

* Calzada de un solo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento.

** Carreteras con predominio de tráfico pesado.

En los tramos en recta, la sección transversal de la calzada presentará inclinaciones transversales (bombeo) desde el centro hacia cada uno de los bordes para facilitar el drenaje superficial y evitar el empozamiento del agua.

Las carreteras no pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 2% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMDA inferior a 200 veh/día, se puede sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada.

Para determinar el ancho de la calzada en un tramo en curva, deberán considerarse las secciones indicadas en el cuadro Nº 3.5.1a Estarán provistas de sobre anchos, en los tramos en curva, de acuerdo a lo indicado en el cuadro Nº 3.2.7.

3.5.2 BERMAS

A cada lado de la calzada, se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías. Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho de min. 0.50 m.

En los tramos en tangentes las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.

La berma situada en el lado inferior del peralte seguirá la inclinación de este cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.

La berma situada en la parte superior del peralte tendrá en lo posible una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7%, la berma superior quedará inclinada hacia la calzada con una inclinación igual a la inclinación del peralte menos 7%.

3.5.3 ANCHO DE LA PLATAFORMA

El ancho de la plataforma a rasante terminada resulta de la suma del ancho en calzada y del ancho de las bermas.

La plataforma a nivel de la subrasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas integrantes del afirmado y la cuneta de drenaje.

3.5.4 PLAZOLETAS

En carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito, se construirán ensanches en la plataforma, cada 500 m como mínimo para que puedan cruzarse los vehículos opuestos o adelantarse aquellos del mismo sentido.

La ubicación de las plazoletas se fijará de preferencia en los puntos que combinen mejor la visibilidad a lo largo de la carretera con la facilidad de ensanchar la plataforma.

3.5.5 DIMENSIONES EN LOS PASOS INFERIORES

La altura libre deseable sobre la carretera será de por lo menos 5.00 m. En los túneles, la altura libre no será menor de 5.50. (Ver figura 3.5.5.1)

Cuando la carretera pasa debajo de una obra de arte vial, su sección transversal permanece inalterada y los estribos o pilares de la obra debajo de la cual pasa deben encontrarse fuera de las bermas o de las cunetas eventuales agregándose una sobre berma no menor a 0.50 (1.50 deseable).

3.5.6 TALUDES

Los taludes para las secciones en corte y relleno variarán de acuerdo a la estabilidad de los terrenos en que están practicados. Las alturas admisibles del talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos o tomando en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes.

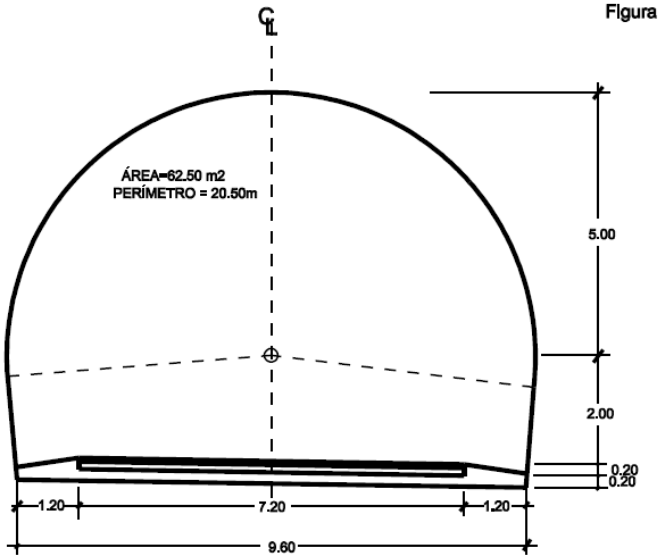
Los valores de la inclinación de los taludes en corte y relleno serán de un modo referencial los indicados en el acápite 5.2 del capítulo 5.

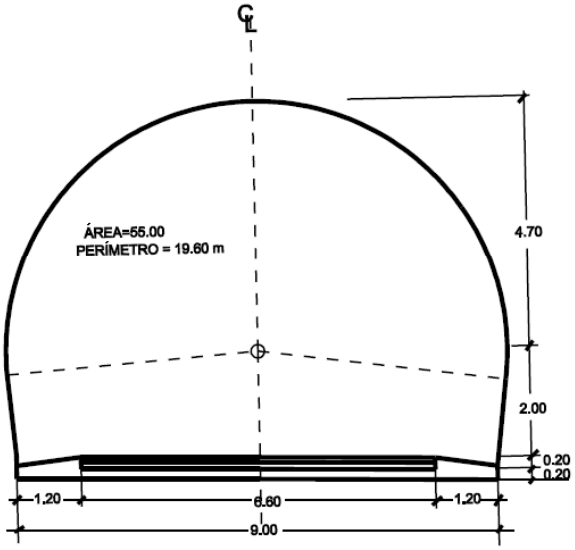
3.5.7 SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA

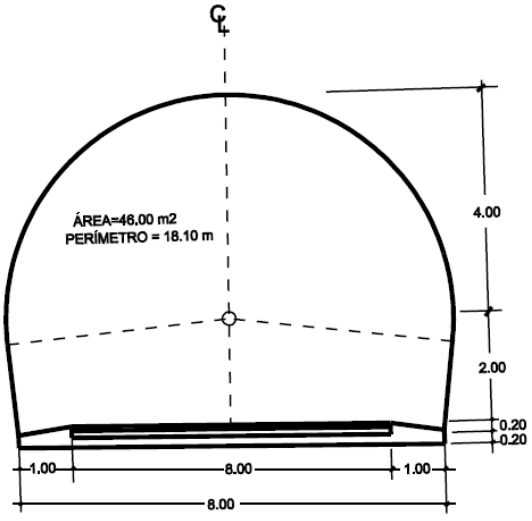
La figura 3.5.7.1 ilustra una sección transversal típica de la carretera, a media ladera, que permite observar hacia el lado derecho la estabilización del talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud estable de relleno.

Ambos detalles por separado, grafican en el caso de presentarse en ambos lados, la situación denominada, en el primer caso carreteras en cortes cerrados, y en el segundo caso carreteras en relleno.

Figura 3.5.5.1


ÁREA=62.50 m2
PERÍMETRO = 20.50m
5.00
2.00
0.20
0.20
1.20
7.20
1.20
9.60


ÁREA=55.00
PERÍMETRO = 19.60 m
4.70
2.00
0.20
0.20
1.20
6.60
1.20
9.00


ÁREA=46.00 m2
PERÍMETRO = 18.10 m
4.00
2.00
0.20
0.20
1.00
8.00
1.00
8.00

a) DETALLE TÍPICO DE CORTE EN TIERRA Y
b) RELLENO EN LADERA EMPINADA

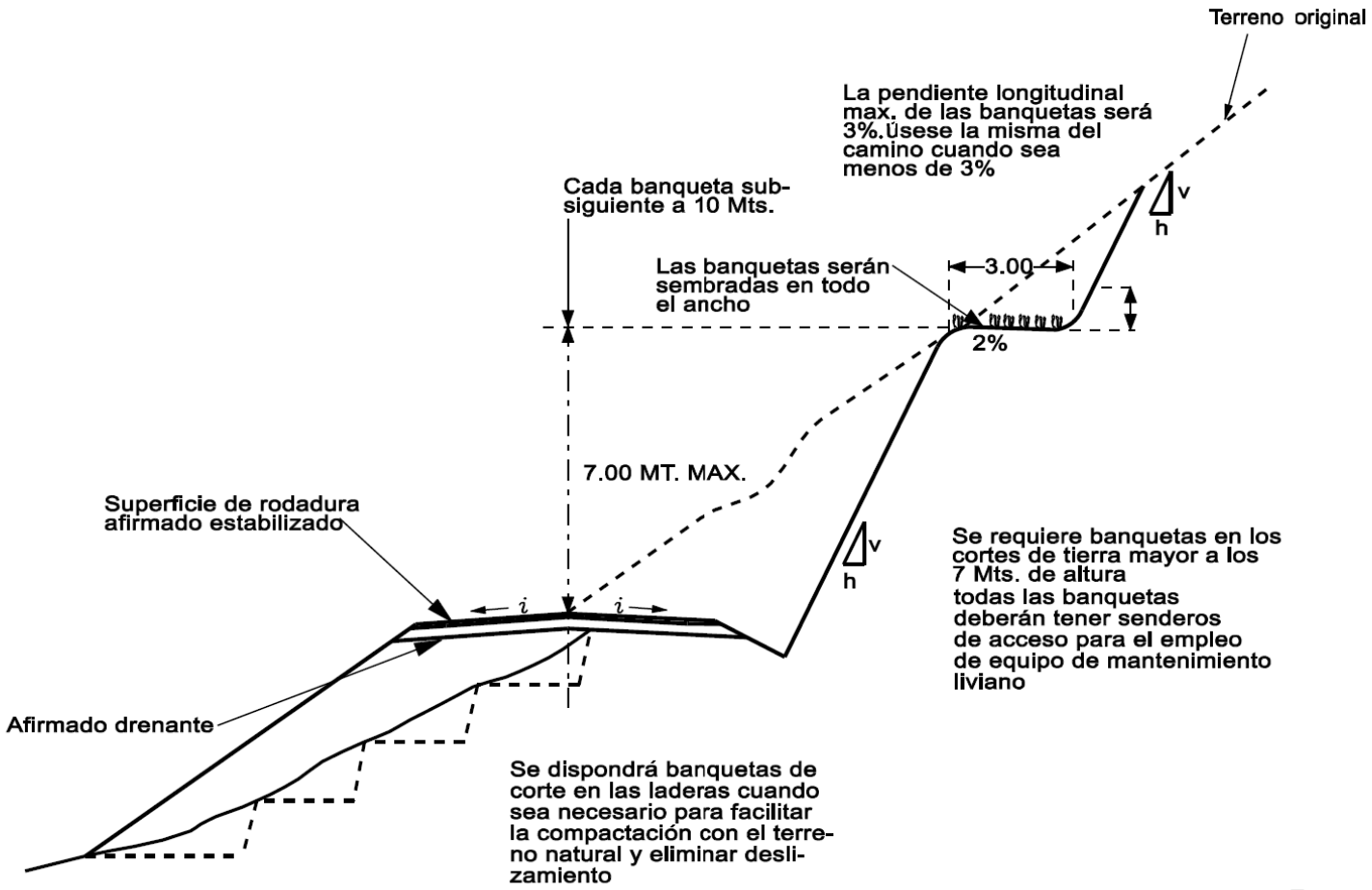


Figura 3.5.7.1

CAPÍTULO 4
HIDROLOGÍA Y DRENAJE

El sistema de drenaje de una carretera tiene esencialmente dos finalidades: a) preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma de la carretera y b) restituir las características de los sistemas de drenaje y/o de conducción de aguas, natural del terreno o artificial, de estructuras, construidas previamente, que serían dañadas o modificadas por la construcción de carretera que, sin un debido cuidado, resultarían causando daños en el medio ambiente, algunos posiblemente irreparables.

Desde estos puntos de vista y de una manera práctica, debe considerarse:

a) En la etapa del planeamiento

Debe aplicarse los siguientes criterios para la localización del eje de la carretera:

1. Evitar en lo posible localizar la carretera en territorios, húmedos o pantanosos; zonas de huaicos mayores; zonas con torrentes de aguas intermitentes; zonas con corrientes de aguas subterráneas y las zonas inestables y/o con taludes pronunciadas.
2. Evitar en lo posibles la cercanía a reservorios y cursos de agua existentes, naturales o artificiales, especialmente si son causa de posibles erosiones de la plataforma de la carretera.

b) En la etapa de diseño del sistema de drenaje

1. Mantener al máximo en los taludes, la vegetación natural existente.
2. No afectar o reconstruir, perfeccionándolo, el drenaje natural del territorio (cursos de agua).
3. Canalizar el agua superficial proveniente de lluvias sobre la explanación de la carretera hacia cursos de agua existentes fuera de la carretera evitando que tenga velocidad erosiva.
4. Bajar la napa freática de aguas subterráneas a niveles que no afecten la carretera.
5. Proteger la carretera contra la erosión de las aguas.

La aplicación de estos criterios lleva al diseño de soluciones de ingeniería que, por su naturaleza, se agrupan en la forma siguiente:

- Drenaje superficial.
- Drenaje subterráneo.

4.1 DRENAJE SUPERFICIAL

4.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

a) Finalidad del drenaje superficial

El drenaje superficial tiene como finalidad alejar las aguas de la carretera para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.

El adecuado drenaje es esencial para evitar la destrucción total o parcial de una carretera y reducir los impactos indeseables al ambiente debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de éste.

El drenaje superficial comprende:

- La recolección de las aguas procedentes de la plataforma y sus taludes.
- La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera.

b) Criterios funcionales

Los elementos del drenaje superficial se elegirán teniendo en cuenta criterios funcionales, según se menciona a continuación:

- Las soluciones técnicas disponibles.
- La facilidad de su obtención y así como los costos de construcción y mantenimiento.
- Los daños que, eventualmente, producirían los caudales de agua correspondientes al período de retorno, es decir, los máximos del período de diseño.

Al paso del caudal de diseño, elegido de acuerdo al período de retorno y considerando el riesgo de obstrucción de los elementos del drenaje, se deberá cumplir las siguientes condiciones:

- En los elementos de drenaje superficial la velocidad del agua será tal que no produzca daños por erosión ni por sedimentación.
- El máximo nivel de la lámina de agua será tal que siempre se mantenga un borde libre no menor de 0.10 m.
- No alcanzará la condición de catastróficos los daños materiales a terceros producibles por una eventual inundación de zonas aledañas a la carretera, debido a la sobre elevación del nivel de la corriente en un cauce, provocada por la presencia de una obra de drenaje transversal.

c) Período de retorno

La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un drenaje superficial, está relacionada con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el período para el cual se diseña la carretera. En general, se aceptan riesgos más altos cuando los daños probables que se produzcan, en caso de que discurra un caudal mayor al de diseño, sean menores y los riesgos aceptables deberán ser muy pequeños cuando los daños probables sean mayores.

El riesgo o probabilidad de excedencia de una caudal en un intervalo de años, está relacionado con la frecuencia histórica de su aparición o con el período de retorno.

En el cuadro Nº 4.1.1a se muestran los valores del riesgo de excedencia, del caudal de diseño, durante la vida útil del elemento de drenaje para diversos períodos de retorno.

CUADRO Nº 4.1.1a
RIESGO DE EXCEDENCIA (%) DURANTE LA VIDA ÚTIL PARA DIVERSOS PERÍODOS DE RETORNO

Período de retorno (años)	Años de vida útil				
	10	20	25	50	100
10	65.13%	87.84%	92.82%	99.48%	99.99%
15	49.84%	74.84%	82.18%	96.82%	99.90%
20	40.13%	64.15%	72.26%	92.31%	99.41%
25	33.52%	55.80%	63.96%	87.01%	98.31%
50	18.29%	33.24%	39.65%	63.58%	86.74%
100	9.56%	18.21%	22.22%	39.50%	63.40%
500	1.98%	3.92%	4.88%	9.3%	18.14%
1000	1.00%	1.98%	2.47%	4.88%	9.52%
10000	0.10%	0.20%	0.25%	0.50%	0.75%

Se recomienda adoptar períodos de retorno no inferiores a 10 años para las cunetas y para las alcantarillas de alivio. Para las alcantarillas de paso, el período de retorno aconsejable es de 50 años. Para los pontones y puentes, el período de retorno no será menor a 100 años. Cuando sea previsible que se produzcan daños catastróficos en caso de que se excedan los caudales de diseño, el período de retorno podrá ser hasta de 500 años o más.

En el cuadro N° 4.1.1b, se indican períodos de retorno aconsejables, según el tipo de obra de drenaje.

CUADRO Nº 4.1.1b
PERÍODOS DE RETORNO PARA DISEÑO DE OBRAS DE DRENAJE EN CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

TIPO DE OBRA	PERÍODO DE RETORNO EN AÑOS
Puentes y pontones	100(mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarilla de alivio	10 – 20
Drenaje de la plataforma	10

d) Riesgo de obstrucción

Las condiciones de funcionamiento de los elementos de drenaje superficial, pueden verses alteradas por su obstrucción debida a cuerpos arrastrados por la corriente.

Entre los elementos del drenaje superficial de la plataforma, el riesgo es especialmente importante en los sumideros y colectores enterrados debido a la

presencia de basura o sedimentación del material transportado por el agua. Para evitarlo, se necesita un adecuado diseño, un cierto sobre dimensionamiento y una eficaz conservación o mantenimiento.

El riesgo de obstrucción de las obras de drenaje transversal (alcantarillas de paso y cursos naturales), fundamentalmente por vegetación arrastrada por la corriente dependerá de las características de los cauces y zonas inundables y puede clasificarse en las categorías siguientes:

- Riesgo alto: Existe peligro de que la corriente arrastre árboles u objetos de tamaño parecido.
- Riesgo medio: Pueden ser arrastradas cañas, arbustos, ramas y objetos de dimensiones similares, en cantidades importantes.
- Riesgo bajo: No es previsible el arrastre de objetos de tamaño en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe.

Si el riesgo fuera alto, se procurará que las obras de drenaje transversal no funcionen a sección llena, dejando entre el nivel superior de la superficie del agua y el techo del elemento un borde libre, para el nivel máximo del agua, con un resguardo mínimo de 1.5 m, mantenido en una anchura no inferior a 12 m. Si el riesgo fuera medio, las cifras anteriores podrán reducirse a la mitad. Si estas condiciones no se cumplen, se tendrá en cuenta la sobre elevación del nivel del agua que pueda causar una obstrucción, aplicando en los cálculos una reducción a la sección teórica de desagüe. También se podrá recurrir al diseño de dispositivos para retener al material flotante, aguas arriba y a distancia suficiente. Esto siempre que se garantice el mantenimiento adecuado.

Deberá comprobarse que la carretera no constituya un obstáculo que retenga las aguas desbordadas de un cauce o conducto de agua y prolongue de forma apreciable la inundación después de una crecida.

e) Daños debidos a la escorrentía

A efectos del presente manual, únicamente se considerarán como daños a aquellos que no se hubieran producido sin la presencia de la carretera. Es decir a las diferencias entre los efectos producidos por el caudal debido a la carretera y de sus elementos de drenaje superficial y aquellos que se originaban antes de la construcción.

Estos daños pueden clasificarse en las categorías siguientes:

- Los producidos en el propio elemento de drenaje o en su entorno inmediato (sedimentaciones, erosiones, roturas).
- Las interrupciones en el funcionamiento de la carretera o de vías contiguas, debidas a inundación de su plataforma.
- Los daños a la estructura del afirmado, a la plataforma de la carretera o a las estructuras y obras de arte.

Los daños materiales a terceros por inundación de las zonas aledañas podrán considerarse catastróficos o no. No dependen del tipo de carretera ni de la circulación que esta soporte, sino de su emplazamiento.

e.1) Daños en el elemento de drenaje superficial

Se podrá considerar que la corriente no producirá daños importantes por erosión de la superficie del cauce o conducto si su velocidad media no excede de los límites fijados en el cuadro Nº 4.1.1c en función de la naturaleza de dicha superficie:

CUADRO Nº 4.1.1c
VELOCIDAD MÁXIMA DEL AGUA

TIPO DE SUPERFICIE	MÁXIMA VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50 *
Concreto	4.50 – 6.00 *

* Para flujos de muy corta duración

Si la corriente pudiera conducir materiales en suspensión (limo, arena, etc.), se cuidará que una reducción de la velocidad del agua no provoque su sedimentación o se dispondrán depósitos de sedimentación para recogerlas, los cuales deberán ser de fácil limpieza y conservarse de forma eficaz.

e.2) Daños no catastróficos a terceros

Donde existan zonas rurales en las que eventualmente terceros sufren daños por inundaciones o similares, deberá cuidarse y comprobarse que la carretera no constituya un obstáculo que retenga las aguas desbordadas y prolongue de forma apreciable la inundación después del paso de una crecida. Especial atención se prestará a este problema en cauces con márgenes más altos que los terrenos circundantes y en llanuras de inundación.

e.3) Daños catastróficos

Los daños a terceros se considerarán catastróficos cuando ocurra alguna de las circunstancias siguientes:

- Riesgo de pérdida de vidas humanas o graves daños personales.
- Afectaciones a núcleos poblados o industriales.

En los casos en que resulte evidente la ocurrencia de daños, se deberá realizar un detallado análisis de la situación. Si de dicho análisis se dedujera riesgo de daños catastróficos se adoptarán las medidas oportunas para evitarlos.

e.4) Beneficios

Todo análisis de las afectaciones a terceros causadas por la presencia de una carretera incluirá, además de los daños, también eventuales beneficios, debidas a la reducción de niveles de inundación en algunas zonas aguas abajo, o a otras razones.

4.1.2 HIDROLÓGICA Y CÁLCULOS HIDRÁULICOS

Las dimensiones de los elementos del drenaje superficial serán establecidas mediante métodos teóricos conocidos de acuerdo a las características hidrológicas de la zona por donde pasa la carretera tomando en cuenta la información pluviométrica disponible.

El método de estimación de los caudales asociados a un período de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca tributaria. Por su naturaleza, representan casos especiales la presencia de lagos, embalses y zonas inundables que retengan o desvíen la escorrentía.

Cuando las cuencas son pequeñas, se considera apropiado el método de la fórmula racional para la determinación de los caudales Se consideran cuencas pequeñas a aquellas en que el tiempo de concentración es igual o menor a 6 horas. El tiempo de recorrido del flujo en el sistema de cauces de una cuenca o tiempo de concentración relacionado con la intensidad media de precipitación se puede deducir por la fórmula:

$$T = 0.3\ (L/J^{1/4})^{3/4}$$

Siendo:

T = Tiempo de concentración en horas.
L = Longitud del cauce principal en km.
J = Pendiente media.

Esta fórmula no es aplicable al flujo sobre la plataforma de la carretera dado que este flujo es difuso y lento.

Cuando se disponga de información directa sobre niveles o cualidades de la avenida, se recomienda comparar los resultados obtenidos del análisis con esta información directa.

El caudal de diseño en el que desagua una cuenca pequeña o superficie se obtendrá mediante la fórmula racional:

$$Q = C\ I\ A\ /\ 3.6$$

Q= Caudal m^3/seg. (Para cuencas pequeñas) en la sección en estudio.
I = Intensidad de la precipitación pluvial máxima, previsible, correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración y a un período de retorno dado, en mm/h.
A = Área de la cuenca en $km^{2.}$
C = Coeficiente de escorrentía.

Para el pronóstico de los caudales, el procedimiento racional requiere contar con la familia de curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF). En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviográfica que se tiene, difícilmente pueden elaborarse estas curvas. Ordinariamente solo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas por lo que el valor de la intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicada por un coeficiente de duración. En el cuadro Nº 4.1.2.c se muestran coeficientes de duración, entre 1 hora y 48 horas, los mismos que podrán usarse, con criterio y cautela, para el cálculo de la intensidad cuando no se disponga de mejor información.

CUADRO Nº 4.1.2a
COEFICIENTES DE DURACIÓN
LLUVIAS ENTRE 48 HORAS Y UNA HORA

Duración de la precipitación en horas	Coeficiente
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64
10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

El coeficiente de C, de la fórmula racional, puede determinarse con la ayuda de los valores mostrados en los cuadros Nº 4.1.2b y Nº 4.1.2c

CUADRO Nº 4.1.2b
VALORES PARA LA DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

CONDICIÓN	VALORES			
1. Relieve del terreno	K_1 = 40 Muy accidentado pendiente superior al 30%	K_1 = 30 Accidentado pendiente entre 10% y 30%	K_1 = 20 Ondulado pendiente entre 5% y 10%	K_1 = 10 Llano pendiente inferior al 5%
2. Permeabilidad del suelo	K_2 = 20 Muy impermeable roca sana	K_2 = 15 Bastante impermeable arcilla	K_2 = 10 Permeable	K_2 = 5 Muy permeable
3. Vegetación	K_3 = 20 Sin vegetación	K_3 = 15 Poca Menos del 10% de la superficie	K_3 = 10 Bastante Hasta el 50% de la superficie	K_3 = 5 Mucha Hasta el 90% de la superficie
4. Capacidad de retención	K_4 = 20 Ninguna	K_4 = 15 Poca	K_4 = 10 Bastante	K_4 = 5 Mucha

CUADRO Nº 4.1.2C
COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

$K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4$ *	C
100	0.80
75	0.65
50	0.50
30	0.35
25	0.20

* Ver cuadro Nº 4.1.2b

Para la determinación del coeficiente de escorrentía también podrán tomarse como referencia, cuando sea pertinente, los valores mostrados en el cuadro Nº 4.1.2d

CUADRO Nº 4.1.2d
COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

TIPO DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Pavimento asfáltico y concreto	0.70 – 0.95
Adoquines	0.50 – 0.70
Superficie de grava	0.15 – 0.30
Bosques	0.10 – 0.20
Zonas de vegetación densa • Terrenos granulares • Terrenos arcillosos	 0.10 – 0.50 0.30 – 0.75
Tierra sin vegetación	0.20 – 0.80
Zonas cultivadas	0.20 – 0.40

Para el cálculo de la velocidad y del caudal en un canal con régimen hidráulico uniforme, se puede emplear la fórmula de Manning.

$$V = R^{2/3} S^{1/2} / n$$

$$Q = VA$$

$$R = A / P$$

Donde:

Q = Caudal m^3/s
V = Velocidad media m/s
A = Área de la sección transversal ocupada por el agua m^2
P = Perímetro mojado m
R = A/P; Radio hidráulico m
S = Pendiente del fondo m/m
n = Coeficiente de rugosidad de Manning (cuadro Nº 4.1.2e)

CUADRO Nº 4.1.2e
VALORES DEL COEFICIENTE DE MANNING

Tipo de canal	Mínimo	Normal	Máximo
Tubo metálico corrugado	0.021	0.024	0.030
Tubo de concreto	0.010	0.015	0.020
Canal revestido en concreto alisado	0.011	0.015	0.017
Canal revestido en concreto sin alisar	0.014	0.017	0.020
Canal revestido albañilería de piedra	0.017	0.025	0.030
Canal sin revestir en tierra o grava	0.018	0.027	0.030
Canal sin revestir en roca uniforme	0.025	0.035	0.040
Canal sin revestir en roca irregular	0.035	0.040	0.050
Canal sin revestir con maleza tupida	0.050	0.080	0.120
Río en planicies de cauce recto sin zonas con piedras y malezas	0.025	0.030	0.035
Ríos sinuosos o torrentosos con piedras	0.035	0.040	0.600

4.1.3 ELEMENTOS FÍSICOS DEL DRENAJE SUPERFICIAL

a) Drenaje del agua que escurre superficialmente

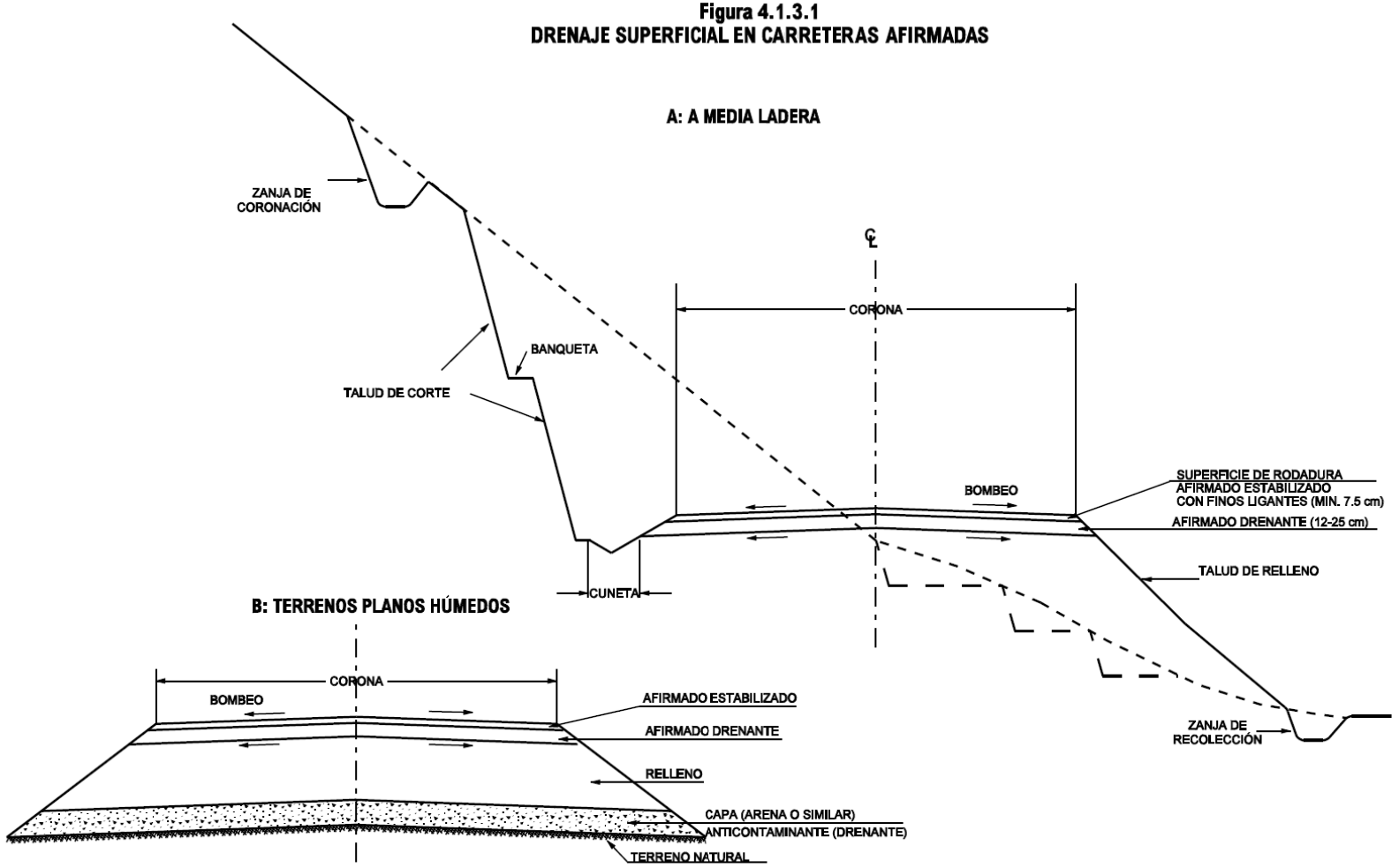
- FUNCIÓN DEL BOMBEO Y DEL PERALTE
  La eliminación del agua de la superficie de rodadura se efectúa por medio del bombeo en las secciones en tangente y del peralte en las curvas horizontales, provocando el escurrimiento de las aguas hacia las cunetas (figura 4.1.3.1). Los valores del bombeo se señalan en el ítem 3.5.1.

- PENDIENTE LONGITUDINAL DE LA RASANTE
  De modo general, la rasante será proyectada con pendiente longitudinal no menor de 0.5 %, evitándose los tramos horizontales con el fin de facilitar el movimiento del agua de las cunetas hacia sus aliviaderos o alcantarillas.

  Solo en el caso que la rasante de la cuneta pueda proyectarse con la pendiente conveniente independientemente de la calzada, se admitirá la horizontalidad de ésta.

  En carreteras no pavimentadas deberán evitarse, en lo posible, pendientes mayores al 10%, salvo que se construyan camellones que desvíen las aguas lateralmente antes que adquieran velocidad de erosión.

Figura 4.1.3.1
DRENAJE SUPERFICIAL EN CARRETERAS AFIRMADAS



- DESAGÜE SOBRE LOS TALUDES EN RELLENO O TERRAPLÉN
  Si la plataforma de la carretera está en un terraplén o relleno y el talud es erosionable, las aguas que escurren sobre la calzada deberán ser encausadas por los dos lados de la misma en forma que el desagüe se efectúe en sitios preparados especialmente protegidas y se evite la erosión de los taludes (figura 4.1.3.2).

  Para encausar las aguas, cuando el talud es erosionable, se podrá prever la construcción de un bordillo al costado de la berma. Éste será cortado con frecuencia impuesto por la intensidad de las lluvias, encausando el agua en zanjas fabricadas con descarga al pie del talud.

b) Cunetas

Las cunetas tendrán, en general, sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte.

Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas, siendo las dimensiones mínimas aquellas indicadas en el cuadro Nº 4.1.3a.

El ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante el fondo o vértice de la cuneta.

CUADRO Nº 4.1.3a
DIMENSIONES MÍNIMAS DE LAS CUNETAS

REGIÓN	PROFUNDIDAD(m)	ANCHO(m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy lluviosa	0.50	1.00

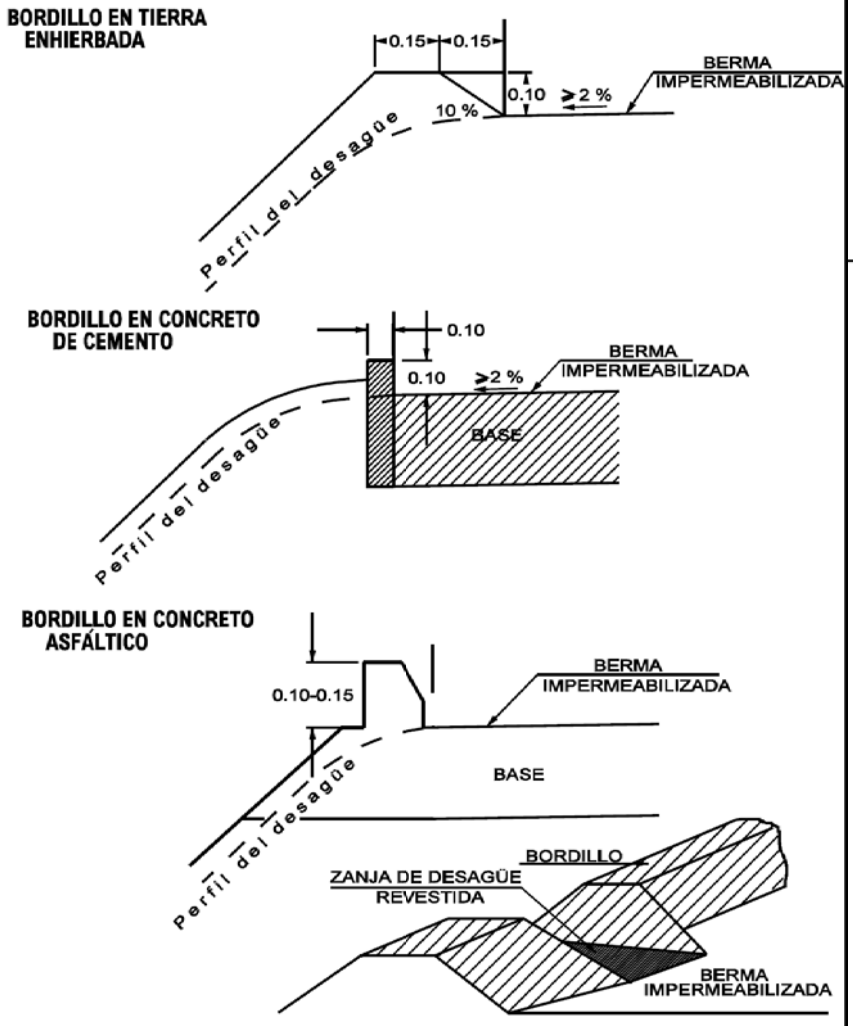
- REVESTIMIENTO DE LAS CUNETAS
  Cuando el suelo es deleznable (arenas, limos, arenas limosas, arena limo arcillosos, suelos francos, arcillas, etc.) y la pendiente de la cuneta es igual o mayor de 4%, ésta deberá revestirse con piedra y lechada de cemento u otro revestimiento adecuado (figura 4.1.3.3a).

- DESAGÜE DE LAS CUNETAS
  El desagüe del agua de las cunetas se efectuará por medio de alcantarillas de alivio (figura 4.1.3.3b).

  La longitud de las cunetas entre alcantarillas de alivio será de 250m como máximo para suelos no erosionables o poco erosionables. Para otro tipo de suelos susceptibles a erosión, la distancia podrá disminuir de acuerdo a los resultados de la evaluación técnica de las condiciones de pluviosidad, cobertura vegetal de los suelos, taludes naturales y otras características de la zona.

Figura 4.1.3.2

DESAGÜE SOBRE LOS TALUDES EN RELLENO



NOTA: LAS DIMENSIONES SE ENCUENTRAN EXPRESADAS EN METROS, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

Figura 4.1.3.3a

CUNETA REVESTIDA

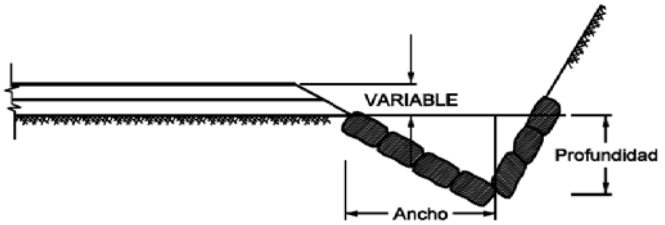
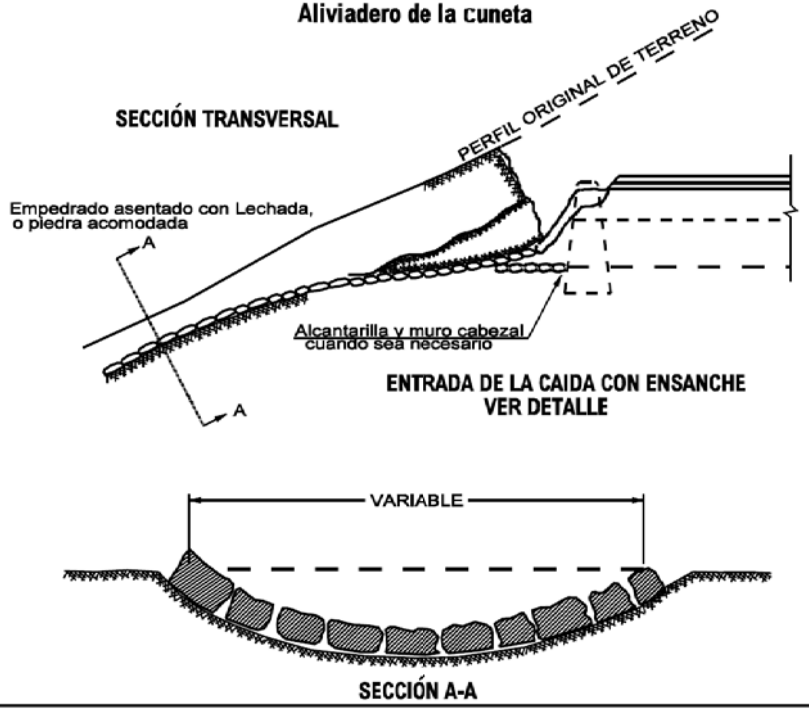


Figura 4.1.3.3b

LINEA TÍPICA REVESTIDA

Aliviadero de la cuneta



c) Zanjas de coronación

- UBICACIÓN DE LAS ZANJAS DE CORONACIÓN
  Cuando se prevea que el talud de corte está expuesto a efecto erosivo del agua de escorrentía, se diseñará zanjas de coronación (figura 4.1.3.4)

d) Zanjas de recolección

La zanja de recolección será necesaria para llevar las aguas de las alcantarillas de alivio hacia los cursos de agua existente. (Figura 4.1.3.4)

- DIMENSIONES DE LAS ZANJAS
  Las dimensiones se fijarán de acuerdo a las condiciones pluviométricas de la zona y características del terreno.

- REVESTIMIENTO DE LAS ZANJAS DE CORONACIÓN
  Se deberá revestir las zanjas en el caso que estén previstas filtraciones que pueden poner en peligro la estabilidad del talud de corte.

- DESAGÜE DE LAS ZANJAS
  La ubicación de los puntos de desagüe será fijada por el proyectista teniendo en cuenta la ubicación de las alcantarillas y la longitud máxima que puede alcanzar la zanja con relación a sus dimensiones y a la lluviosidad de la zona (figura 4.1.3.5).

e) Canal de bajada

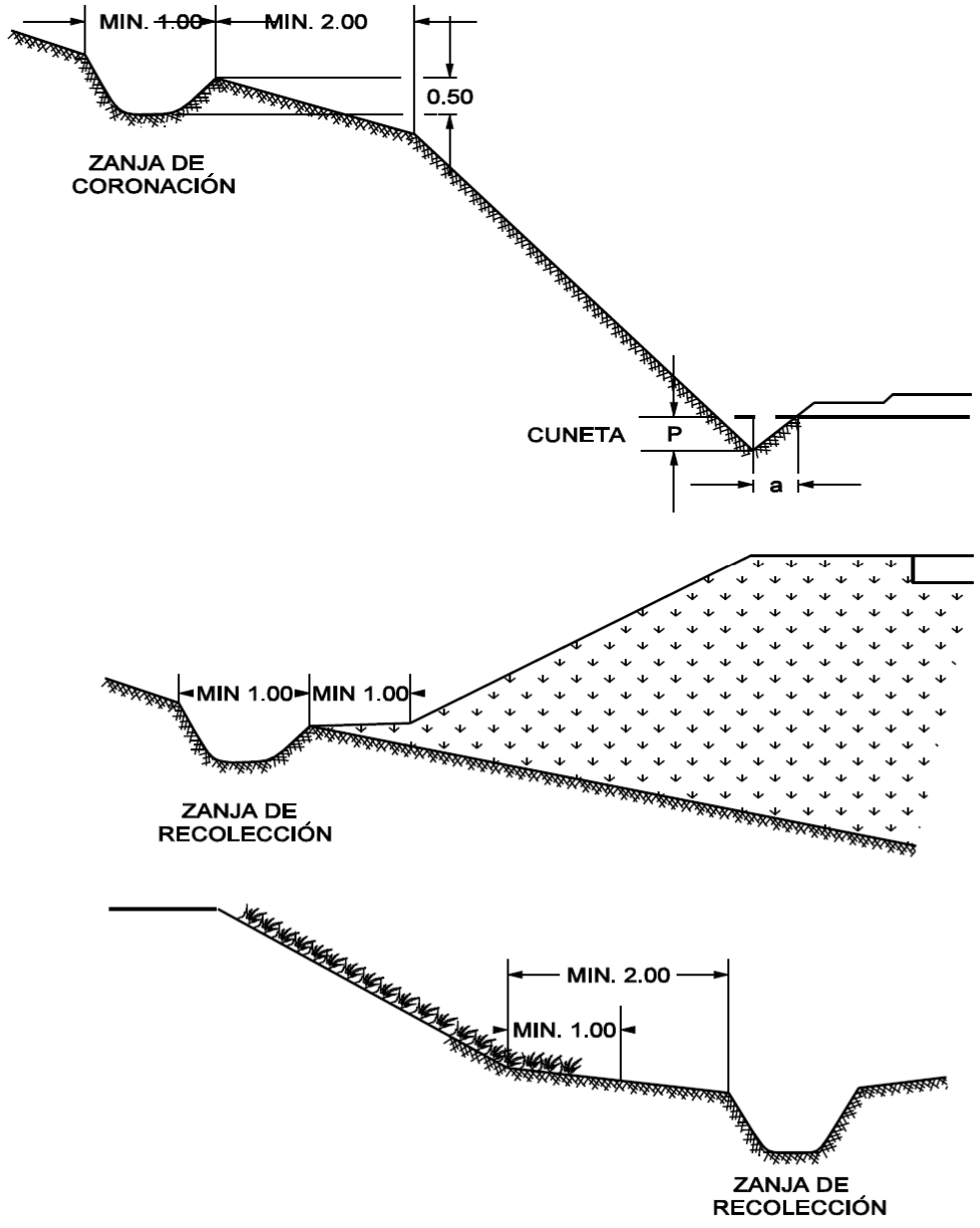
Cuando la carretera, en media ladera o en corte cerrado, cruza un curso de agua que no es posible desviar, es necesario encauzar las aguas en un canal de bajada con el fin también de preservar la estabilidad del talud (figura 4.1.3.5 y 4.1.3.6).

f) Alcantarillas de paso y alcantarillas de alivio

- TIPO Y UBICACIÓN
  El tipo de alcantarilla deberá de ser elegido en cada caso teniendo en cuenta el caudal a eliminarse, la naturaleza, la pendiente del cauce y el costo en relación con la disponibilidad de los materiales.

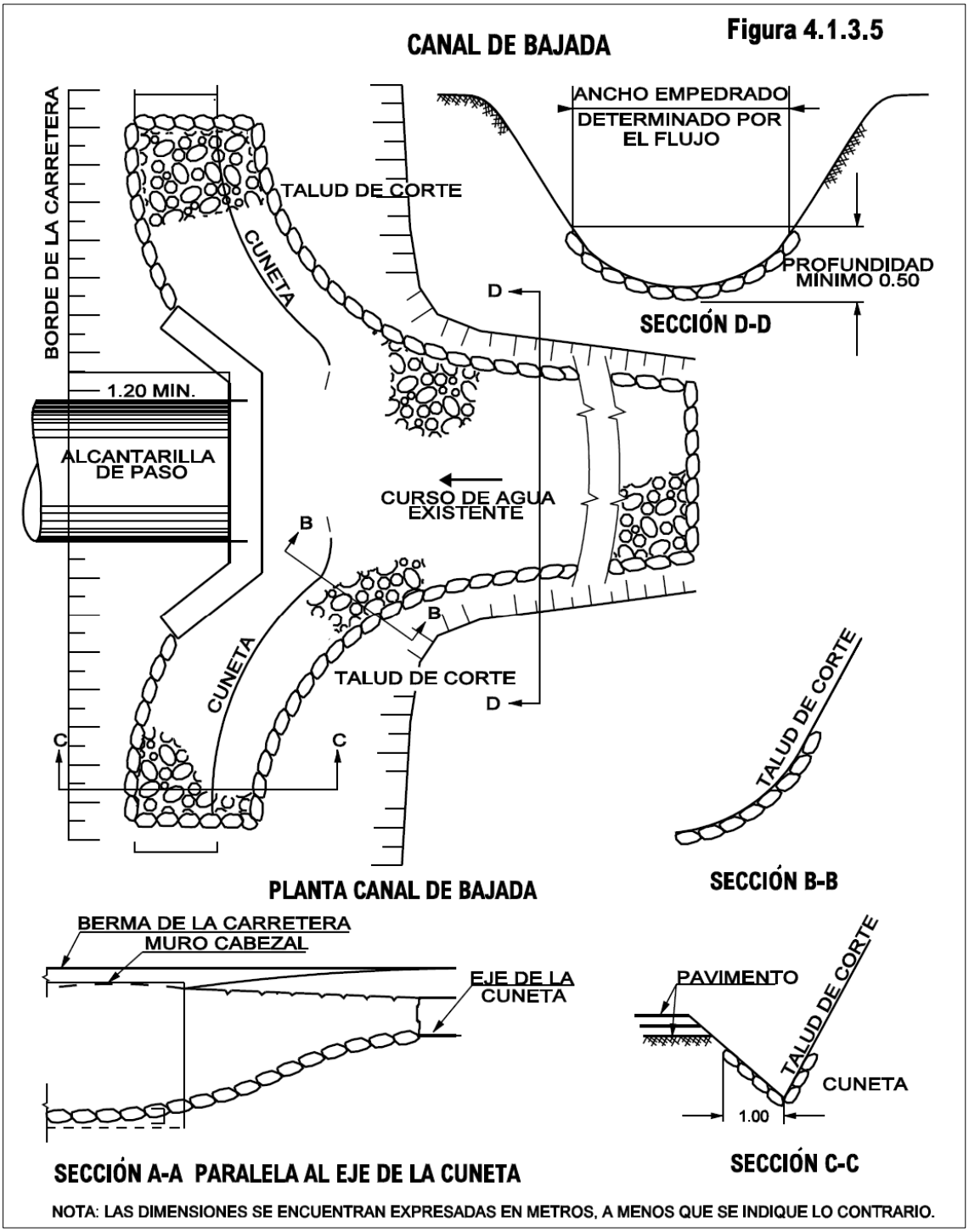
  La cantidad y la ubicación serán fijadas para garantizar el drenaje, evitando la acumulación excesiva de aguas. Además, en los puntos bajos del perfil debe proyectarse una alcantarilla de alivio, salvo solución alternativa.

Figura 4.1.3.4
ZANJAS DE CORONACIÓN Y DE RECOLECCIÓN



NOTA: LAS DIMENSIONES SE ENCUENTRAN EXPRESADAS EN METROS, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

Figura 4.1.3.5



NOTA: LAS DIMENSIONES SE ENCUENTRAN EXPRESADAS EN METROS, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

Figura 4.3.1.6

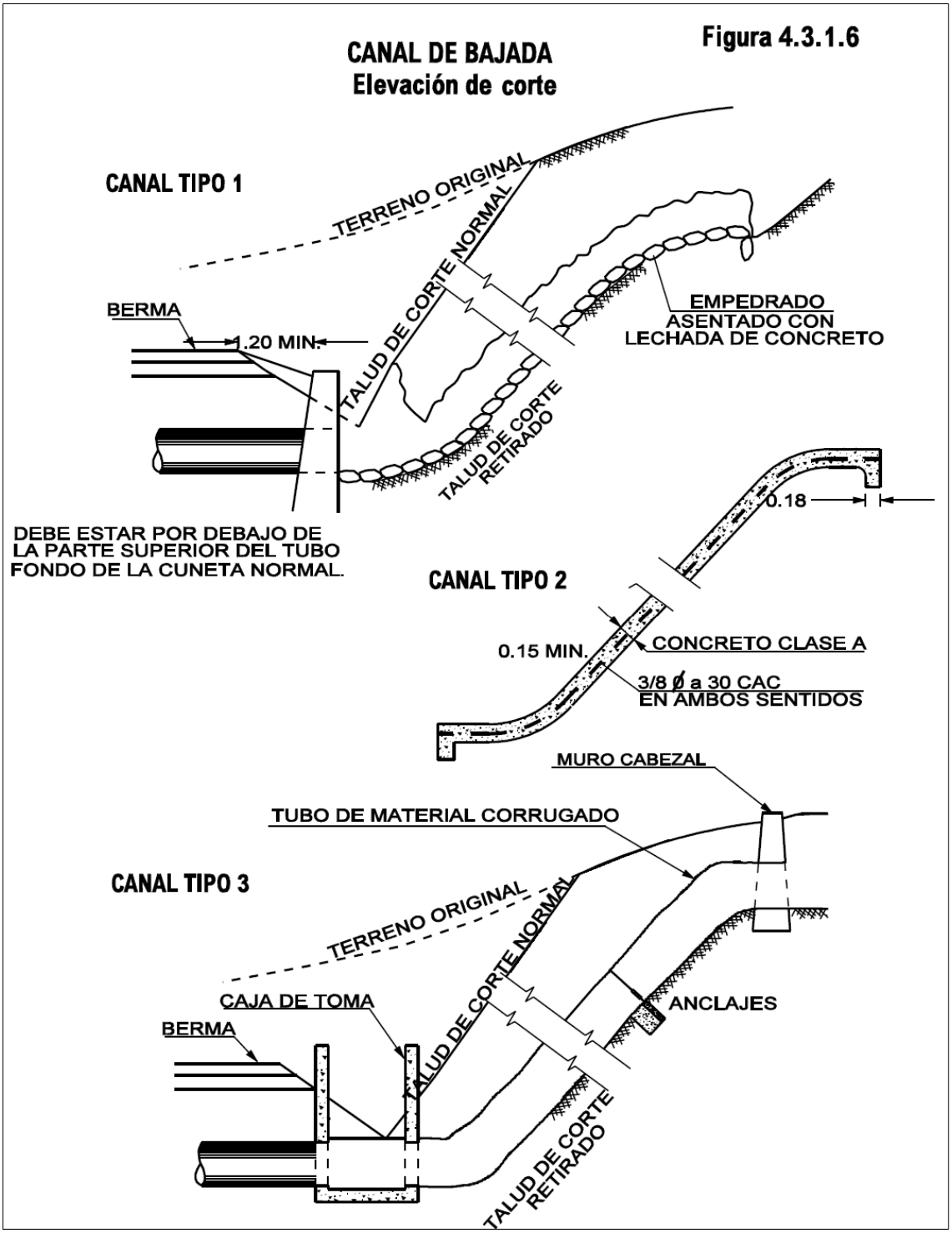

CANAL DE BAJADA
Elevación de corte
CANAL TIPO 1
TERRENO ORIGINAL
TALUD DE CORTE NORMAL
BERMA
1.20 MIN.
EMPEDRADO
ASENTADO CON
LECHADA DE CONCRETO
TALUD DE CORTE
RETIRADO
DEBE ESTAR POR DEBAJO DE
LA PARTE SUPERIOR DEL TUBO
FONDO DE LA CUNETA NORMAL.
0.18
CANAL TIPO 2
0.15 MIN.
CONCRETO CLASE A
3/8 Ø a 30 CAC
EN AMBOS SENTIDOS
MURO CABEZAL
TUBO DE MATERIAL CORRUGADO
CANAL TIPO 3
TERRENO ORIGINAL
TALUD DE CORTE NORMAL
CAJA DE TOMA
BERMA
ANCLAJES
TALUD DE CORTE
RETIRADO

Figura 4.1.3.7

DETALLES DE ALCANTARILLAS

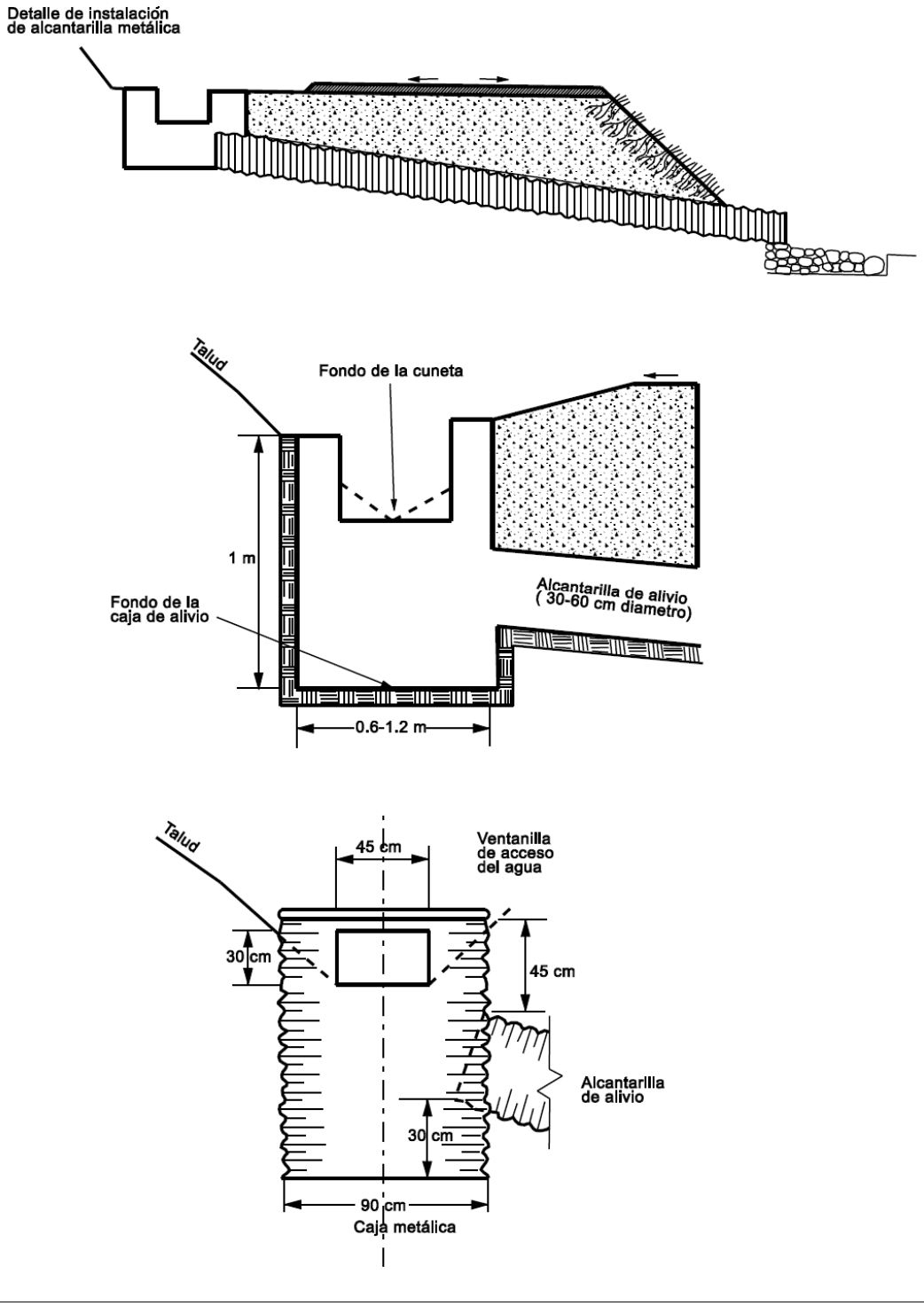
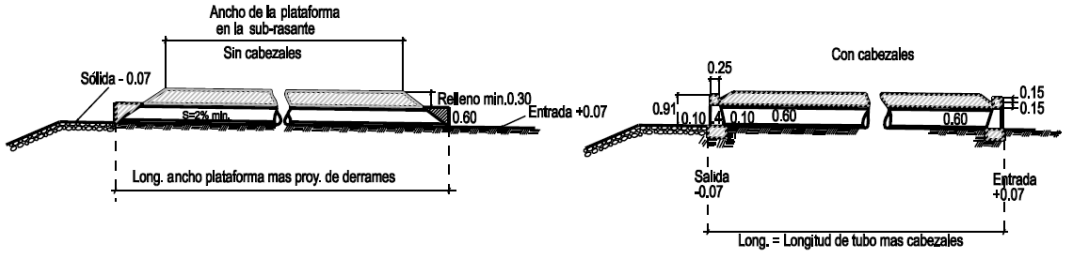


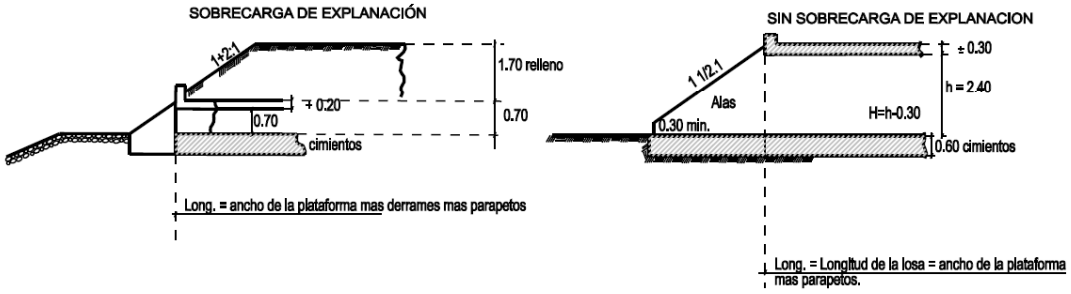
Figura 4.1.3.8

EJEMPLOS DE LOCALIZACIÓN Y Y DE TIPOS DE ALCANTARILLAS

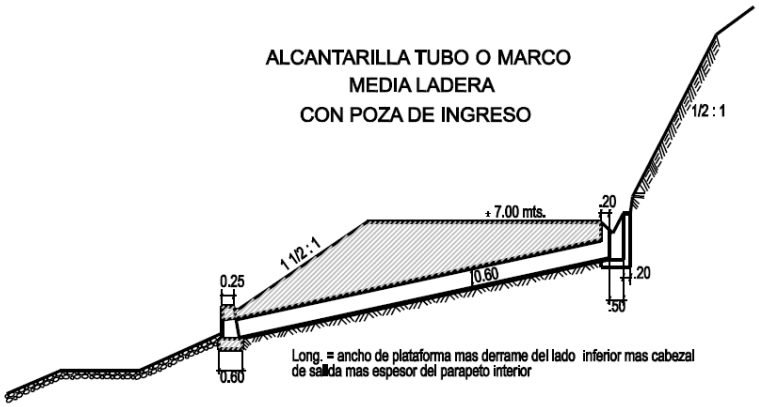
ALCANTARILLAS METÁLICAS 0.60 Diam.



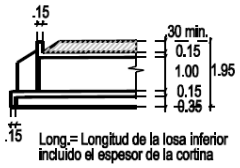
ALCANTARILLA DE LOSA



ALCANTARILLA TUBO O MARCO MEDIA LADERA CON POZA DE INGRESO



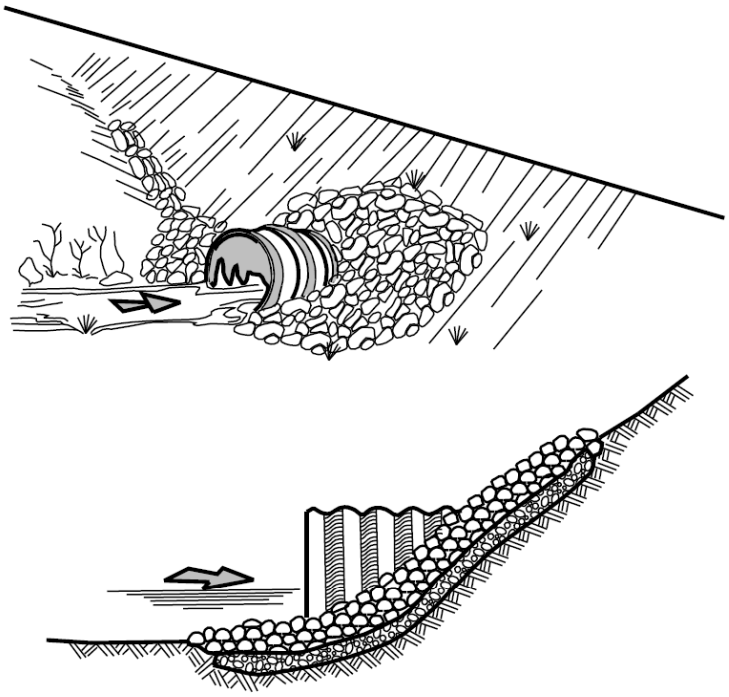
ALCANTARILLA MARCO



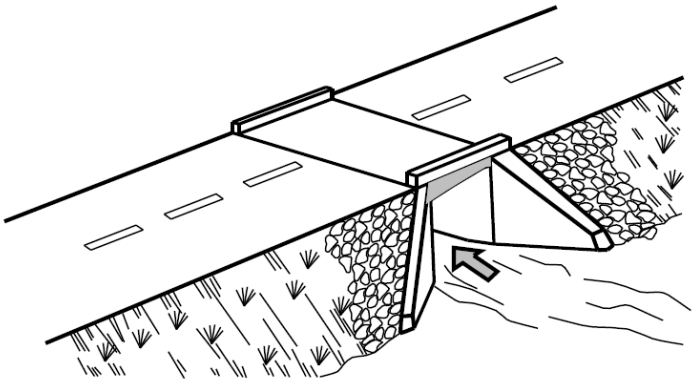
SECCIÓN DEFENSAS Y DRENAJE

Figura 4.1.3.8a

ALCANTARILLA DE PASO Y PROTECCIÓN DE PIEDRA

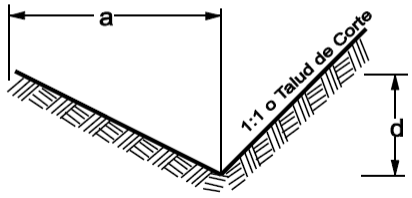


OPCIONAL CON GEOTEXTIL

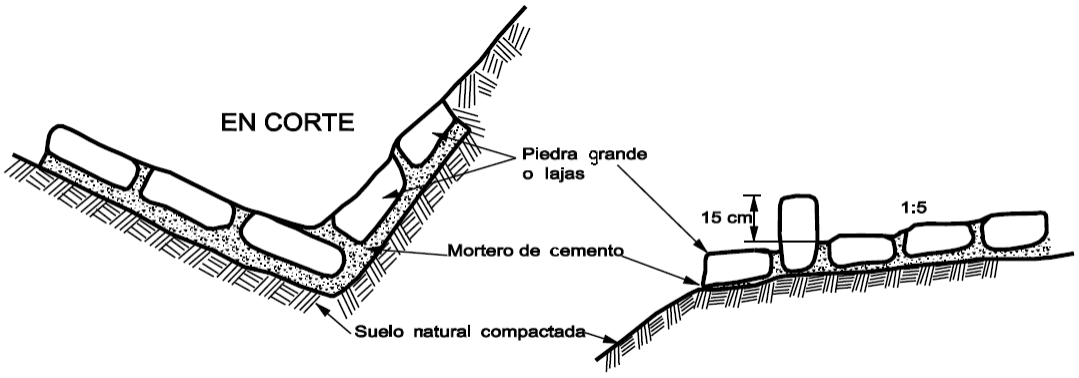


DISEÑOS TÍPICOS DE CUNETAS

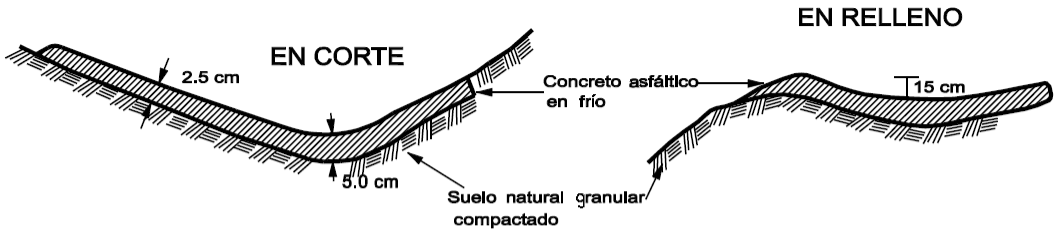
Figura 4.1.3.9a



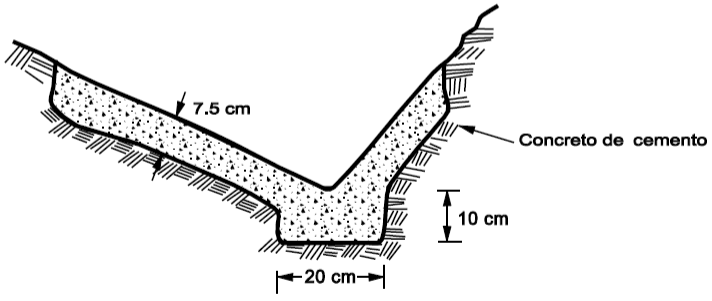
IX.1.2. DIMENSIONES DE CUNETAS		
REGIÓN	PROFUNDIDAD (d) mts.	ANCHO (a) mts.
SECA	0.20	0.40
LLUVIOSA	0.30	0.60
MUY LLUVIOSA	0.50	1.00



REVESTIMIENTO DE PIEDRA



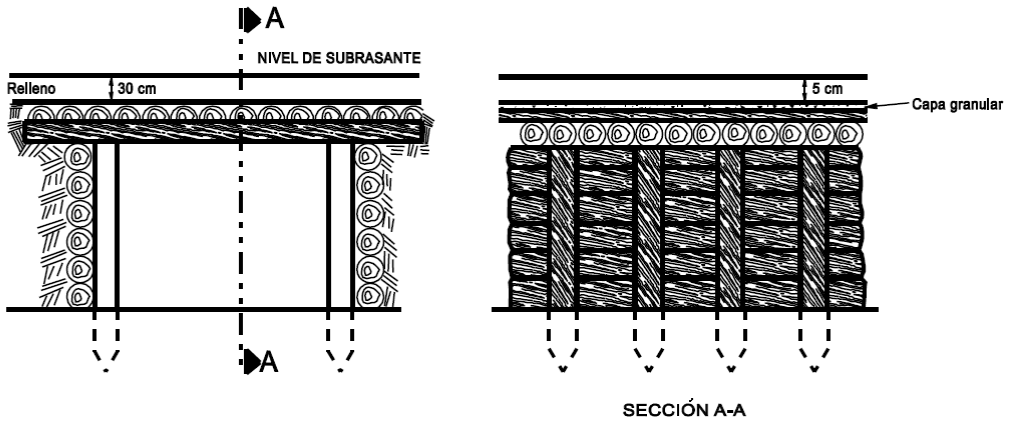
REVESTIMIENTO ASFALTICO



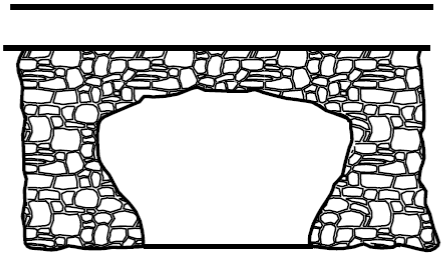
REVESTIMIENTO DE CONCRETO

Figura 4.1.3.9b

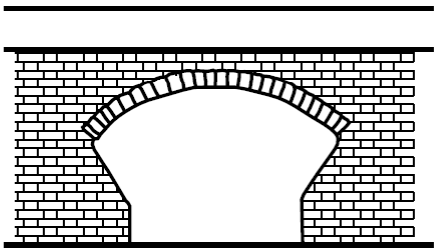
TIPOS DE ALCANTARILLAS ECONÓMICAS



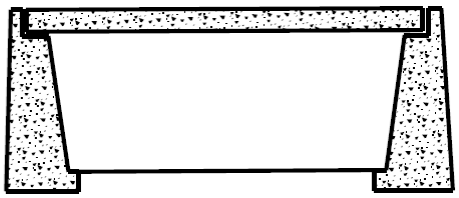
ALCANTARILLA DE TRONCOS



ALCANTARILLA DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA



ALCANTARILLA DE LADRILLO



ALCANTARILLA Y PONTONES DE CONCRETO

- DIMENSIONES MÍNIMAS
  La dimensión mínima interna de las alcantarillas deberá ser la que permite su limpieza y conservación. Para el caso de las alcantarillas de paso, es deseable que la dimensión mínima de la alcantarilla sea por lo menos 1.00 m. Para las alcantarillas de alivio pueden ser aceptables diámetros no menores a 0.40 m., pero lo más común es usar un diámetro mínimo de 0.60 m en el caso de tubos y ancho, alto 0.60 m en el caso rectangular. (figuras 4.1.3.7 y 4.1.3.9).

g) Badenes

Los badenes (figura 4.1.3.10) son una solución satisfactoria para los cursos de agua que descienden por pequeñas quebradas, descargando esporádicamente caudales con fuerza durante algunas horas, en épocas de lluvia y arrastrando materiales sólidos.

Los badenes tienen como superficie de rodadura una capa de empedrado de protección o tienen una superficie mejorada formada por una losa de concreto.

Evitar la colocación de badenes sobre depósitos de suelos de grano fino suceptibles a la socavación o adopción de diseños que no prevean protección contra la socavación.

También pueden usarse badenes combinados con alcantarillas, tanto de tubos como del tipo cajón.

Los badenes presentan la ventaja de que son estructuras menos costosas que las alcantarillas grandes, pontones o puentes. Asimismo, en general, no son suceptibles de obstruirse. En su mayoría, los badenes no son muy sensibles con respecto al caudal de diseño debido a que un pequeño incremento del tirante de agua incrementa de modo importante la capacidad hidráulica.

h) Vados

El cruce a nivel de una carretera a través de un río pequeño se denomina vado. Idealmente debe construirse en lugares donde el cruce natural tiene poca altura.

Los vados y badenes implican ciertas demoras al tránsito, ocasionales o periódicas en las épocas de lluvia por lo que, generalmente, no son aconsejables en carreteras de alto volumen de tránsito.

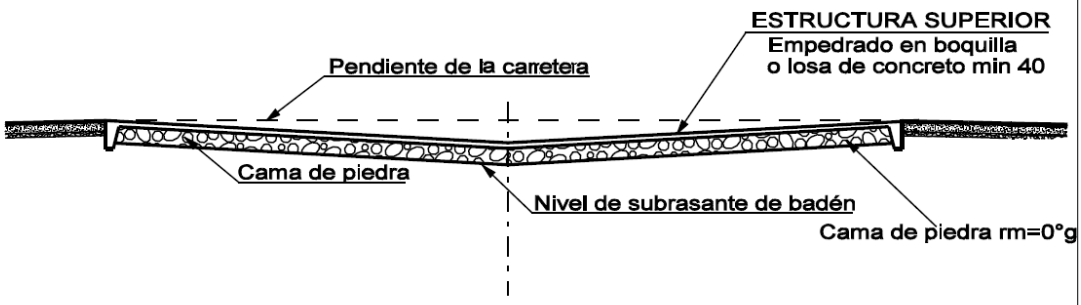
Los vados combinados con alcantarillas pueden represar a los materiales de arrastre en el cauce y ocasionar el taponamiento de la alcantarilla, poniendo en riesgo la estabilidad de la estructura.

Figura 4.1.3.10

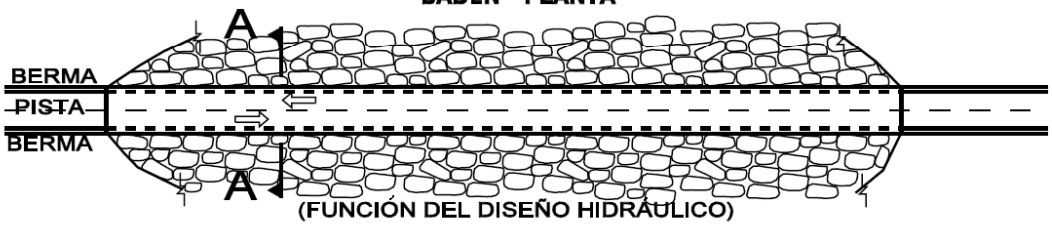
BADENES

BADÉN
SECCIÓN LONGITUDINAL

DISEÑO DE CURVAS VERTICALES: Según velocidad directriz

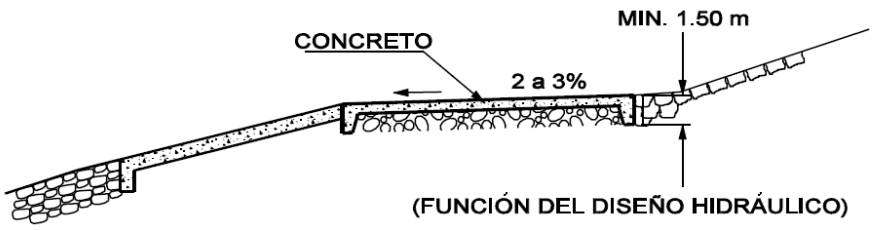


BADÉN - PLANTA



(FUNCIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO)

SECCIÓN A-A
BADÉN



(FUNCIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO)

Para el diseño de badenes se recomienda lo siguiente:

- Usar una estructura o una losa suficientemente larga para proteger el perímetro mojado del cauce natural del curso de agua. Agregar protección por arriba del nivel esperado de aguas máximas. Mantener un borde libre, entre 0.3 y 0.5 metros, entre la parte superior de la superficie reforzada de rodadura (losa) y el nivel de aguas máximas esperado.

- Proteger toda la estructura con pantallas impermeables, enrocamiento, gaviones, losas de concreto u otro tipo de protección contra la socavación. El nivel del agua debajo de un vado es un punto particularmente crítico para efectos de socavación y necesita disipadores de energía o enrocados de protección debido al abatimiento típico del nivel del agua al salir de la estructura y a la aceleración del flujo a lo largo de la losa.

- Construir las cimentaciones sobre material resistente a la socavación (roca sana o enrocado) o por debajo de la profundidad esperada de socavación. Evitar la socavación de la cimentación o del cauce mediante el uso de empedrado pesado colocado localmente, jaulas de gaviones o refuerzo de concreto.

Para el diseño de vados se recomienda:

- Para el caso de vados simples de piedra, es conveniente usar grandes fragmentos de roca o piedra bien graduados en la base de la quebrada a través de la quebrada que tengan la resistencia suficiente para resistir el flujo del agua. Rellenar los huecos con fragmentos pequeños de roca limpia o con grava para proporcionar una superficie de rodadura tersa. A estas rocas pequeñas se les deberá dar mantenimiento periódico y se remplazarán eventualmente.

- Usar vados para el cruce de cauces secos o con caudales pequeños durante la mayor parte del año. Emplear vados mejorados (con alcantarillas) con tubos o cajones de concreto para alcantarillas a fin de dejar pasar caudales del estiaje.

- Ubicar los vados donde las márgenes del curso de agua sean bajas y donde el cauce esté bien confinado. En el caso de desagües de profundidad moderada usar vados mejorados con alcantarillas de tubo o de cajón.

- Usar marcadores de profundidad resistentes y bien colocados en los vados para advertir al tránsito de alturas peligrosas del agua.

- Evitar la construcción de curvas verticales pronunciadas en vados en las que puedan quedar atrapados camiones largos o remolques.

4.2 DRENAJE SUBTERRÁNEO

4.2.1 CONDICIONES GENERALES

El drenaje subterráneo se proyectará para controlar y/o limitar la humedad de la plataforma y de los diversos elementos de una carretera.

Sus funciones serán alguna o varias de las siguientes:

a) Interceptar y desviar corrientes subsuperficiales y/o subterráneas antes de que lleguen al lecho de la carretera.
b) Hacer descender el nivel freático.
c) Sanear las capas del pavimento.

Las figuras 4.2.1a y 4.2.1b muestran la disposición general que deben tener los drenes subterráneos.

Figura 4.2.1a
DRENAJE SUBTERRÁNEO

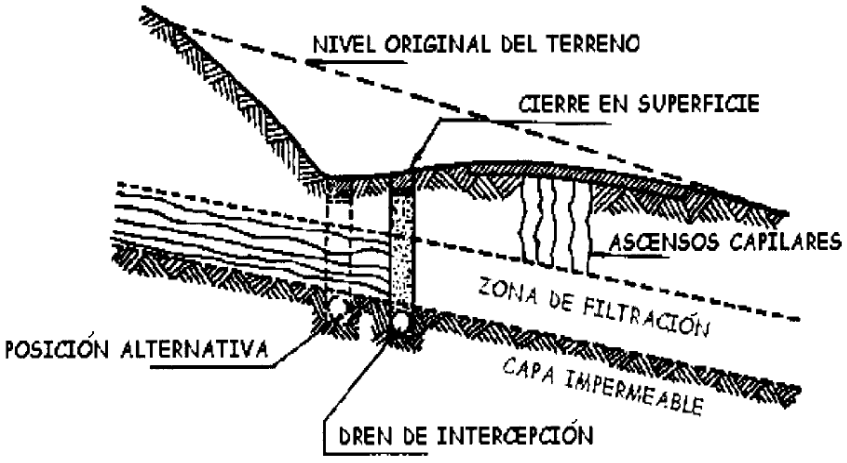
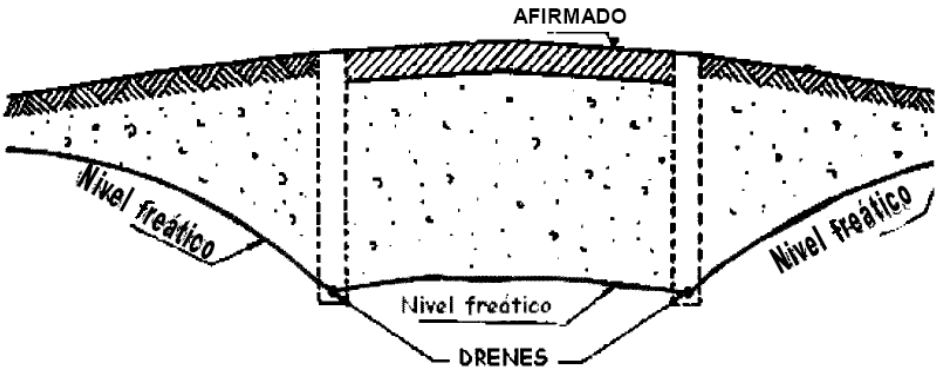


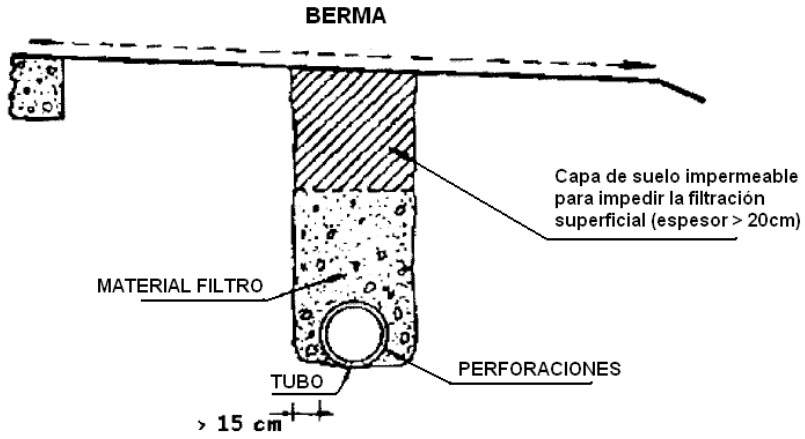
Figura 4.2.1b
DRENAJE SUBTERRÁNEO



4.2.2 DRENES SUBTERRÁNEOS

El dren subterráneo estará constituido por una zanja en la que se colocará un tubo con orificios perforados, juntas abiertas, o de material poroso. Se rodeará de un material permeable, material filtro, compactado adecuadamente, y se aislará de las aguas superficiales por una capa impermeable que ocupe y cierre la parte superior de la zanja (figura 4.2.2a).

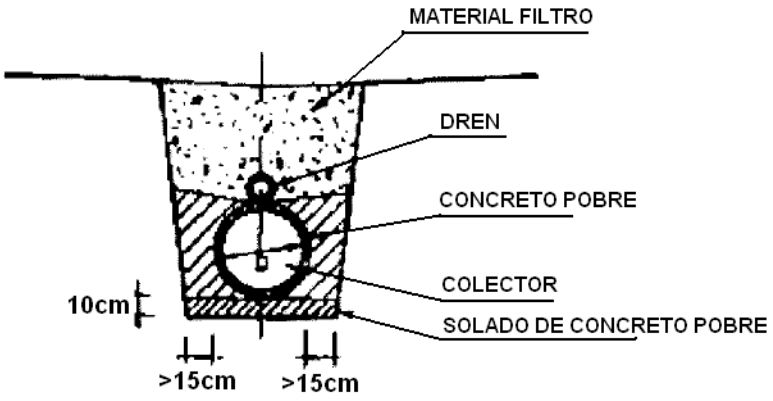
Figura 4.2.2a
DRENES SUBTERRÁNEOS



Las paredes de la zanja serán verticales o ligeramente inclinadas, salvo en drenes transversales o en espina de pez, en que serán admisibles, incluso convenientes, pendientes más fuertes. En casos normales, el talud máximo no superará el valor 1/5. (H/V)

Si se proyectan colectores longitudinales, puede aprovecharse la zanja del dren para la ubicación de aquellos. En tal caso, se aconseja una disposición similar a la que se señala en la figura 4.2.2b.

Figura 4.2.2b
DRENES SUBTERRÁNEOS



4.2.2.1 La tubería

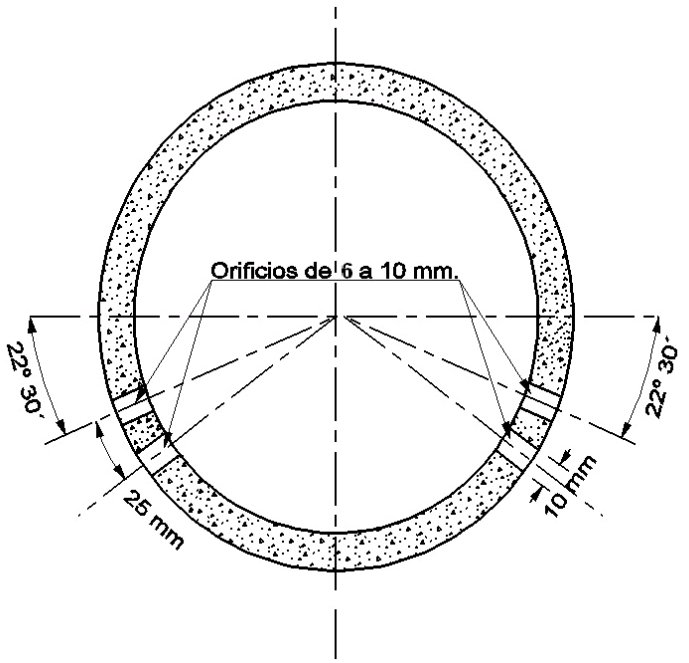
Condiciones generales

Los tubos serán de material de buena calidad. Los tubos de cerámica o concreto podrán proyectarse con juntas abiertas o perforaciones que permitan la entrada de agua en su interior. Los de plástico, de material corrugado o de fibras bituminosas, deberán ir provistos de ranuras u orificios para el mismo fin que el señalado anteriormente. Los de concreto poroso permitirán la entrada del agua a través de sus paredes.

En las tuberías con juntas abiertas, el ancho de estas juntas oscilará entre 1 cm y 2 cm. Los orificios de las tuberías perforadas se dispondrán, preferentemente, en la mitad inferior de la superficie del tubo y tendrán un diámetro entre 8 mm y 10 mm.

En la figura 4.2.2.1, se indica la disposición que deben satisfacer los orificios de tuberías perforadas en la mitad inferior de la superficie del tubo.

Figura 4.2.2.1



Los tubos de concreto poroso tendrán una superficie de absorción mínima del 20 % de la superficie total del tubo y una capacidad de absorción mínima de 50 litros/ minuto por decímetro cuadrado de superficie, bajo una carga hidrostática de 1 Kg/cm^2.

Condiciones mecánicas

Los tubos cerámicos o de concreto tendrán una resistencia mínima, medida en el ensayo de los tres puntos de carga, de 1000 Kg/m.

Cuando los tubos hayan de instalarse en la vertical de las cargas del tráfico, se situarán, como mínimo, a las profundidades que se señalan en el cuadro Nº 4.2.2.2.

CUADRO Nº 4.2.2.2

Tipo de tubo	Profundidad mínima	
	Φ= 15 cm.	Φ = 30 cm.
Cerámica	50	90
Plástico	50	75
Concreto	50	75
Concreto armado		60
Acero corrugado: Espesor 1.37 mm Espesor 1.58 mm	30	30

Φ = diámetro nominal del tubo

Condiciones hidráulicas

Normalmente, la capacidad hidráulica del dren queda limitada por la posibilidad de filtración lateral del agua a través del material permeable hacia los tubos; la capacidad hidráulica de estos, con los diámetros que se indican más adelante, normalmente resulta superior a la necesaria para las exigencias del drenaje.

No obstante, si existe la posibilidad de conocer el caudal de desagüe, puede hacerse el cálculo hidráulico de los tubos utilizando la formula Manning u otra análoga de las que rigen el movimiento del agua en cauces abiertos. Se utilizará la tabla de coeficientes de rugosidad que se incluye a continuación en el cuadro Nº 4.2.2.3.

CUADRO Nº 4.2.2.3

Tipo de tubo	Coeficiente n de rugosidad
De concreto normal y cerámica Condiciones buenas Condiciones medias	 0.013 0.015
De concreto poroso Condiciones buenas Condiciones medias	 0.017 0.021
De plástico Condiciones buenas Condiciones medias	 0.013 0.015
De metal Condiciones buenas Condiciones medias	 0.017 0.021

Diámetros y pendientes

Los diámetros de los tubos oscilarán entre 10 cm. y 30 cm. Los diámetros hasta 20 cm. serán suficientes para longitudes inferiores a 120 m. Para longitudes mayores, se aumentara la sección. Los diámetros menores, sin bajar de 10 cm., se utilizarán con caudales y pendientes pequeños.

Las pendientes longitudinales no deben ser inferiores al 0.5% y habrá de justificarse debidamente la necesidad de pendientes menores, que nunca serán inferiores al 0.2%.

En tales casos, la tubería se asentará sobre un solado de concreto que permita asegurar la perfecta situación del tubo.

La velocidad del agua en las conducciones de drenaje estará comprendida entre 0.70 m/s y 4 m/s.

4.2.3 RELLENO DE ZANJAS

Cuando el fondo de la zanja se encuentre en terreno impermeable, para evitar la acumulación de agua bajo la tubería se preverá la colocación de una capa de material, perfectamente apisonado y que puede ser del mismo terreno, alrededor del tubo, sin que alcance el nivel de las perforaciones o se asentará sobre un solado de concreto. En caso de tuberías con juntas abiertas, estas pueden cerrarse en su tercio inferior y dar a la capa impermeable el espesor correspondiente.

Si el fondo de la zanja se encuentra en terreno permeable, no son necesarias las anteriores precauciones.

La composición granulométrica del material permeable, material filtro, con el que se rellene la zanja del dren requiere una atención especial, pues de ella depende su buen funcionamiento.
Si dn es el diámetro del elemento de suelo o filtro tal que n % de sus elementos en peso son menores que dn deben cumplirse las siguientes condiciones:

a) Para impedir el movimiento de las partículas del suelo hacia el material filtrante.

- d_{15} del filtro / d_{85} del suelo < 5.
- d_{50} del filtro / d_{50} del suelo < 25.

En el caso de terreno natural de granulometría uniforme, se sustituirá la primera relación por:

d_{15} del filtro / d_{85} del suelo < 4.

b) Para que el agua alcance fácilmente el dren: d_{15} del filtro / d_{15} del suelo > 5

c) Para evitar el peligro de colmatación de los tubos por el material filtro.

- En los tubos con perforaciones circulares:
  d_{85} del filtro / diámetro del orificio del tubo > 1.0

- En los tubos con juntas abiertas:
  d_{85} del material filtro / ancho de la junta > 1.2

- En los tubos de concreto poroso, se debe respetar la siguiente condición:
  d_{85} del árido del dren poroso / d_{85} del filtro < 5.

En caso de terrenos cohesivos, el límite superior para d_{15} del filtro se establecerá en 0.1mm. Cuando sea preciso, deberán utilizarse en el proyecto dos o más materiales de filtros. Ordenados estos desde el terreno natural a la tubería, deben satisfacer, cada uno con respecto al contiguo, las condiciones exigidas anteriormente entre el material filtro y el suelo a drenar. El último, que será el que rodea el tubo, deberá

satisfacer, además, las condiciones que se han indicado en relación con el ancho de las juntas o diámetro de los orificios de dichos tubos.

Para impedir cambios en la composición granulométrica o segregaciones del material filtro por movimiento de sus finos, debe utilizarse material de coeficiente de uniformidad (d_{60}/d_{10}) inferior a 20, cuidadosamente compactado.

El dren subterráneo se proyectará cumpliendo las disposiciones que se detallan en la figura 4.2.3a y 4.2.3b según se encuentre en terreno permeable o impermeable y sean necesarios uno o dos materiales filtro.

Figura 4.2.3a
DRENAJE SUBTERRANEO

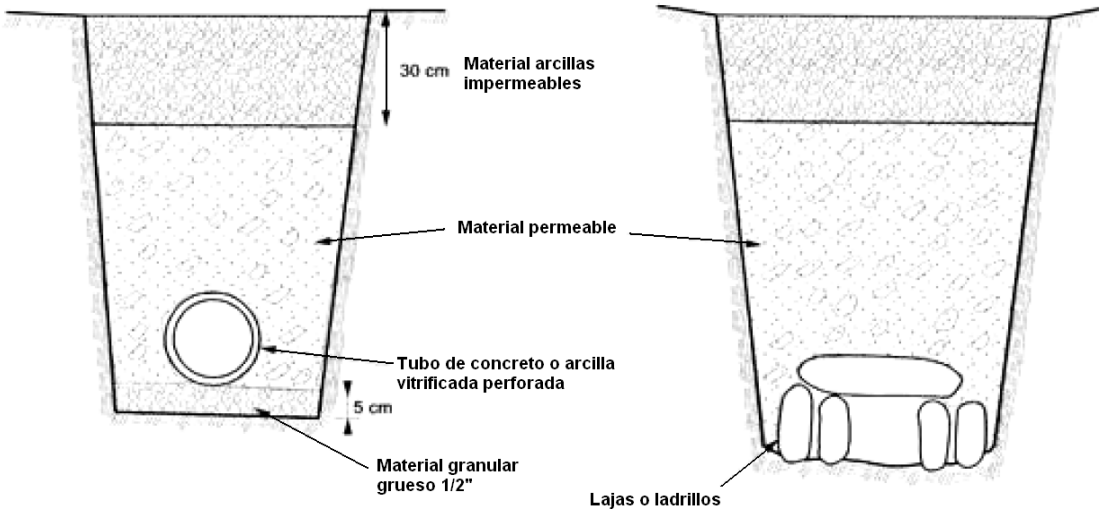
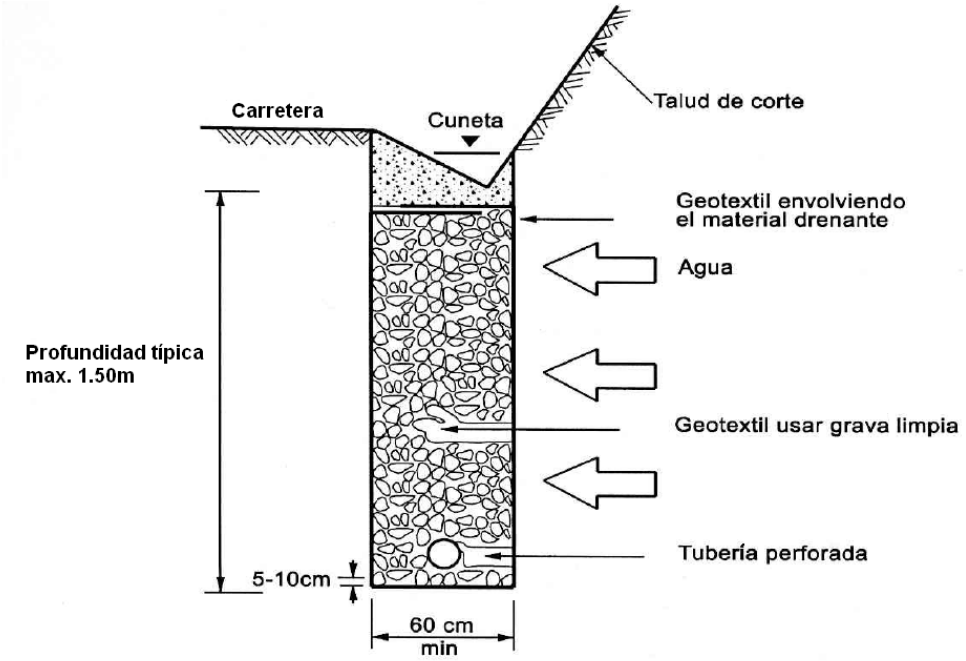


Figura 4.2.3b
SUBDREN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS CON GEOTEXTIL



4.2.4 CAJAS DE REGISTRO Y BUZONES

En los drenes longitudinales se proyectarán, a intervalos regulares, cajas de registro o buzones de registro que permitan controlar el buen funcionamiento del drenaje y sirvan para evacuar el agua recogida por la tubería del drena un colector principal o a una cuneta situada, por ejemplo, al pie de un terraplén, a una vaguada natural o a otros dispositivos de desagüe.

Con independencia de lo anterior, deberán colocarse cajas de registro o buzones en todos los cambios de alineación de la tubería de drenaje.

La distancia entre dos cajas o buzones consecutivos oscilará en general entre 30 m y 100 m y dependerá de la pendiente longitudinal del tubo y de su capacidad de desagüe, de la disposición general del drenaje y de los elementos naturales existentes.

Las figuras 4.2.4a y 4.2.4b son esquemas de cajas y buzones de registro que pueden servir de orientación para el proyecto.

En el caso de salida libre de la tubería de desagüe de la caja de registro o el buzón a una cuneta etc., se cuidará que el nivel de la salida quede lo suficientemente alto y con las protecciones necesarias para impedir su aterramiento, inundación, entrada de animales, etc.

Figura 4.2.4a
CAJAS DE REGISTRO

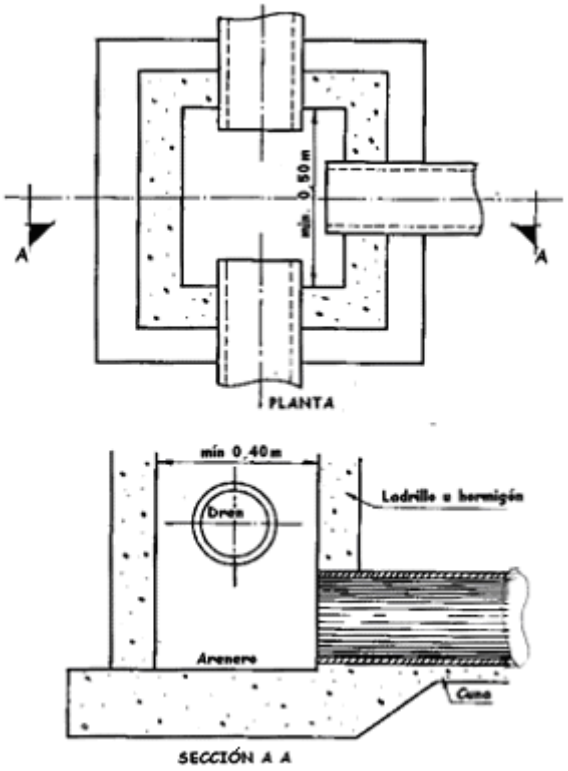
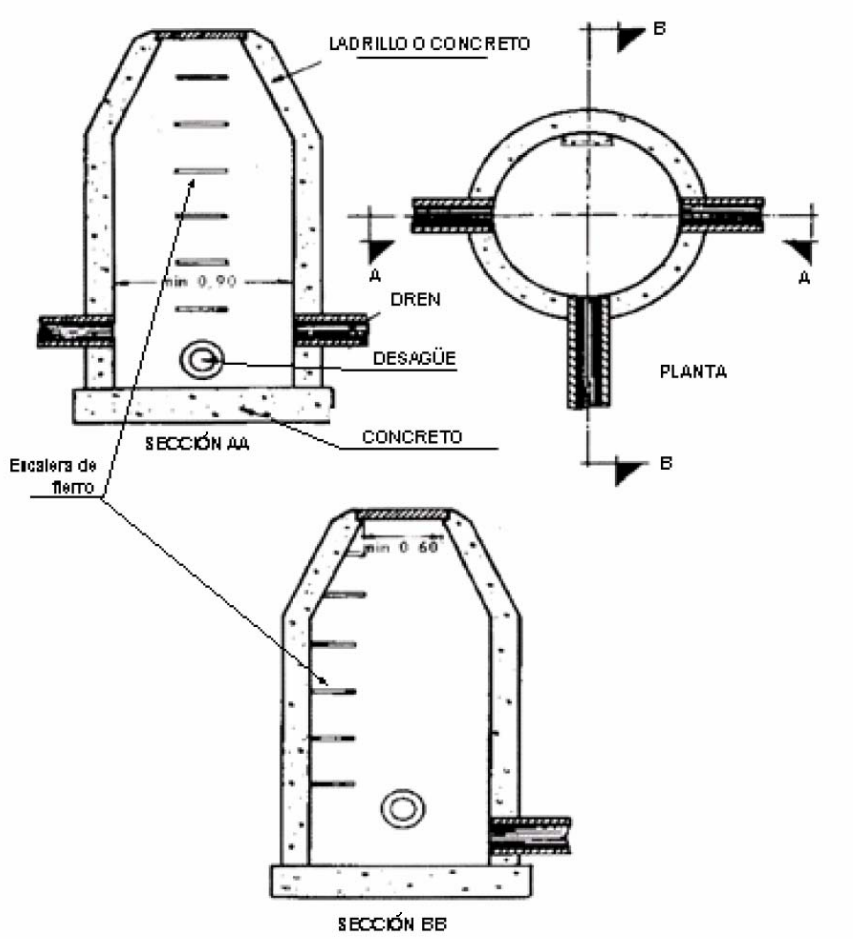


Figura 4.2.4b
BUZÓN DE REGISTRO



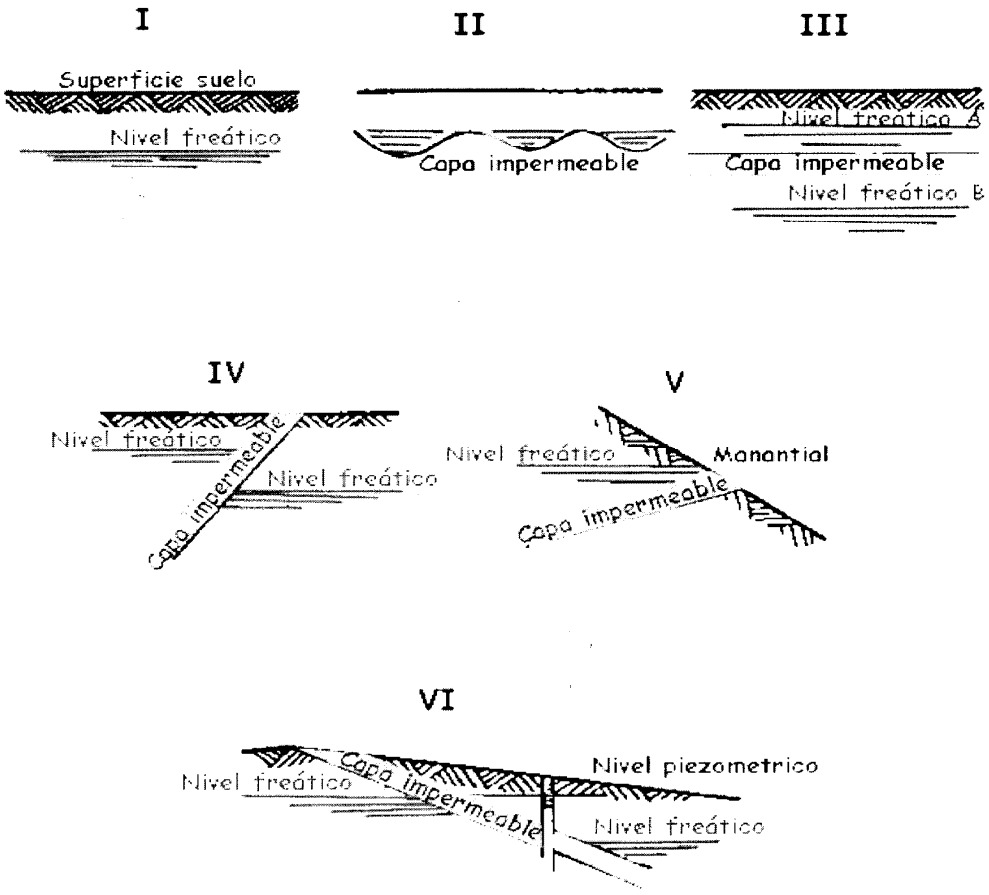
4.2.5 INVESTIGACIÓN DEL AGUA FREÁTICA

La presencia de un nivel freático elevado exigirá una investigación cuidadosa de sus causas y naturaleza. Deberán practicarse los pozos y/o exploraciones que se consideren precisos para fijar la posición del nivel freático y, si es posible, la naturaleza, origen y movimientos del agua subterránea.

El reconocimiento se debe efectuar final de la época del año en la que, en condiciones normales, alcanzará su máxima altura.

Los casos que pueden presentarse en la práctica y su tratamiento adecuado son innumerables. Algunos de ellos se señalan en la figura 4.2.5

Figura 4.2.5
AGUA FREÁTICA



4.2.6 DRENES DE INTERCEPCIÓN

4.2.6.1 Objeto y clasificación

Se proyectarán drenes de intersección para cortar corrientes subterráneas e impedir que alcancen las inmediaciones de la carretera.

Por su posición, se clasifican en longitudinales y transversales.

4.2.6.2 Drenes longitudinales

El dren de intersección deberá proyectarse cumpliendo las condiciones generales expuestas anteriormente para los drenes enterrados.

El fondo del tubo debe quedar, por lo menos, 15 cm. por debajo del plano superior de la capa impermeable o relativamente impermeable que sirve de lecho a la corriente subterránea. En el caso de que esta capa sea roca, deben extremarse las precauciones para evitar que parte de la filtración cruce el dren por debajo de la tubería.

El caudal a desaguar puede determinarse aforando la corriente subterránea. Para ello, se agotará el agua que afluya a la zanja en que se situará el dren en una longitud y tiempo determinados.

Para interceptar filtraciones laterales que procedan de uno de los lados de la carretera, se dispondrá un solo dren longitudinal en el lado de la filtración. Sin embargo, en el fondo de un valle o quebrada, donde el agua pueda proceder de ambos lados, deberán disponerse dos drenes de intersección, uno a cada lado de la carretera. Las figuras 4.2.6.2a y 4.2.6.2b son ejemplo de drenes longitudinales en carreteras a media ladera y en trinchera, respectivamente.

4.2.6.3 Drenes transversales

En carreteras en pendiente, los drenes longitudinales pueden no ser suficientes para interceptar todo el agua de filtración.

En estos casos, se instalarán drenes interceptores transversales normales al eje de la carretera o un drenaje en espina de pez.

La distancia entre drenes interceptores transversales será, por término medio, de 20 m a 25 m. El drenaje en espina de pez se proyectará de acuerdo con las siguientes condiciones (figura 4.2.6.3a).

a) El eje de las espinas formará con el eje de la carretera un ángulo de 60º.
b) Las espinas estarán constituidas por una zanja situada bajo el nivel del plano superior de la explanada.
c) Sus paredes serán inclinadas con talud aproximado de 1/2 para repartir el posible asiento diferencial al máximo.
d) Las zanjas se rellenarán de material filtro.
e) Las espinas llevarán una cuna de concreto de baja resistencia o arcilla unida al solado del dren longitudinal.
f) Las espinas consecutivas se situarán a distancias variables que dependerán de la naturaleza del suelo que compone la explanada. Dichas distancias estarán comprendidas entre 6 m para suelos muy arcillosos y 28 m para suelos arenosos.

Con independencia de la pendiente longitudinal de la carretera, se recomienda utilizar drenes en espina de pez al pasar de corte cerrado (trinchera) a terraplén, como protección de este contra las aguas infiltradas procedentes de la trinchera (corte cerrado) (Figura 4.2.6.3b).

Figura 4.2.6.2a

DRENES DE INTERCEPCIÓN LONGITUDINALES

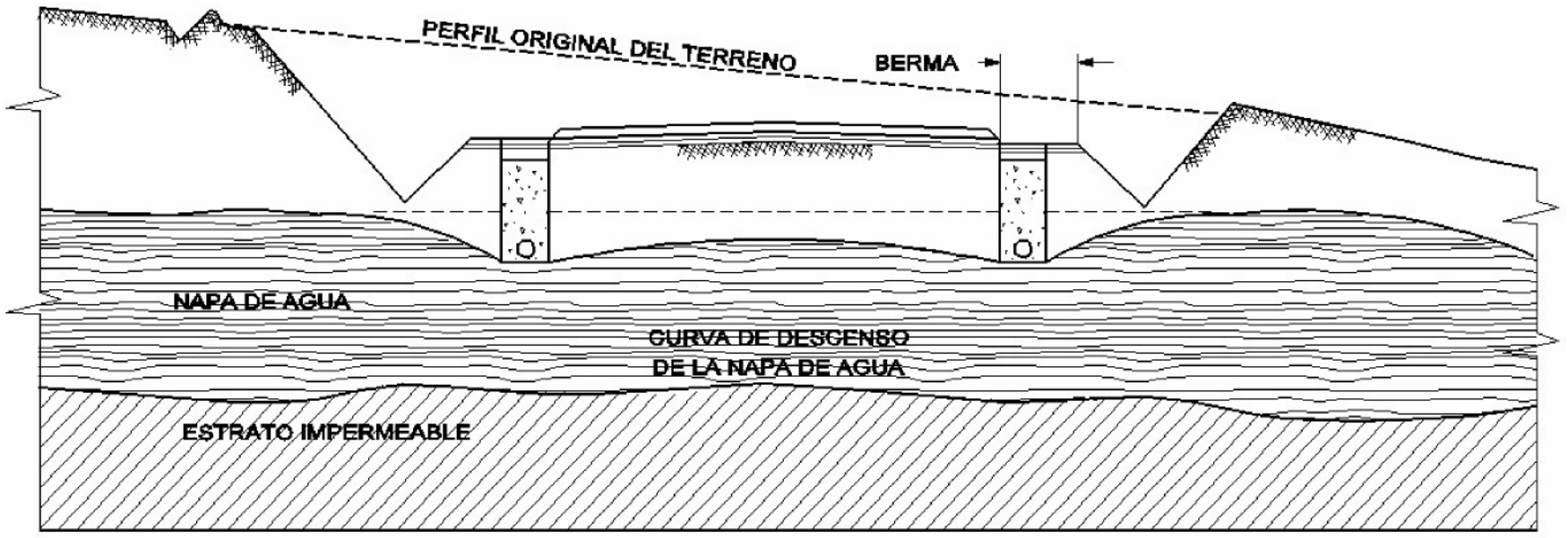


Figura 4.2.6.2b

DRENES DE INTERCEPCIÓN LONGITUDINALES

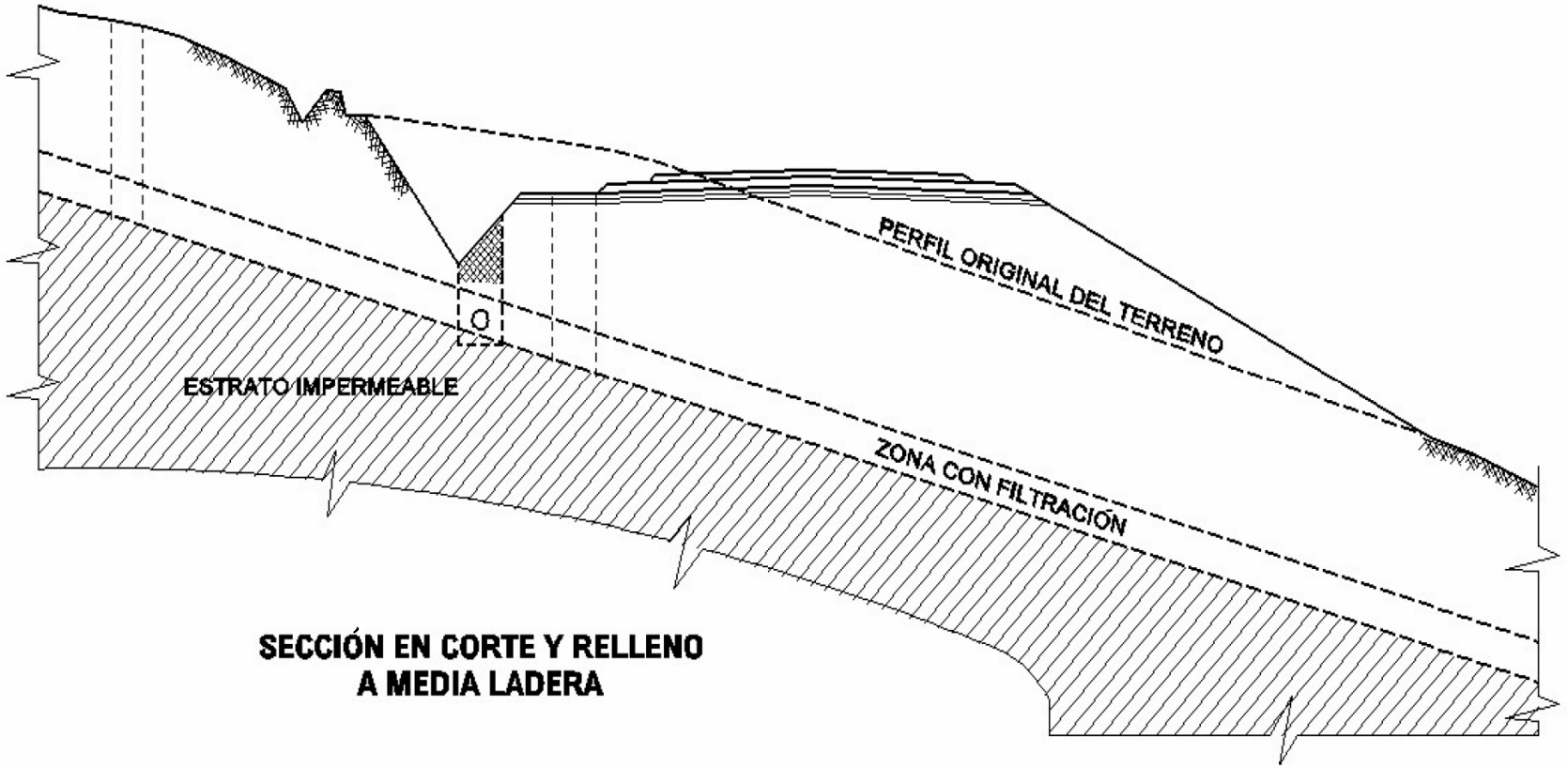
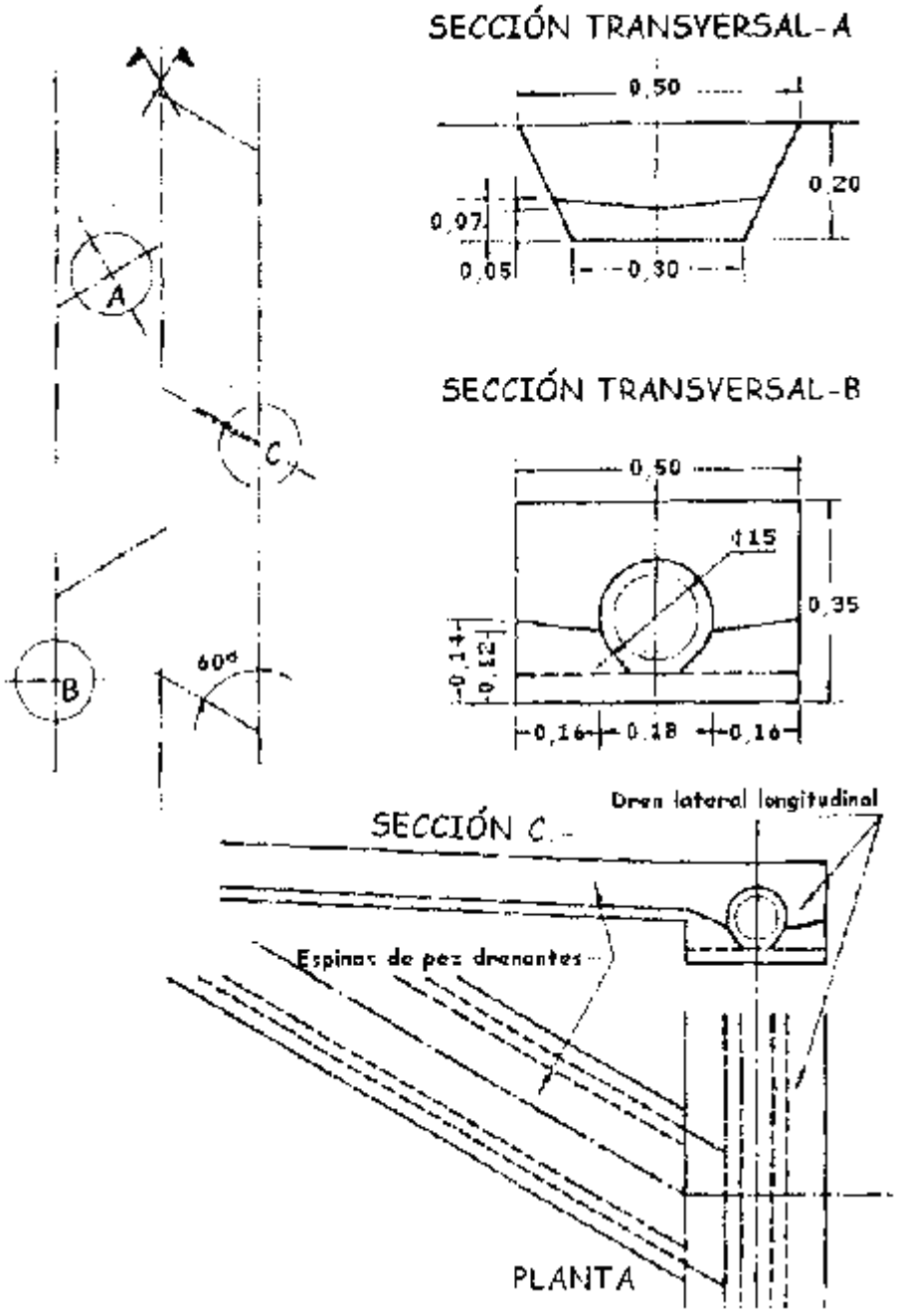
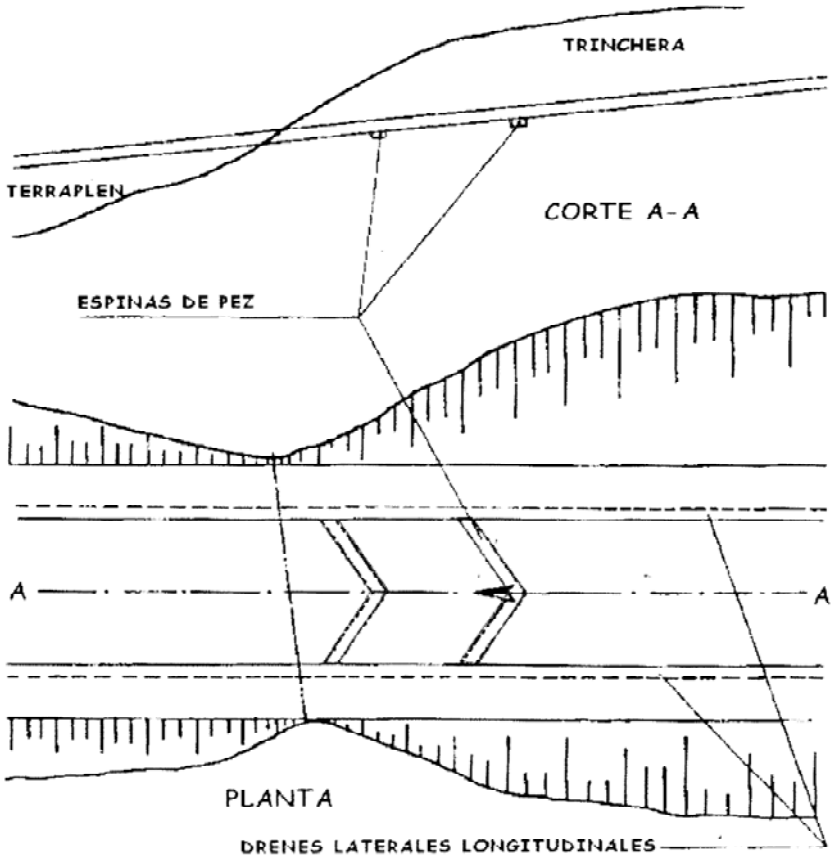


Figura 4.2.6.3a
DRENES DE INTERCEPCIÓN TRANSVERSALES



ACOTACIONES EN METROS

Figura 4.2.6.3b
DRENES DE INTERCEPCIÓN TRANSVERSALES



4.2.7 DRENAJE DEL AFIRMADO

Salvo en el caso de carreteras en terrenos permeables, el drenaje de la capa permeable constituida por el afirmado, puede proyectarse tanto mediante drenes enterrados como prolongando la capa permeable hasta los taludes de los terraplenes a cunetas. Además, deben darse pendientes transversales mínimas a la subrasante.

4.2.8 CASOS ESPECIALES

4.2.8.1 Protección del suelo de la explanación contra el agua libre en terreno de elevado nivel freático, llano y sin desagüe

Cuando haya que construir una carretera en terreno llano y con elevado nivel freático, se estudiará el rebajamiento de la napa freática, pudiéndose utilizar alternativamente métodos como zanjas laterales, drenes enterrados, etc. Si no existiera posibilidad de desaguar el sistema de drenaje, se proyectará en terraplén más alto.

Para la elección del material del terraplén, se tendrá en cuenta que su humedad de equilibrio debe disminuir rápidamente con la distancia al nivel freático y que el terraplén ha de construirse sobre un terreno saturado de agua, sin capacidad para resistir esfuerzos de compactación elevados.

La necesidad de proteger el terraplén mediante la colocación de membranas bituminosas u hojas de plástico, tratando su superficie con sustancias hidrófobas o utilizando geotextiles, geomembranas o adoptando disposiciones análogas a la indicada en las figuras 4.2.8.1a y 4.2.8.1b, dependerá de la naturaleza y estado del terreno y del material disponible para la construcción del terraplén.

4.2.8.2 Protección del suelo de explanación situado bajo la calzada contra los movimientos capilares del agua

Las diferencias de humedad en el suelo bajo la calzada y bajo las bermas, facilitan los movimientos capilares y disminuyen su capacidad resistente al aumentar el contenido de humedad del suelo de la subrasante bajo la calzada.

Para evitar esta disminución, las fisuraciones del suelo y los asientos diferenciales que con dicho aumento de humedad pueden producirse, deben utilizarse alguna de las siguientes técnicas:

- Impermeabilizar las calzadas y las bermas.
- Establecer una membrana impermeable que impida el movimiento del agua capilar, situándola en un plano más o menos vertical bajo las bordes de la calzada.
- Construir zanjas anticapilares bajo los bordes de la calzada.

Tanto la membrana impermeable coma las zanjas anticapilares deberán ejecutarse hasta una profundidad de 1.20 m bajo la superficie de las bermas. Pueden utilizarse como zanjas anticapilares las que se proyecten para el drenaje del afirmado, cuidando de que el material filtro rompa la continuidad en fase líquida entre el agua situada a un lado y otro de la misma.

4.2.8.3 Capa drenante

Cuando se eleva el terraplén de la carretera sobre un terreno saturado con agua para evitar que por capilaridad el agua pueda subir a través del terraplén hasta la superficie de rodadura, debe colocarse una capa de material drenante constituida por gravas y/o arenas.

La capa estará sobre el nivel de referencia más alto de la napa freática del terreno y servirá de anticontaminante para romper la capilaridad y drenar la plataforma lateralmente. Se recomienda un espesor mínimo de 0.30 m.

Figura 4.2.8.1a

PROTECCIÓN DEL TERRAPLEN

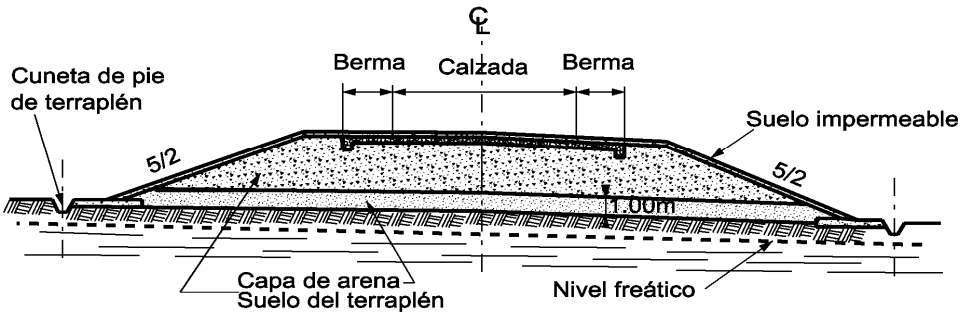
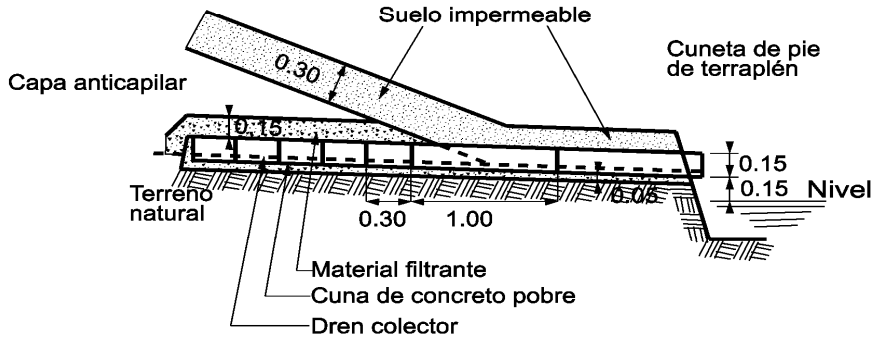


Figura 4.2.8.1b

PROTECCIÓN DEL TERRAPLEN



COTAS EN METROS

CAPITULO 5
GEOLOGÍA, SUELOS Y CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR

5.1 GEOLOGÍA

Las carreteras de bajo volumen de tránsito se estructuran como carreteras de bajo costo. Consecuentemente, tienen alineamientos de diseño que evitan excesivos movimientos de tierra, considerando estructuras y obras de arte, por lo general diseñadas para períodos de vida útil, de corto y mediano plazo; con capas de revestimiento granular afirmados y, en general, con características que disturban lo menos posible la naturaleza del terreno.

Con estos requerimientos básicos, los estudios de geología incluirán un diagnóstico que comprenda consultas a los pobladores, a la autoridad vial competente y a su personal técnico. Asimismo, un reconocimiento e inspección de campo siguiendo el trazo probable del eje de la carretera para detectar o certificar la presencia o total ausencia de problemas geológicos activos en la ruta y/o en el tramo vial materia de estudio, que pudieran en algún caso afectar en algo las características del proyecto. Éstos son inestabilidad de taludes, fallas localizadas por las que se filtra el agua de lluvias hacia el subsuelo, presencia de afloramientos de aguas subterráneas, erosiones por acción de los ríos, inclinación de los árboles en las laderas, zonas de caídas de rocas sobre la carretera existente, el sentido de las formaciones rocosas que podrían desestabilizarse y otros problemas de naturaleza geodinámica que ocasionen fallas en la plataforma y taludes de la carretera.

El estudio determinará las características geológicas del terreno a lo largo del trazo definitivo y de las fuentes de materiales (canteras), definiendo las unidades estratigráficas considerando las características geológicas más destacadas tanto de rocas como de suelos y el grado de sensibilidad o la pérdida de estabilidad en relación a la obra a construir.

Asimismo, se determinará la geomorfología regional y areal definiendo los aspectos principales de interés geotécnico:

a. Topografía (plana, ondulada, montañosa, etc.)
b. Unidades geomorfológicas areales y locales (terraza fluvial, conoide aluvional, terraza marina, duna, pantano, quebradas, taludes, laderas, etc.)
c. Materiales componentes del talud de corte (Clasificación de materiales)
d. Materiales constituyentes del suelo (grava, arena, arcilla, etc.) diferenciándolos entre transportados y no transportados.
e. Litología dominante de materiales transportados.

El estudio geológico debe ser de extensión y alcance local y será desarrollada fundamentalmente sobre la base del reconocimiento de campo y complementada con documentos de consulta, como información técnica general publicada por el INGEMET a nivel regional, mapas geológicos, topográficos o de restitución fotogramétrica.

5.2 ESTABILIDAD DE TALUDES

El proyectista realizará una evaluación general de la estabilidad de los taludes existentes sobre la base de un recorrido minucioso de la carretera e identificará los taludes críticos o susceptibles de inestabilidad. En este caso se determinará la inclinación de los taludes definiendo la relación H:V de diseño (se considerará los parámetros obtenidos de ensayos y cálculos o tomando en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte in situ y/o ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geológicas, geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes).

Los taludes de corte dependerán de la naturaleza del terreno y de su estabilidad, pudiendo utilizarse (a modo referencial) las relaciones de corte en talud siguientes los que son apropiados para los tipos de materiales (rocas y suelos) indicados en el cuadro Nº 5.2.1

CUADRO Nº 5.2.1
TALUDES DE CORTE

CLASE DE TERRENO	TALUD (V: H)		
	H < 5	5 < H < 10	H >10
Roca fija	10 : 1	(*)	(**)
Roca suelta	6 : 1 - 4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados cementados	4 : 1	(*)	(**)
Suelos consolidados compactos	4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados comunes	3 : 1	(*)	(**)
Tierra compacta	2 : 1 - 1 : 1	(*)	(**)
Tierra suelta	1 : 1	(*)	(**)
Arenas sueltas	1 : 2	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 hasta 1 : 3	(*)	(**)

(*) Requiere banqueta o análisis de estabilidad

(**) Requiere análisis de estabilidad

Los taludes de relleno, igualmente, estarán en función de los materiales empleados, pudiendo utilizarse (a modo de taludes de relleno referenciales) los siguientes taludes que son apropiados para los tipos de material incluidos en el siguiente cuadro:

Cuadro Nº 5.2.2

TALUDES DE RELLENO			
MATERIALES	TALUD (V : H)		
	H < 5	5 < H <10	H >10
Enrocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(**)
Arena compactada	1 : 2	(*)	(**)

(*) Requiere banqueta o análisis de estabilidad

(**) Requiere análisis de estabilidad

Para controlar los sectores con taludes inestables en este tipo de casos, se diseñarán soluciones de bajo costo para lo cual el proyectista evaluará y definirá soluciones mediante:

i Métodos físicos como zanjas de coronación (establecer el tipo y características, si es revestido o no tipo de revestimiento), subdrenaje (el tipo de estructura, si presenta geotextil se estaría en un caso que contraviene los principios del tipo de carretera materia de evaluación), muros (especificar el tipo de muros), gaviones (en que casos específicos debido a su elevado costo respectivo a otro tipo de estructuras), etc.

ii Métodos de revegetación empleando vegetación “natural” económica y estética, que generen la cobertura al terreno e incrementen la resistencia por la profundidad de las raíces. Es ideal que para la estabilización de taludes, se seleccione la vegetación, por sus propiedades de crecimiento, resistencia, cobertura densa del terreno y raíces profundas. Preferentemente, se deben usar las especies locales nativas que tengan las propiedades (debidamente demostradas con ejemplos palmarios en la zona o área de influencia) antes mencionadas.

iii En caso necesario, (para sectores críticos o muy críticos, previa ejecución de un estudio geotécnico de extensión y alcance local) para lograr taludes estables, se propondrán medidas físicas y biotécnicas de estabilización de taludes (producto del estudio geotécnico) tales como estructuras de contención, contrafuertes, drenaje y subdrenaje, capas de vegetación, mantas con semillas (biomantas) y vegetación. Las estructuras de contención pueden estar formadas por enrocado suelto (muros secos), gaviones o muros de tierra estabilizada mecánicamente (sistema de tierra reforzada o tierra armada, este tipo de medidas no contravendría con lo establecido como bajo costo). A continuación se presentan secciones, perfiles y gráficos típicos de muros de sostenimiento de mampostería de piedra, muros de concreto ciclópeo, etc.

Las figuras 5.2.1 á 5.2.9 ilustran diversas formas de tratamiento para la estabilización de taludes y protección de la plataforma de la carretera.

Figura 5.2.1

CORTE Y RELLENO EN LA LADERA EMPINADA

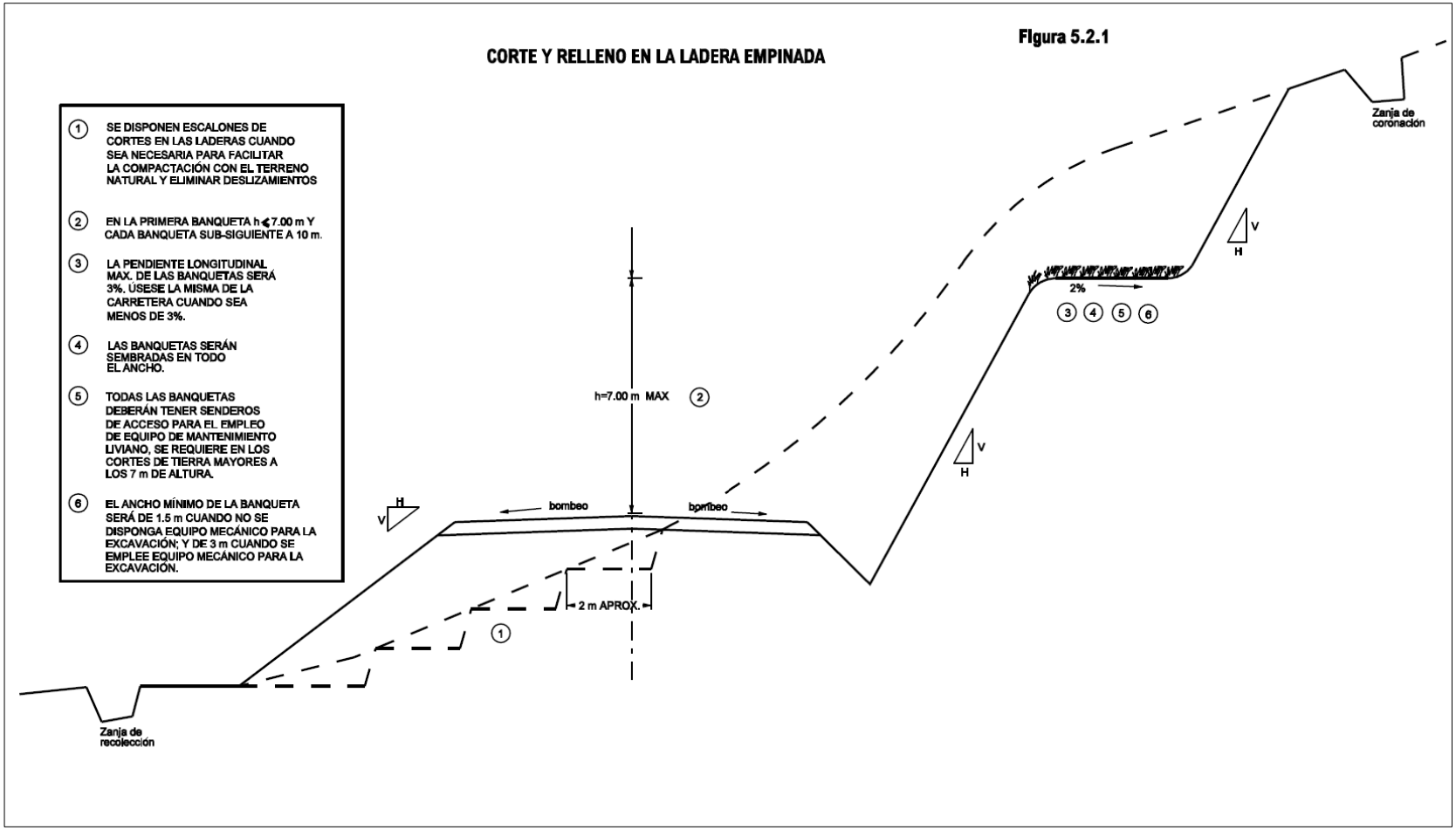
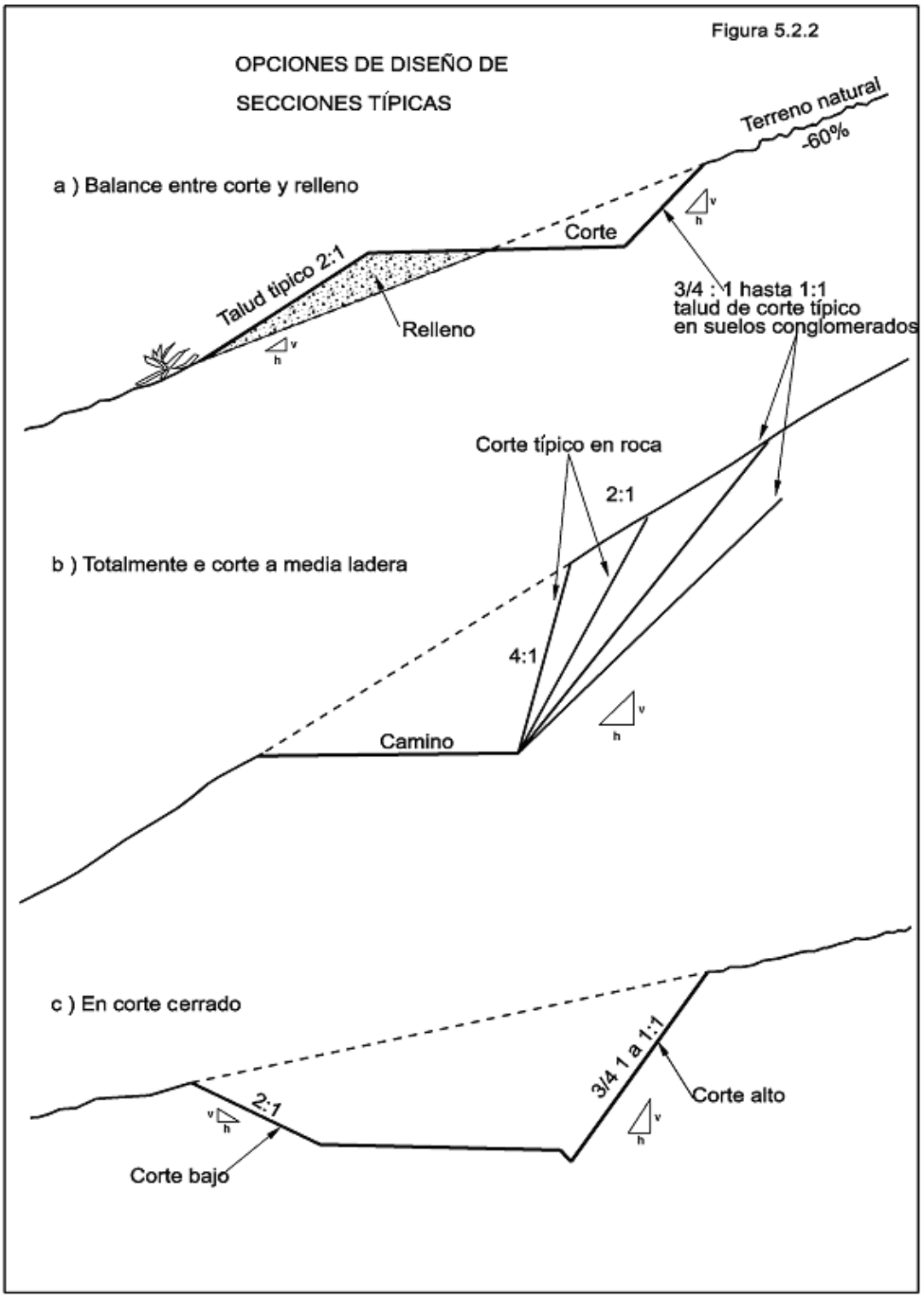


Figura 5.2.2

OPCIONES DE DISEÑO DE

SECCIONES TÍPICAS



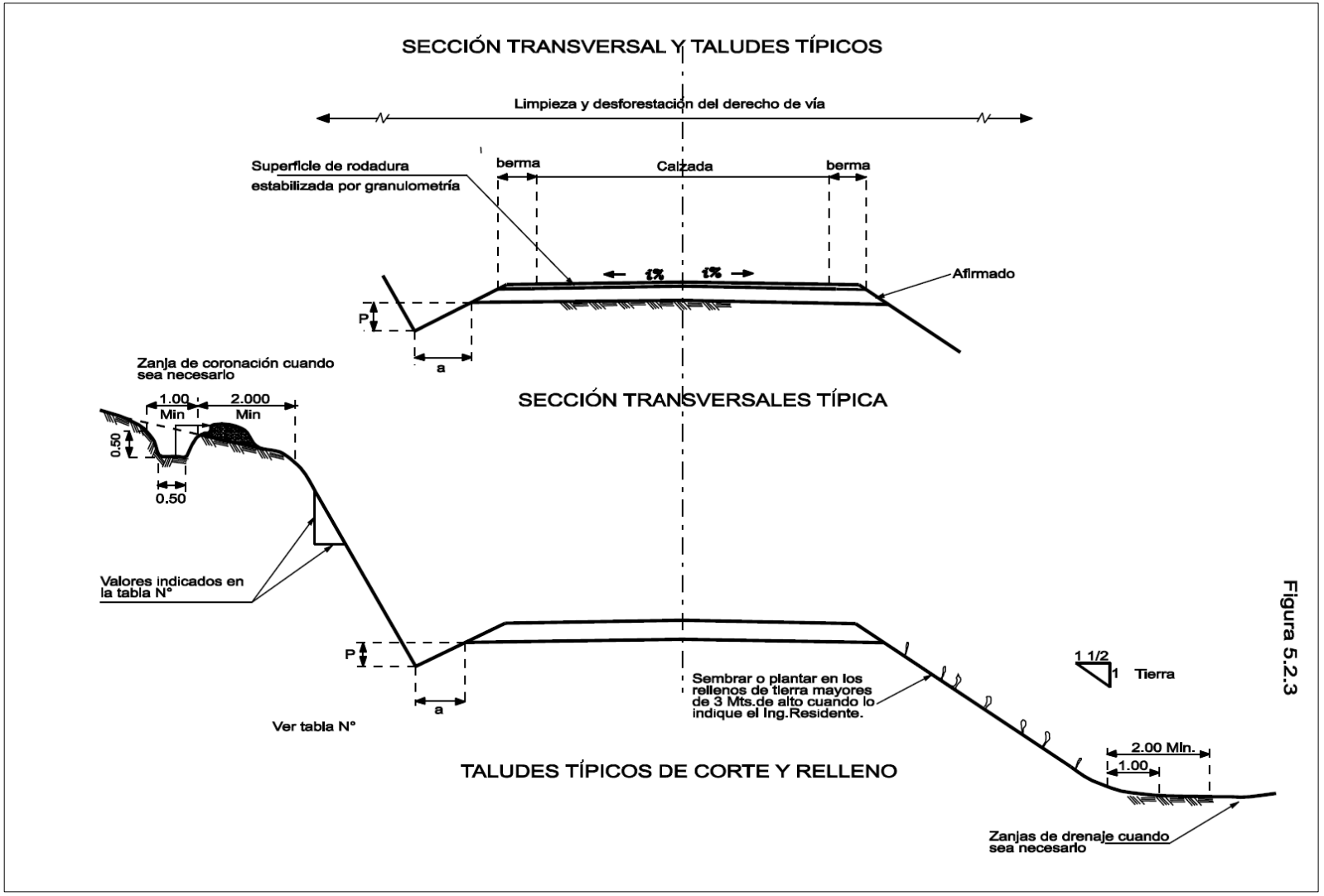

SECCIÓN TRANSVERSAL Y TALUDES TÍPICOS
Limpieza y desforestación del derecho de vía
Superficie de rodadura
estabilizada por granulometría
berma
Calzada
berma
1%
1%
Afirmado
P
a
SECCIÓN TRANSVERSALES TÍPICA
Zanja de coronación cuando
sea necesario
1.00
Min
2.000
Min
0.50
0.50
Valores indicados en
la tabla N°
P
a
Ver tabla N°
Sembrar o plantar en los
rellenos de tierra mayores
de 3 Mts.de alto cuando lo
indique el Ing.Residente.
1 1/2
1
Tierra
2.00 Min.
1.00
Zanjas de drenaje cuando
sea necesario
TALUDES TÍPICOS DE CORTE Y RELLENO

Figura 5.2.3

Figura 5.2.4

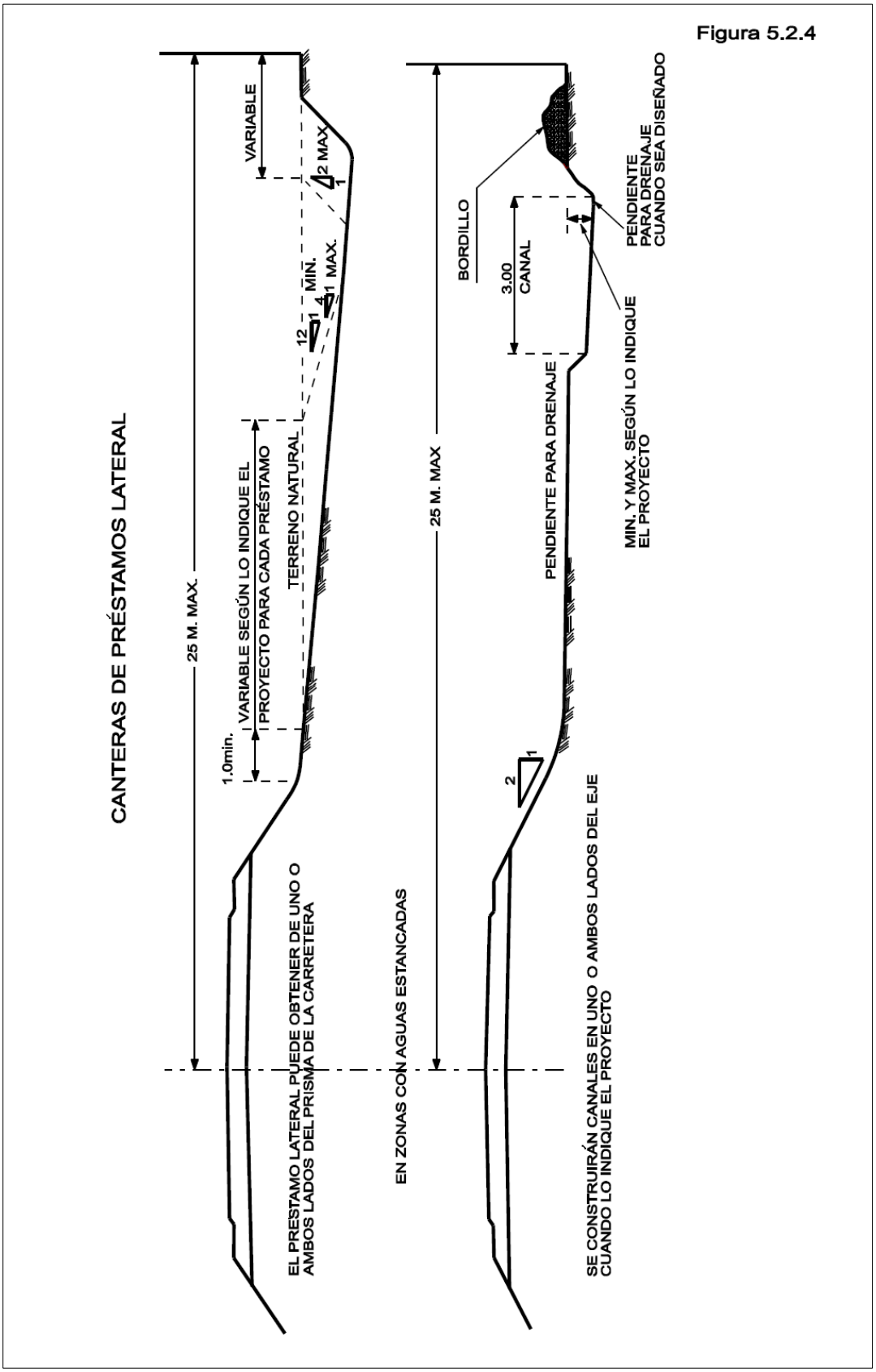
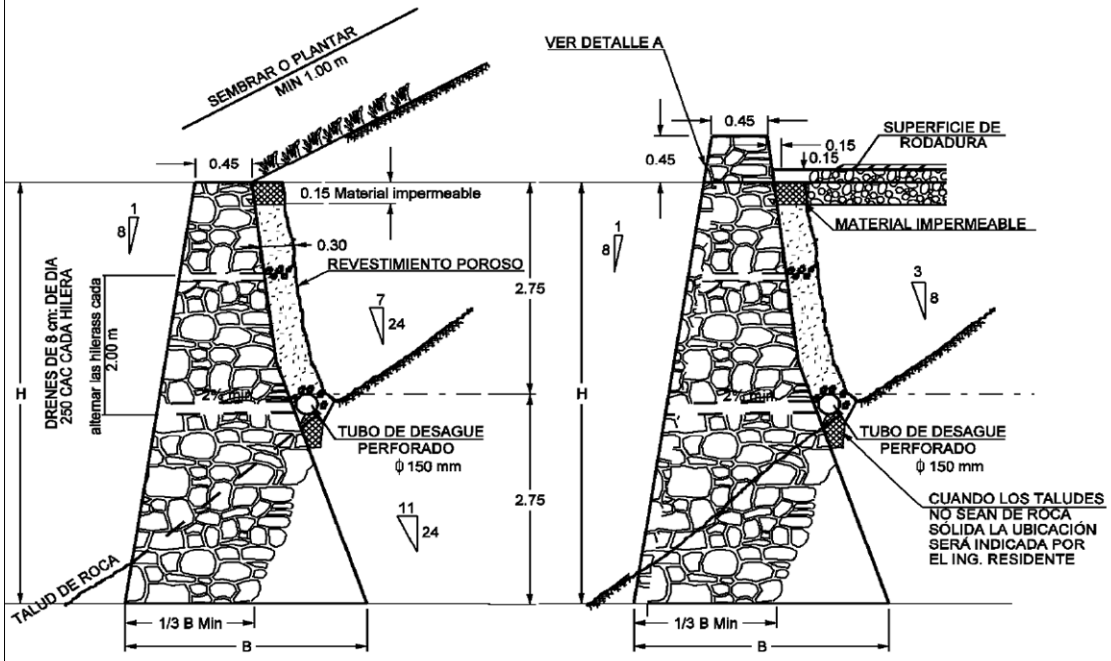

CANTERAS DE PRÉSTAMOS LATERAL
25 M. MAX.
VARIABLE
1.0min.
VARIABLE SEGÚN LO INDIQUE EL PROYECTO PARA CADA PRÉSTAMO
TERRENO NATURAL
2 MAX
1
1 MIN.
4
1 MAX.
12
EL PRESTAMO LATERAL PUEDE OBTENER DE UNO O AMBOS LADOS DEL PRISMA DE LA CARRETERA
EN ZONAS CON AGUAS ESTANCADAS
25 M. MAX
BORDILLO
3.00
CANAL
PENDIENTE PARA DRENAJE
PENDIENTE PARA DRENAJE CUANDO SEA DISEÑADO
MIN. Y MAX. SEGÚN LO INDIQUE EL PROYECTO
2
1
SE CONSTRUIRÁN CANALES EN UNO O AMBOS LADOS DEL EJE CUANDO LO INDIQUE EL PROYECTO

Figura 5.2.5

MUROS DE SOSTENIMIENTO DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA



TIPO A: RELLENO

TIPO B: CORONACIÓN DEL MURO A LA ALTURA RASANTE

VER DETALLE A

NOTA: LAS DIMENSIONES SE ENCUENTRAN EXPRESADAS EN METROS, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

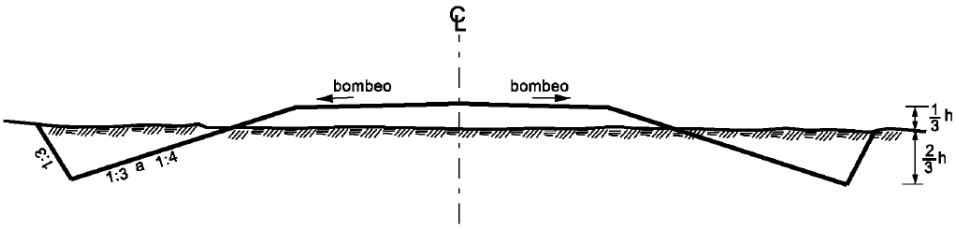
TABLA PARA MUROS DE SOSTENIMIENTO DE MAMPOSTERÍA DE PIEDRA

TIPO - A					TIPO - B			
H	B	B/3	PRESIÓN EN LA BASE Kg/cm2	ÁREA DE SEC m2	B	B/3	PRESIÓN EN LA BASE Kg/cm2	ÁREA DE SEC m2
1.50	1.08	0.36	0.273	1.15	1.35	0.45	0.320	1.69
2.00	1.28	0.42	0.346	1.73	1.60	0.53	0.388	2.43
2.50	1.49	0.50	0.417	2.43	1.84	0.61	0.486	3.28
2.75	1.59	0.53	0.452	2.81	1.97	0.66	0.489	3.76
3.00	1.74	0.58	0.477	3.22	2.10	0.70	0.521	4.28
3.50	2.03	0.67	0.525	4.16	2.35	0.78	0.587	5.39
4.00	2.32	0.71	0.579	5.25	2.60	0.86	0.653	6.63
4.50	2.62	0.87	0.634	6.49	2.86	0.95	0.717	8.01
5.00	2.90	0.96	0.694	7.86	3.10	1.03	0.783	9.48
5.50	3.19	1.06	0.753	9.38	3.35	1.11	0.848	11.09
6.00	3.49	1.16	0.812	11.06	3.60	1.20	0.912	12.83
6.50	3.78	1.26	0.872	12.37	3.85	1.28	0.977	14.69
7.00	4.07	1.36	0.936	14.83	4.11	1.37	1.041	16.71
7.50	4.36	1.45	0.995	16.94	4.35	1.48	1.106	18.79
8.00	4.66	1.55	1.056	19.21	4.60	1.53	1.170	21.03
8.50	4.95	1.65	1.118	21.61	4.85	1.61	1.235	23.39
9.00	5.23	1.74	1.181	24.12	5.11	1.70	1.299	25.92
9.50	5.53	1.84	1.243	26.84	5.35	1.78	1.364	28.49
10.00	5.92	1.94	1.283	29.67	5.60	1.86	1.428	31.23

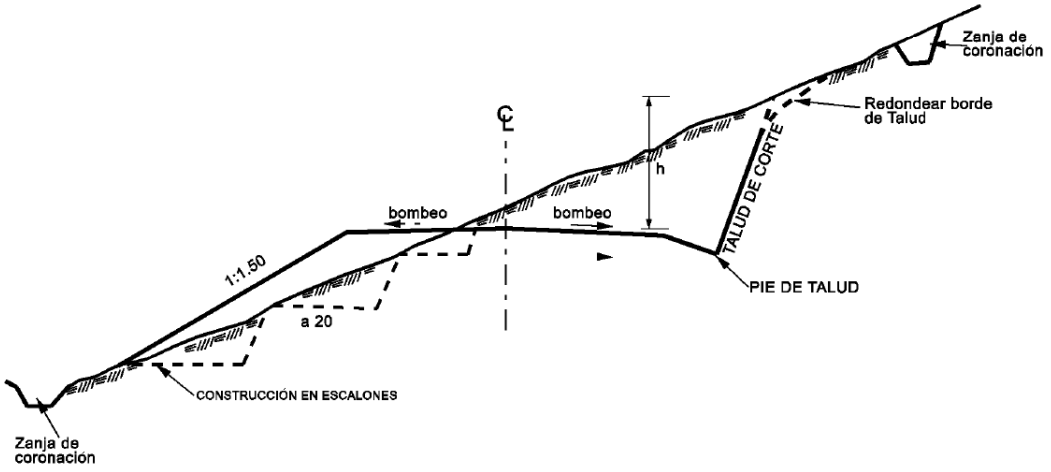
NOTAS:
1. LOS MUROS DE SOSTENIMIENTO EN TALUDES ROCOSOS TENDRÁN MAMPOSTERÍA ASENTADA CON MORTERO DE CEMENTO EN LA SUPERFICIE ROCOSA LA CUAL DEBERÁ SER CINCELADA Y LIMPIADA
2. CUANDO LO INDIQUE EL ING. RESIDENTE SE COLOCARÁ BARRAS DE REFUERZO DE ϕ 1" CON LECHADA DE CEMENTO EN HUECOS DE 5 cm DE DIÁMETRO POR 60 cm DE PROFUNDIDAD
3. ALTURA MÁXIMA DE DISEÑO = 10.5 m
4. SE USARÁ EL ANCHO DE 1/3 SOLO CUANDO LAS CONDICIONES DEL SUELO SEAN ÓPTIMAS.

Figura 5.2.6

SECCIÓN TÍPICA DE TERRAPLÉN EN TERRENO PLANO



SECCIÓN TÍPICA EN MEDIA LADERA



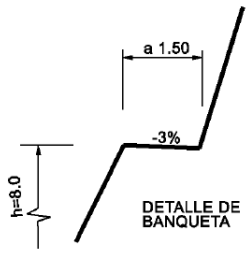
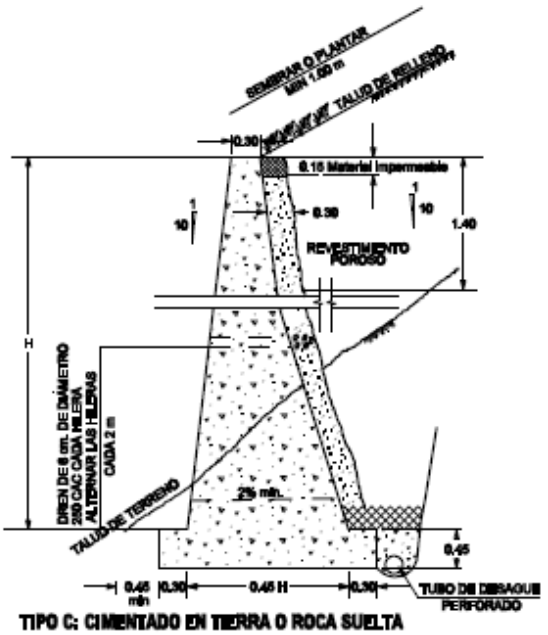


Figura 5.2.7

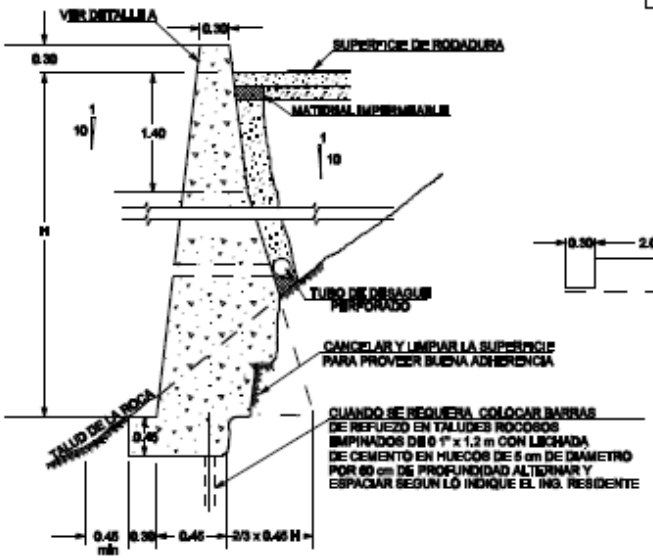
MUROS DE SOSTENIMIENTO DE CONCRETO CICLÓPEO

TIPO A: CORONACIÓN DEL MURO EN RELLENO



TIPO C: CIMENTADO EN TIERRA O ROCA SUELTA

TIPO B: CORONACIÓN DEL MURO A LA ALTURA DE LA RASANTE



TIPO D: LA BASE PUEDE SER ESCALONADA EN ROCA SÓLIDA

TABLA PARA MUROS DE SOSTENIMIENTO EN CONCRETO CICLÓPEO

H	0.45 H.	0.45 H / 3	PRESION EN LA BASE Kg/cm2	AREA DE SEC TIPO m2
1.40	0.630	0.210	0.213	1.30
1.50	0.675	0.225	0.221	1.40
2.00	0.900	0.300	0.260	1.90
2.50	1.125	0.375	0.303	2.50
3.00	1.350	0.450	0.350	3.20
3.50	1.575	0.525	0.398	4.00
4.00	1.800	0.600	0.448	5.00
4.50	2.025	0.675	0.498	6.00
5.00	2.250	0.750	0.550	7.20
5.50	2.475	0.825	0.603	8.50
6.00	2.700	0.900	0.655	9.90
6.50	2.925	0.975	0.708	11.40
7.00	3.150	1.050	0.762	13.00
7.50	3.375	1.125	0.816	14.70
8.00	3.600	1.200	0.870	16.50
8.50	3.825	1.275	0.924	19.70
9.00	4.050	1.350	0.949	20.60
9.50	4.275	1.425	1.055	22.80
10.00	4.500	1.500	1.061	25.10

NOTAS: 1. LAS SUPERFICIES EXPUESTAS DEBEN TENER UN ACABADO LISO

2. LA ALTURA MÍNIMA DE VACIADO POR JORNADA SERÁ DE 1m. LAS JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN DEBEN SER ÁSPERAS Y TENDRÁN PIEDRAS SOBRESALIENTES A FIN DE PROVEER BUENA ADHERENCIA CON EL SIGUIENTE VACIADO.

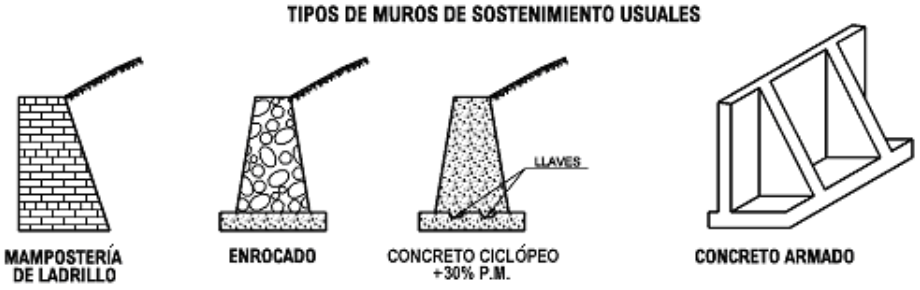
ELEVACIÓN DE LA CORONACIÓN DEL MURO CUANDO ESTE A LA ALTURA DE LA RASANTE

DETALLE A

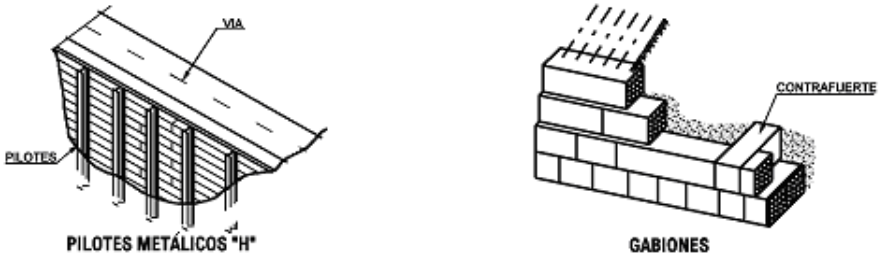
NOTA: LAS DIMENSIONES SE ENCUENTRAN EXPRESADAS EN METROS, A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.

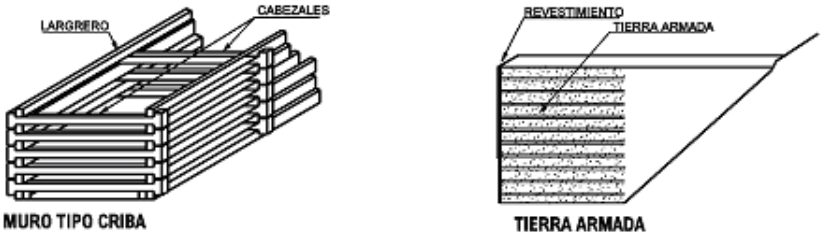
Figura 5.2.8

TIPOS DE MUROS DE SOSTENIMIENTO USUALES



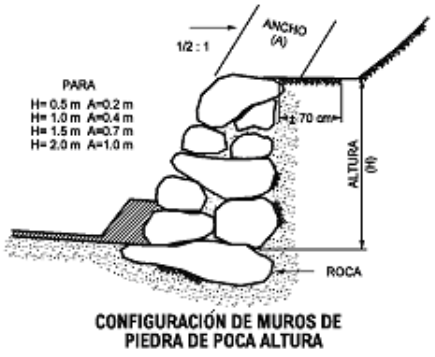
MUROS DE GRAVEDAD





a. TIPOS DE ESTRUCTURAS DE SOSTENIMIENTO

CONFIGURACIÓN DE MUROS DE PIEDRA DE GRAN ALTURA

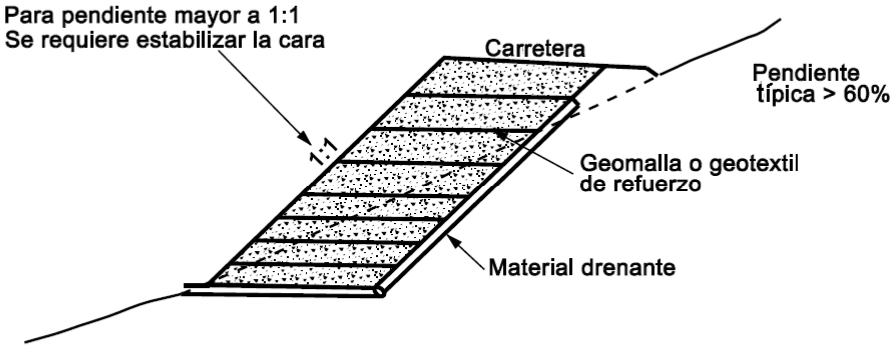


CONFIGURACIÓN DE MUROS DE PIEDRA DE POCA ALTURA

b. CONSTRUCCIÓN TIPÍCA DE MUROS DE PIEDRA

Figura 5.2.9

EXPLANACIÓN DE TIERRA ARMADA



NOTA:
Se utiliza como una alternativa a los muros de sostenimiento

5.3 SUELOS Y CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR

Las carreteras por sus capas superiores y superficie de rodadura pueden ser clasificados como sigue:

i CON SUPERFICIE DE RODADURA NO PAVIMENTADA

a. Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.

b. Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.

c. Carreteras afirmadas constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm.
   c.1 afirmados con gravas naturales o zarandeadas.
   c.2 afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.

d. Carreteras con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:
   d.1 Afirmados con grava con superficie estabilizada con materiales como: asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos y otros.
   d.2 Suelos naturales estabilizados con: material granular y finos ligantes, asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos y otros.

ii CON SUPERFICIE DE RODADURA PAVIMENTADA (No aplicable a este manual)

e. Pavimentos de adoquines de concreto;

f. Pavimentos flexibles:
   f.1 Con capas granulares (sub base y base drenantes) y una superficie bituminosa de espesor de hasta 25mm (tratamiento superficial bicapa).
   f.2 Con capas granulares (sub base y base drenantes) y una capa bituminosa de espesor variable > 25mm (carpetas asfálticas).

g. Pavimentos semi rígidos, conformados con solo capas asfálticas (full depth).

h. Pavimentos rígidos, conformado por losa de concreto hidráulico de cemento Portland.

Para los propósitos de éste manual, son aplicables a las carreteras de bajo volumen de tránsito, no pavimentados, los tipos a, b, c y d.

El manual considera soluciones estructurales con materiales tradicionales cuyas propiedades mecánicas y comportamiento son conocidos y están considerados en el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. También forman parte de esta norma las estabilizaciones y mejoramientos de suelos de la subrasante o de las capas de

revestimiento granular. Para la estabilización química de los suelos se utilizará la Norma Técnica de Estabilizadores Químicos MTC E 1109-2004.

En el funcionamiento estructural de las capas de revestimiento granular influye el tipo de suelo de la subrasante, el número total de los vehículos pesados por día o durante el período de diseño, incluido las cargas por eje y la presión de los neumáticos. La demanda, medida en EE o por vehículos pesados, es particularmente importante para ciertos tipos de carreteras de bajo volumen pero que pudieran tener alto porcentaje de vehículos pesados, como los que se construyen para propósitos especiales como el minero y forestal (extracción de madera).

5.3.1 TRÁFICO

Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de 2.5 tn. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tienen en cuenta en su cálculo.

El tráfico proyectado al año horizonte, se clasificará según lo siguiente:

CLASE	T0	T1	T2	T3
IMDA (Total vehículos ambos sentidos)	<15	16 - 50	51 - 100	101 - 200
Vehículos pesados (carril de diseño)	<6	6 - 15	16 - 28	29 - 56
N° Rep. EE (carril de diseño)	$< 2.5 \times 10^4$	2.6×10^4–7.8×10^4	7.9×10^4- 1.5×10^5	1.6×10^5 -3.1×10^5

Para la obtención de la clase de tráfico que circula para el tramo en estudio, se realizará lo siguiente:

a. Identificación de sub tramos homogéneos de la demanda.

b. Conteos de tráfico en ubicaciones acordadas con la entidad y por un período mínimo de 3 días (1 día de semana+sábado+domingo), de una semana que haya sido de circulación normal. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo.

c. El estudio podrá ser complementado con información de variaciones mensuales, proveniente de estaciones de conteo y/o pesaje del MTC cercanas al tramo en estudio que sea representativo de la variación de tránsito del proyecto.

d. Con los datos obtenidos se determinará el número de vehículos (IMDA) y la cantidad de pesados (buses+camiones) para el carril de diseño, suficientes para definir la clase tipo de tráfico. No obstante, será necesario obtener el número de repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) para el período de diseño.

e. El concepto de EE corresponde a la unidad normalizada por la AASHTO que representa el deterioro que causa en la capa de rodadura un eje simple cargado con 8,16 toneladas. Para el cálculo de los factores destructivos por eje equivalente

calculados, se toma en cuenta el criterio simplificado de la metodología AASHTO, aplicando las siguientes relaciones:

Tipo de eje	Eje equivalente EE 8.2tn
Eje simples de rueda simples	$[P/6.6]^4$
Eje simple de rueda doble	$[P/8.16]^4$
Eje tandem de rueda doble	$[P/15.1]^4$
Eje tridem de rueda doble	$[P/22.9]^4$
P=peso por eje en toneladas	

También se considerará un factor de ajuste por presión de neumáticos, de tal manera de computar el efecto adicional de deterioro de los afirmados. Este efecto se incrementa más para el caso de las capas de revestimiento granular en altura donde la baja presión atmosférica genera un aumento de la presión interna del neumático, reduciendo su área de contacto y aumentando la presión sobre la capa de rodadura. Para evitar este efecto en el cálculo de los EE, las llantas deberían tener una presión máxima de 80 psi-pulg^2.

Para el cálculo de EE de 8.2 t, se usará las siguientes expresiones por tipo de vehículo pesado. El resultado final será la sumatoria de los tipos de vehículos pesados considerados:

$$\textbf{Nrep de EE}_{8.2t} = \Sigma\,[EE_{día\text{-}carril} \times 365 \times (1+t)^{n-1}] / (t)$$

$$\textbf{EE}_{día\text{-}carril} = \textbf{EE x Factor Direccional x factor carril}$$

EE = N° de vehículos según tipo x factor de carga x factor de presión de llantas

Donde:

Nrep de $EE_{8.2t}$	= Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2t.
$EE_{día\text{-}carril}$	= Ejes equivalentes por día para el carril de diseño.
365	= Número de días del año.
t	= tasa de proyección del tráfico, en centésimas.
EE	= Ejes Equivalentes.
Factor direccional	= 0.5, corresponde a carreteras de dos direcciones por calzada.
Factor carril	= 1, corresponde a un carril por dirección o sentido.
Factor de presión de llantas	= 1, este valor se estima para los CBVT y con capa de revestimiento granular.

f. Como referencia del cálculo se presenta la tabla siguiente, para períodos de 5 y 10 años:

IMDA (total ambos sentidos)	Veh. Pesados (carril de diseño)	5 años (carril de diseño)		10 años (carril de diseño)	
		Nº Repeticiones EE 8.2tn	Nº Repeticiones EE 8.2tn	Nº Repeticiones EE 8.2tn	Nº Repeticiones EE 8.2tn
10	3	13,565	1.36E+04	15,725	1.57E+04
20	6	27,130	2.71E+04	31,451	3.15E+04
30	9	40,695	4.07E+04	47,176	4.72E+04
40	12	56,197	5.62E+04	65,148	6.51E+04
50	15	67,824	6.78E+04	78,627	7.86E+04
60	17	75,576	7.56E+04	87,613	8.76E+04
70	20	96,892	9.69E+04	112,324	1.12E+05
80	23	104,643	1.05E+05	121,310	1.21E+05
90	26	122,084	1.22E+05	141,528	1.42E+05
100	28	131,773	1.32E+05	152,761	1.53E+05
110	31	147,275	1.47E+05	170,733	1.71E+05
120	34	160,840	1.61E+05	186,458	1.86E+05
130	37	172,467	1.72E+05	199,937	2.00E+05
140	40	187,970	1.88E+05	217,909	2.18E+05
150	43	203,473	2.03E+05	235,881	2.36E+05
160	45	209,286	2.09E+05	242,620	2.43E+05
170	48	226,727	2.27E+05	262,838	2.63E+05
180	51	236,416	2.36E+05	274,071	2.74E+05
190	54	253,856	2.54E+05	294,289	2.94E+05
200	56	265,483	2.65E+05	307,768	3.08E+05
250	71	335,245	3.35E+05	388,641	3.89E+05
300	84	399,194	3.99E+05	462,775	4.63E+05
350	99	468,956	4.69E+05	543,648	5.44E+05
400	112	529,029	5.29E+05	613,289	6.13E+05

5.3.2 SUBRASANTE

La subrasante es la capa superficial de terreno natural. Para construcción de carreteras se analizará hasta 0.45m de espesor, y para rehabilitación los últimos 0.20m.

Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño del afirmado, que se colocará encima.

Se identificarán cinco categorías de subrasante:

S0 : SUBRASANTE MUY POBRE **CBR < 3%**
S1 : SUBRASANTE POBRE **CBR = 3% - 5%**
S2 : SUBRASANTE REGULAR **CBR = 6 - 10%**
S3 : SUBRASANTE BUENA **CBR = 11 - 19%**
S4 : SUBRASANTE MUY BUENA **CBR > 20%**

Se considerarán como materiales aptos para la coronación de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor, se procederá a eliminar esa capa de material inadecuado y se colocará un material granular con CBR mayor a 6%; para su estabilización. La profundidad mínima especificada de esta capa figura en el catálogo de estructuras de capas granulares que se presenta más adelante. Igualmente se estabilizarán las zonas húmedas locales y áreas blandas. Sobre la subrasante natural se colocará una capa de arena de espesor 20cm mínimo y sobre

ella, se añadirá una capa de espesor mínimo de 0.30m de material grueso rocoso o de piedras grandes.

La superficie de la subrasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60m cuando se trate de una subrasante muy buena y buena; a 0.80m cuando se trate de una subrasante regular; a 1.00m cuando se trate de una subrasante pobre y a 1.20m cuando se trate de una subrasante muy pobre. En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario.

Los subdrenes para proteger la capa del afirmado se proyectarán cuando la subrasante no esté constituida por material permeable y cuando las capas de rodadura no puedan drenar adecuadamente. Los subdrenes que se proyecten para interceptar filtraciones o para rebajar el nivel freático elevado, pueden utilizarse también para drenar el afirmado.

En zonas sobre los 3 500 msnm, se evaluará la acción de las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. Sí la profundidad de la napa freática es mayor a la indicada anteriormente (1.20m), la acción de congelamiento no llegará a la capa superior de la subrasante. En el caso de presentarse en la capa superior de la subrasante (0.30m – 0.45m) suelos susceptibles al congelamiento, se reemplazará este suelo en el espesor indicado o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario. Son suelos susceptibles al congelamiento, los suelos limosos. Igualmente los suelos que contienen más del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02mm, con excepción de las arenas finas uniformes que aunque contienen hasta el 10% de materiales de tamaño inferior a los 0.02mm, no son susceptibles al congelamiento. En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02mm.

Para efectos del diseño del afirmado también se definirán sectores homogéneos a lo largo de cada uno de ellos, donde las características del material de subrasante se identifican como uniforme. Dicha uniformidad se establecerá sobre la base del estudio del suelo y de ser necesario, la realización del muestreo. El proceso de sectorización requiere de análisis y criterio del especialista.

Para la identificación de sectores homogéneos se analizará lo siguiente:

i Reconocimiento:

En esta etapa se efectúa un proceso de inspección visual, se identifican asentamientos, deslizamientos, etc. que puedan ser atribuidos a factores geotécnicos y se establece, en primera aproximación, las causas que la motivaron. El reconocimiento visual de suelos y rocas debe complementarse con la observación de otras características del terreno y que ayudan a definir las propiedades de este, como topografía, geomorfología, vegetación, zonas húmedas o cursos naturales de agua y, sobre todo, los taludes de cortes existentes próximos al tramo.

ii Diagnóstico:

Sí el reconocimiento del terreno permite su clasificación inmediata, pueden realizarse algunas calicatas de comprobación cada 500 m y los ensayos

confirmatorios. Caso contrario, sí en el terreno se detectara su naturaleza problemática, se deberá establecer un programa de muestreos y ensayos como se indica a continuación.

iii Programa de prospecciones y ensayos a realizar:

Se establecerá una estrategia para efectuar el programa exploratorio y, a partir de ello, se ordenará la toma de las muestras necesarias de cada perforación, de manera de poder evaluar aquellas características que siendo determinantes en su comportamiento, resulten de sencilla e indiscutible determinación.
Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

a. **Granulometría:** A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Tipo de material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm – 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm – 0.2 mm
	Arena fina: 0.2 mm – 0.05 mm
Limo	0.05 mm – 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

b. **La plasticidad** de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

A través de este método, se definen los límites correspondientes a los tres estados en los cuales puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites, llamados límites de Atterberg, son: el límite líquido (LL) determinación según norma MTC E 110, el límite plástico (LP) determinación según norma MTC E 111 y el límite de contracción (LC) determinación norma MTC E 112.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso. Por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. Sobre todo esto se puede dar la clasificación siguiente:

Índice de plasticidad	Característica
IP > 20	suelos muy arcillosos
20 > IP > 10	suelos arcillosos
10 > IP > 4	suelos poco arcillosos
IP = 0	suelos exentos de arcilla

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, es el elemento más peligroso de una carretera, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

c. Equivalente de arena: Es un ensayo que da resultados parecidos a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque menos preciso. Tiene la ventaja de ser muy rápido y fácil de efectuar, según la norma MTC E 114.

El valor de EA es un indicativo de la plasticidad del suelo:

Equivalente de arena	Característica
sí EA > 40	El suelo no es plástico, es de arena
Sí 40 > EA > 20	El suelo es poco plástico y no heladizo
sí EA < 20	El suelo es plástico y arcilloso

d. Índice de grupo: Es un índice adoptado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la formula:

$$IG = 0.2\,(a) + 0.005\,(ac) + 0.01(bd)$$

Donde:

a = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz Nº 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
b = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz Nº 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
c = LL – 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.
d = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El índice de grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero

significa un suelo muy bueno y un índice igual o mayor a 20, un suelo no utilizable para carreteras.

Si el suelo de subrasante tiene:

Índice de grupo	Suelo de subrasante
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy bueno

e. Humedad natural: Otra característica importante de los suelos es su humedad natural pues la resistencia de los suelos de subrasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten. Se determinará mediante la norma MTC E 108.

La determinación de la humedad natural permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos proctor para obtener el CBR del suelo. Sí la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el especialista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y, según la saturación del suelo, se propondrá aumentar la energía de compactación, airear el suelo o reemplazar el material saturado.

f. Clasificación de los suelos: Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en el cuadro Nº 5.3.2.1. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundido, AASHTO y ASTM:

Clasificación de suelos AASHTO	Clasificación de suelos ASTM
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente: US Army Corps of Engineers

g. Ensayos CBR: Una vez que se hayan clasificado los suelos por el sistema AASHTO para carreteras con tránsito mayor a 100 vehículos por día, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos y/o correlaciones para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, referido al 95% de la MDS (Máxima densidad seca) y a una penetración de carga de 2.54mm.

Dada la variabilidad que presentan los suelos (aún dentro de un mismo grupo de suelos y en un sector homogéneo), así como los resultados de los ensayos de CBR (valor soporte del suelo), se efectuará un mínimo de 6 ensayos de CBR por sector homogéneo del suelo, con el fin de aplicar un criterio estadístico para la selección de un valor único de soporte del suelo. En caso de que en un determinado sector se presente una gran heterogeneidad en los suelos de subrasante que no permite definir uno como predominante, el diseño se basará en el suelo más débil que se encuentre.

El valor del CBR de diseño por sector homogéneo, se determinará según lo siguiente:

- Si el sector homogéneo presenta para el período de diseño un número de repeticiones de $EE_{8.2\ ton}$, menor de 1×10^5, el CBR de diseño será aquel que represente al percentil 60% de los valores de CBR.

- Si el sector homogéneo presenta un número de repeticiones de $EE_{8.2ton}$, entre 1×10^5 y 1×10^6: el CBR de diseño será aquel que represente al percentil 75% de los valores de CBR.

iv. Una vez definido el valor del CBR de diseño para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo.

En resumen:

1. Deberá identificarse los tramos homogéneos con una longitud mínima de 1500m, clasificar el material de subrasante y definir el CBR de diseño. En los puntos críticos, si los hubiera, se efectuarán trabajos especiales necesarios para definir su solución.

2. Se determinará el volumen de Ejes Equivalentes (EE) que soportará el afirmado,

durante le período de diseño escogido.

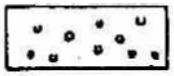
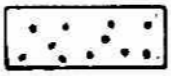
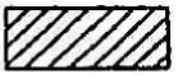
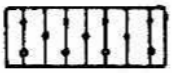
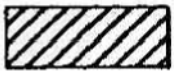
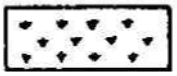
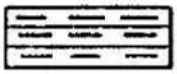
3. Se escogerá el diseño del afirmado, entre las alternativas del catálogo adjunto, que corresponda a una solución que, en razón de los materiales y la tecnología disponibles, signifique un menor costo de construcción.

CUADRO 5.3.2.1: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS – MÉTODO AASHTO

Clasificación general	**Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0,08 mm**							**Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0,08mm**				
Grupo	**A-1**		**A-3**	**A-2**				**A-4**	**A-5**	**A-6**	**A-7**	
símbolo	**A-1-a**	**A-1-b**		**A-2-4**	**A-2-5**	**A-2-6**	**A-2-7**				**A-7-5**	**A-7-6**
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm	máx. 50	máx.										
0,5 mm	máx. 30	50	mín. 50	máx.		máx.						
0,08 mm	máx. 15	máx.	máx.10	35	máx.35	35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
Límites Atterberg												
Límite de liquidez				máx.40	mín.40	máx.40	mín.40	máx.40	máx.40	máx.40	mín.40	mín.40
Índice de plasticidad	máx.6	máx.6		máx.10	máx.10	mín.10	mín.10	máx.10	máx.10	mín.10	mín.10 IP<LL-30	mín.10 IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas Y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno					De pasable a malo						

CUADRO 5.3.2.2
SIGNOS CONVENCIONALES PARA PERFIL DE CALICATAS

SUELOS

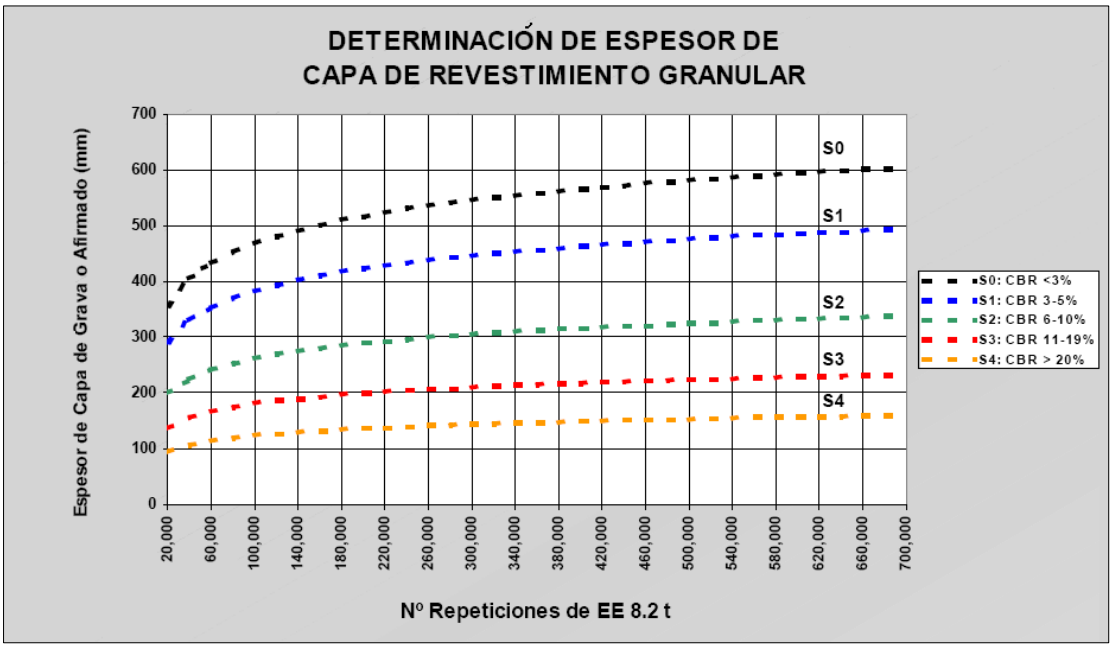
	**A – 1- a**		**A – 5**
	**A – 1- b**		**A – 6**
	A – 3		**A – 7 – 5**
	**A – 2 – 4**		**A – 7 – 6**
	A – 2 – 5		**MATERIA ORGÁNICA**
	A – 2 – 6		**ROCA SANA**
	A – 2 – 7		**ROCA DESINTEGRADA**
	A – 4		

5.4 CATÁLOGO ESTRUCTURAL DE SUPERFICIE DE RODADURA

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE:
Donde:

$$e=[219-211x(\log_{10}CBR) + 58x(\log_{10}CBR)^2]x\log 10x(Nrep/120)$$

E = espesor de la capa de afirmado en mm.
CBR = valor del CBR de la subrasante.
Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.



Fuente: Elaboración en base a la ecuación de diseño del método NAASRA.

Sin ser una limitación, en éste manual de diseño se incluye catálogos de secciones de capas granulares de rodadura para cada tipo de tráfico y de subrasante. Estos han sido elaborados en función de la ecuación indicada.

El espesor total determinado, está compuesto por una capa de afirmado (ver acápite 5.5.1), por la granulometría del material y aspectos constructivos, el espesor de la capa de afirmado no será menor de 150mm.

En todo caso, se podrán ajustar las secciones de afirmado en función de las condiciones y experiencias locales, para lo cual:

- Se analizará las condiciones de la subrasante natural, la calidad de los materiales de las canteras, la demanda específica de tráfico en el tramo y se decidirá el espesor necesario de la nueva estructura de la capa granular de rodadura.

- En caso de que el tramo tenga ya una capa de afirmado, se aprovechará el aporte estructural de la capa existente. Sólo se colocará el espesor de afirmado necesario

para completar el espesor total obtenido según la metodología de diseño empleada. Este espesor complementario no será menor a 100mm. El nuevo material de afirmado se mezclará con el existente hasta homogenizarlo y conformar la nueva capa de afirmado, debidamente perfilada y compactada.

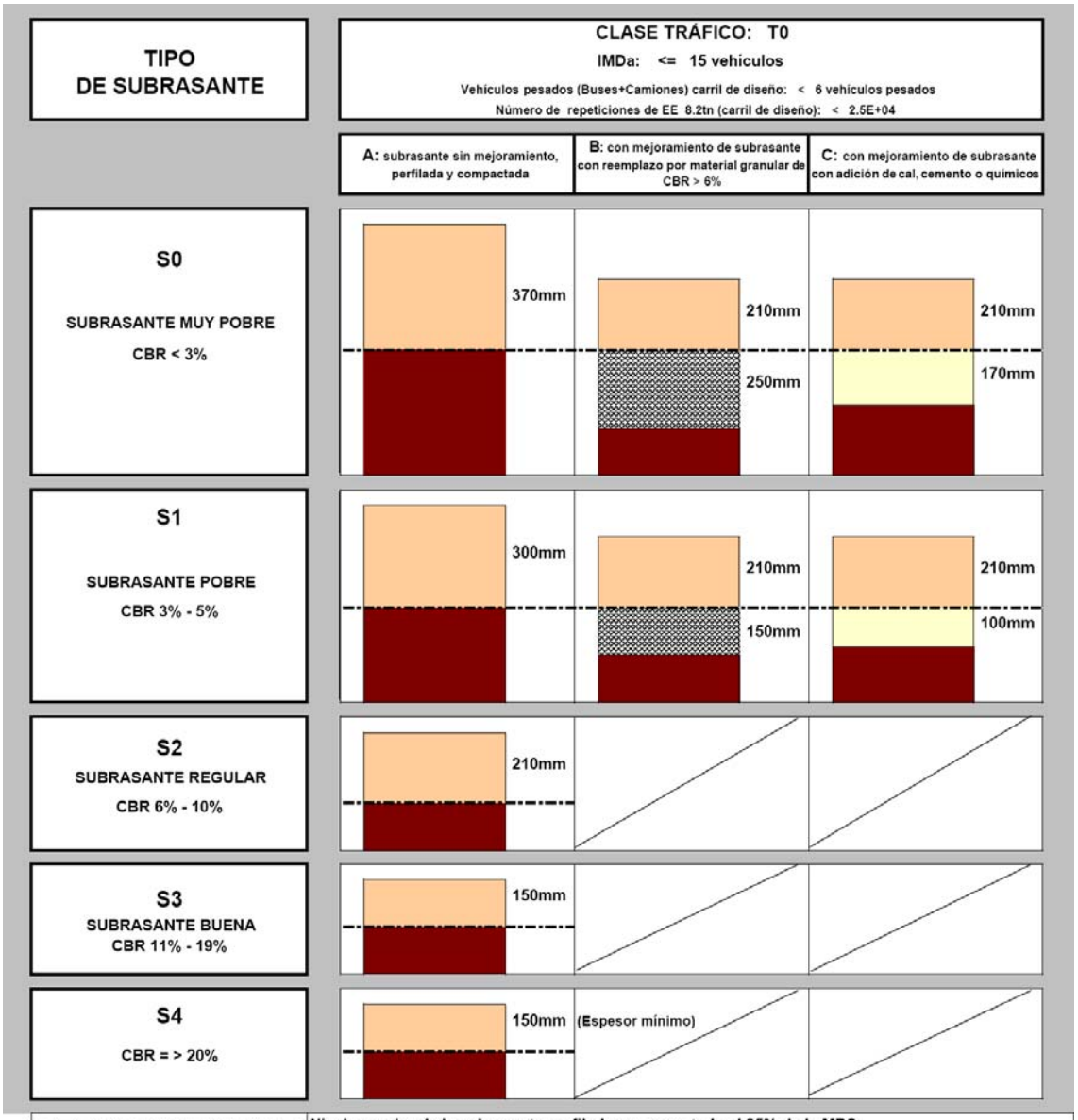
- Para carreteras de muy bajo volumen de tránsito, menor a 50, se estudiarán y analizarán diferentes alternativas constructivas de capas granulares, incluyendo macadam granular, y estabilización con gravas.

- En el caso de no haber disponibilidades de gravas de fácil uso a distancias económicamente razonables, se podrá recurrir a procedimientos de estabilización de los suelos naturales, analizando económicamente alternativa como estabilización con cal, estabilización con sal, estabilización con cemento, estabilización química (según norma MTC E 1109), según sea el caso.

- En caso de que se requiriese proteger la superficie de las carreteras afirmadas para retardar su deterioro por razones de erosión y pérdidas de material, debido al tránsito y/o para evitar la presencia de polvo levantado por el tránsito que crea riesgos y deteriora el ambiente agrícola, podrá colocarse una capa protectora que podría ser una imprimación reforzada bituminosa o una capa superficial de afirmado con mayor índice de plasticidad que reemplazaría un espesor similar del afirmado diseñado o una estabilización con cloruros de sodio, de magnesio, u otros estabilizadores químicos.

CATÁLOGO DE CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR

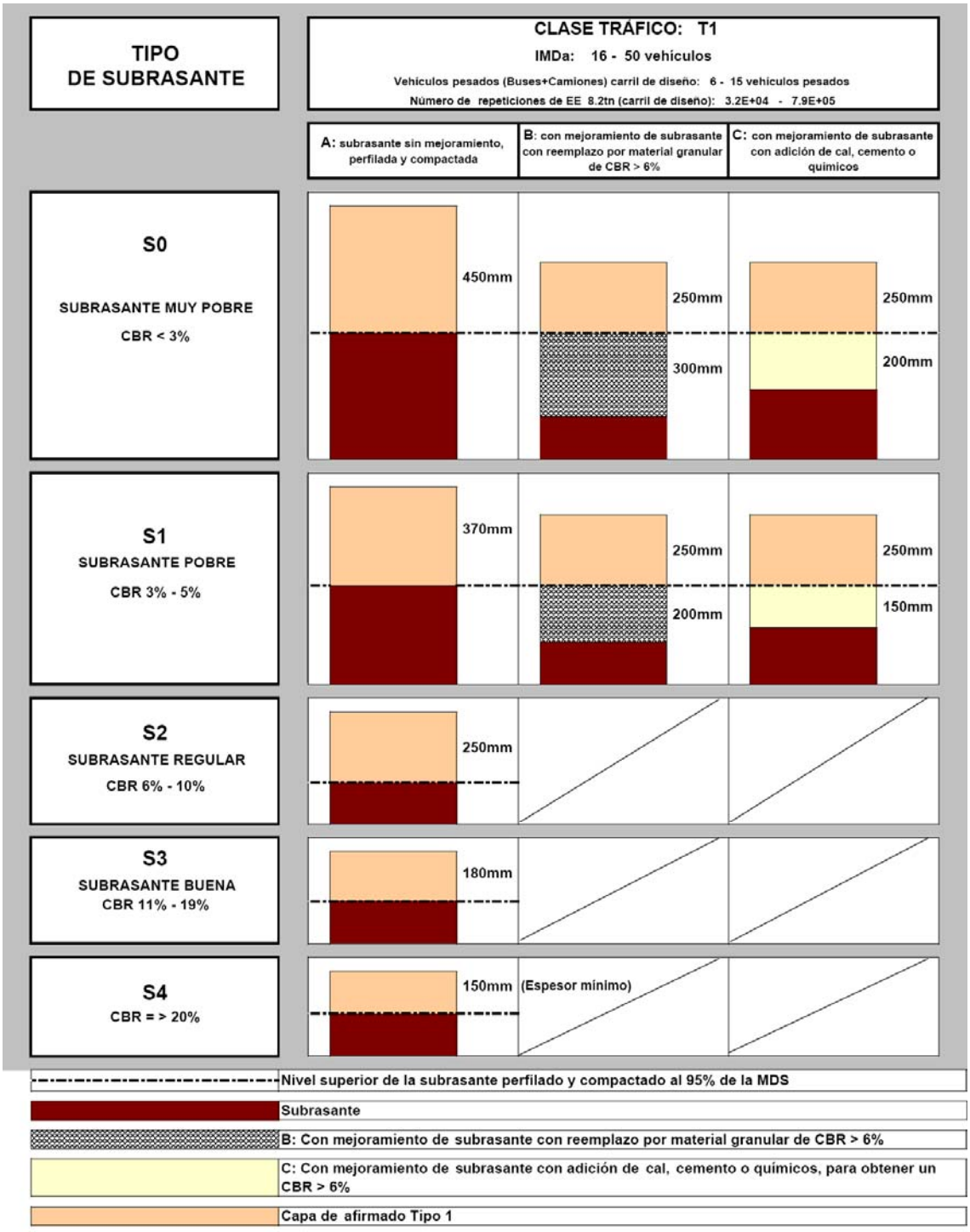
TRÁFICO T0



Nota: En caso se requiriese proteger la superficie de las carreteras, podrá colocarse una capa protectora, que podría ser una imprimación reforzada bituminosa; o una estabilización con cloruro de sodio (sal), magnesio u otros estabilizadores químicos.

CATÁLOGO DE CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR

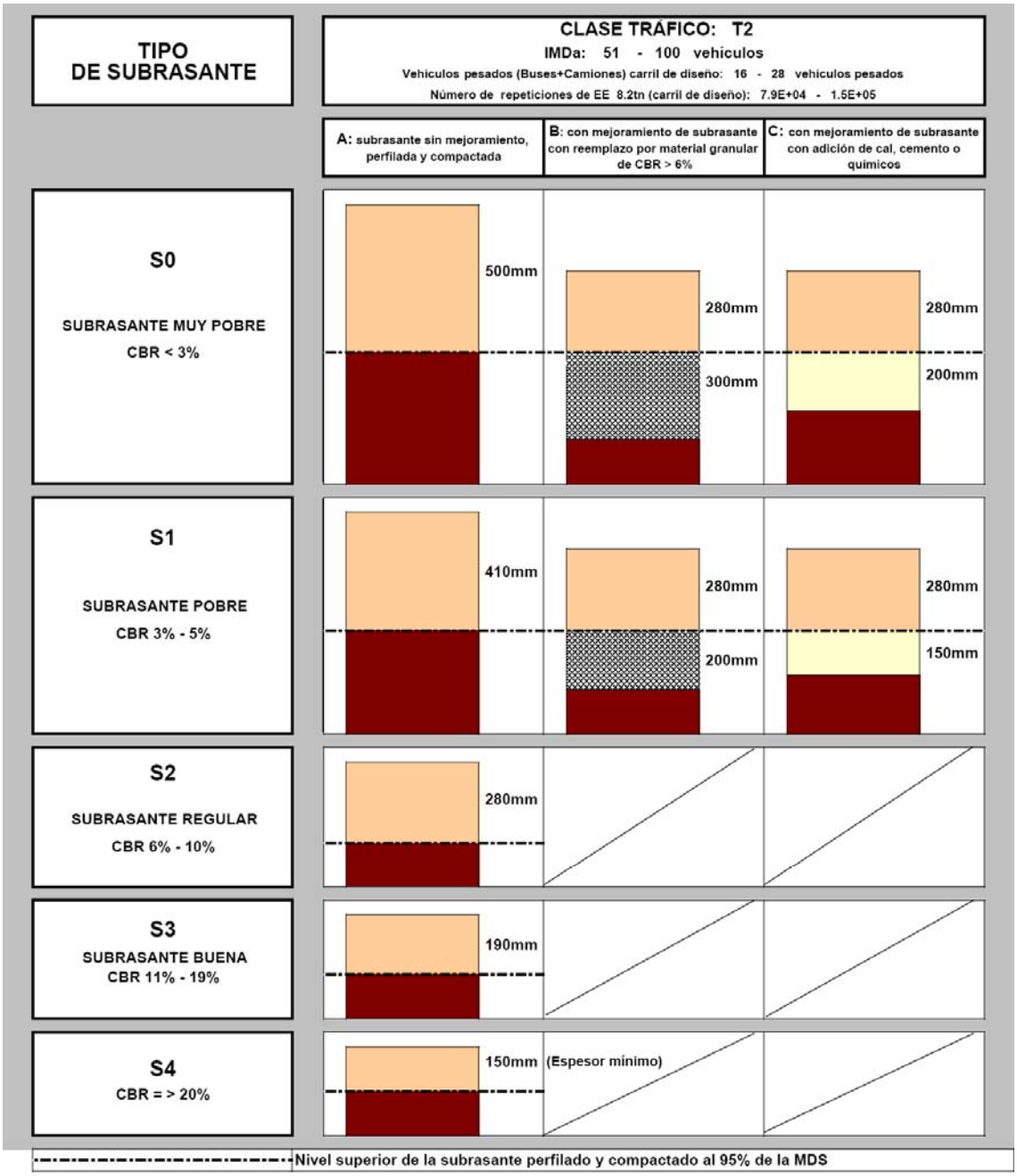
TRÁFICO T1



Nota: En caso se requiriese proteger la superficie de las carreteras, podrá colocarse una capa protectora, que podría ser una imprimación reforzada bituminosa; o una estabilización con cloruro de sodio (sal), magnesio u otros estabilizadores químicos.

CATÁLOGO DE CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR

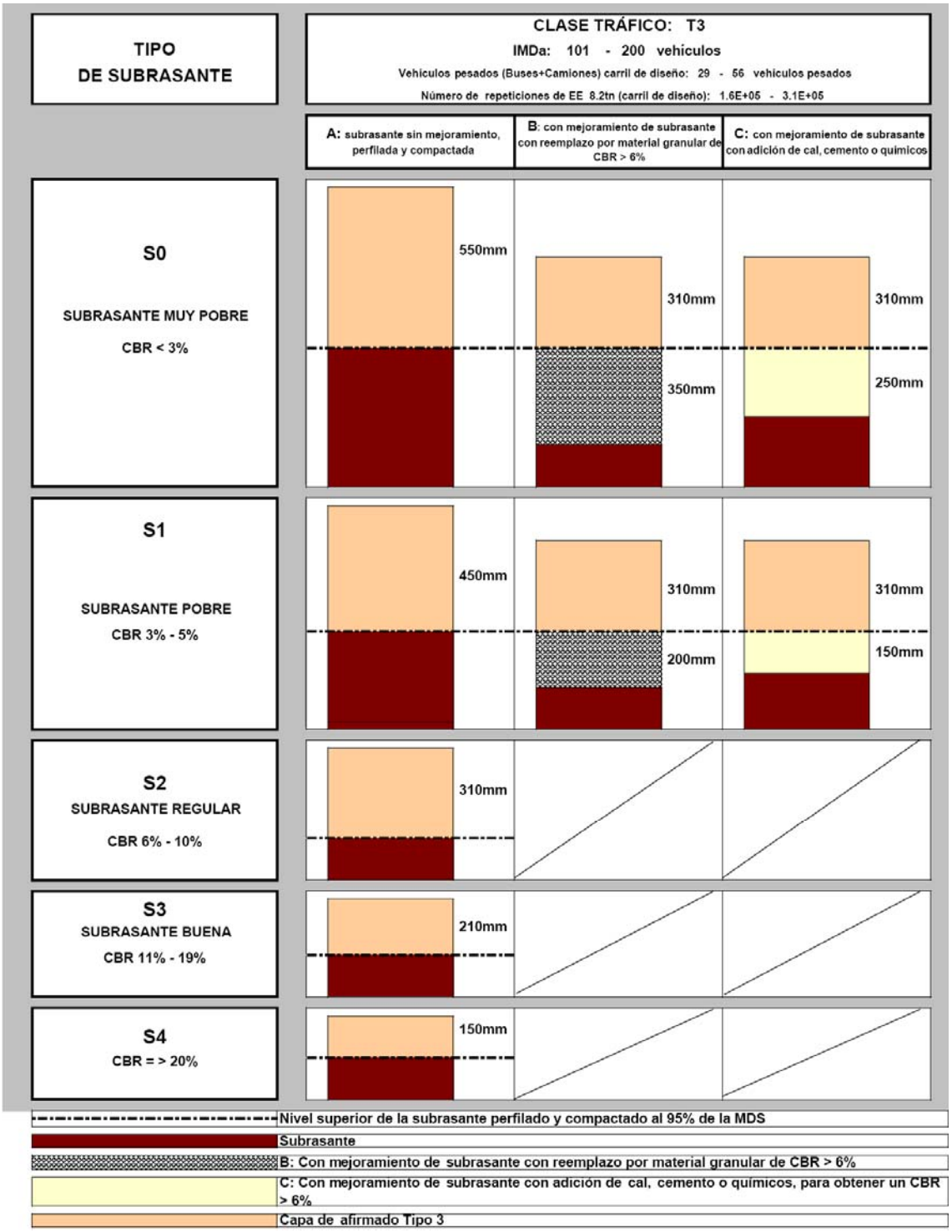
TRÁFICO T2



Nota: En caso se requiriese proteger la superficie de las carreteras, podrá colocarse una capa protectora, que podría ser una imprimación reforzada bituminosa; o una estabilización con cloruro de sodio (sal), magnesio u otros estabilizadores químicos.

CATÁLOGO DE CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR

TRÁFICO T3



Nota: En caso se requiriese proteger la superficie de las carreteras, podrá colocarse una capa protectora, que podría ser una imprimación reforzada bituminosa; o una estabilización con cloruro de sodio (sal), magnesio u otros estabilizadores químicos.

5.5 MATERIALES Y PARTIDAS ESPECIFICAS DE LA CAPA GRANULAR DE RODADURA

5.5.1 CAPA DE AFIRMADO

El material a usarse varía según la región y las fuentes locales de agregados, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizará como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica obligatoria en la carretera afirmada.

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, el afirmado será pobre.

El afirmado requiere de un porcentaje de piedra para soportar las cargas. Asimismo necesita un porcentaje de arena clasificada, según tamaño, para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa y, obligatoriamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

Hay dos principales aplicaciones en el uso de afirmados: Su uso como superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas o su uso como capa inferior granular o como colchón anticontaminante.

Como superficie de rodadura, un afirmado sin suficientes finos está expuesto a perderse porque es inestable. En construcción de carreteras, se requiere un porcentaje limitado pero suficiente de materiales finos y plásticos que cumplan la función de aglutinar para estabilizar la mezcla de gravas.

Un buen afirmado para capa inferior, tendrá mayor tamaño máximo de piedras que en el caso de la capa de superficie y muy poco porcentaje de arcillas y de materiales finos en general. La razón de ello es que la capa inferior debe tener buena resistencia para soportar las cargas del tránsito y, además, debe tener la cualidad de ser drenante.

Gradación de los materiales de la capa de afirmado

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada. En general, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Es recomendable que las piedras tengan caras fracturadas o aristas y superficies rugosas. Su comportamiento es mucho mejor que la piedra lisa redondeada o canto rodado, dándole a la capa de afirmado resistencia y estabilidad bajo las cargas actuantes.

Gravas procedentes de bancos que contienen piedras fracturadas naturalmente son consideradas como muy buenos materiales. En todo caso, se podrán obtener mejores resultados procesando el material por trituración. Esto significa que un buen porcentaje de las piedras tendrán caras fracturadas por proceso de la trituración, lográndose mejores propiedades de resistencia y estabilidad de la capa de afirmado.

Es muy importante indicar que todas las gravas no son iguales, por lo que la calidad verdadera debe ser determinada efectuando ensayos y dosificaciones de los materiales que constituyen el afirmado. Esto asegurará que la dosificación puesta en obra sea la adecuada.

Se distinguen cuatro tipos de afirmado y su espesor y aplicación estará en función del IMD, según el catálogo de revestimiento granular (Acápite 5.4)

La capa del afirmado estará adecuadamente perfilada y compactada, según los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos del proyecto.

Afirmado tipo 1: Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo, con un índice de plasticidad hasta 9. Excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. El espesor de la capa será el definido en el presente Manual para el Diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clases T0 y T1, con IMD proyectado menor a 50 vehículos día.

Afirmado tipo 2: Corresponde a un material granular natural o de grava seleccionada por zarandeo, con un índice de plasticidad hasta 9. Excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clase T2, con IMD proyectado entre 51 y 100 vehículos día.

Afirmado tipo 3: Corresponde a un material granular natural o grava seleccionada por zarandeo o por chancado, con un índice de plasticidad hasta 9. Excepcionalmente se podrá incrementar la plasticidad hasta 12, previa justificación técnica. Se utilizará en las carreteras de bajo volumen de tránsito, clase T3, con IMD proyectado entre 101 y 200 vehículos día.

Para cada tipo de afirmado le corresponderá una granulometría:

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	**TRÁFICO T0 Y T1: TIPO 1 IMD<50 VEH.**	**TRÁFICO T2: TIPO 2 51 - 100 VEH.**	**TRÁFICO T3: TIPO 3 101 – 200 VEH.**
50 mm (2”)	100	100	
37.5 mm (1 ½”)		95 – 100	100
25 mm (1”)	50 – 80	75 – 95	90 – 100
19 mm (3/4”)			65 – 100
12.5 mm (1/2”)			
9.5 mm (3/8”)		40 – 75	45 – 80
4.75 mm (Nº 4)	20 – 50	30 – 60	30 – 65
2.36 mm (Nº 8)			
2.00 mm (Nº 10)		20 – 45	22 – 52
4.25 um (Nº 40)		15 – 30	15 – 35
75 um (Nº 200)	4 – 12	5 – 15	5 – 20
Índice de plasticidad	**4 - 9**	**4 - 9**	**4 - 9**

Para el caso del porcentaje que pasa el tamiz 75 µm (N° 200), se tendrá en cuenta las condiciones ambientales locales (temperatura y lluvia), especialmente para prevenir el daño por la acción de las heladas, en este caso será necesario tener porcentajes más bajos al porcentaje especificado que pasa el tamiz 75 µm (N° 200), por lo que el proyectista especificará los porcentajes apropiados.

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles : 50% máx. (MTC E 207)
- Límite líquido : 35% máx. (MTC E 110)
- CBR (1) : 40% mín. (MTC E 132)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y una penetración de carga de 0.1" (2.5 mm)

Muy importante es el índice de plasticidad que podrá llegar hasta un máximo de 12 y no debe ser menor de 4. La razón es que la capa de rodadura en su superficie necesita un mayor porcentaje de material plástico y las arcillas naturales le darán la cohesión necesaria y por lo tanto una superficie cómoda para la conducción vehicular. Esto puede ser crítico durante el período seco, pues necesitará riego de agua. En cambio, durante período húmedo, en la superficie pueden aparecer pequeñas huellas que después de la lluvia rápidamente se secarán y endurecerán, por efecto del sol y el viento. En cambio, si la capa de afirmado presenta una gran cantidad de finos plásticos, esta grava causará problemas si es que la humedad llega a este nivel pues esta capa inferior perderá resistencia y estabilidad, causando ahuellamiento profundo o la falla total de la capa granular de rodadura.

En el caso de que se tuvieran materiales con índice de plasticidad fuera del rango 4-12%, se estudiará el empleo de un tratamiento superficial, como la imprimación reforzada bituminosa, estabilización con cal, cemento, cloruros de sodio (Sal) o magnesio u otros estabilizadores químicos con la finalidad de mantener y/o prolongar la vida útil de la carretera.

Para la dosificación y mezcla del material para afirmado, se tendrá como referencia y punto de partida las gradaciones que recomienda la especificación técnica EG-CBT 2008, sección 302B.

Es a partir de esta especificación que se efectúan los ensayos y dosificaciones hasta conseguir un material de afirmado de buena calidad. De ser el caso, se establecerán las diferencias que sustenten una especificación especial, como variante de la EG-CBT 2008, sección 302B.

<u>Uso del material de la carpeta asfáltica fresada como capa de grava</u>

Cuando en las obras de rehabilitación de las carreteras pavimentadas se retiren carpetas de concreto asfáltico, se podrá utilizar este material en las carreteras de bajo volumen de tránsito, reciclando este material como parte de la mezcla dosificada de la capa de grava, previo proceso de trituración o zarandeo para limitar el tamaño de las partículas; resultando una buena superficie, en la que la porción bituminosa de la mezcla actuará como ligante.

Para un mejor resultado esta capa de grava con material asfáltico reciclado debe tener como mínimo, un espesor compactado de 75 mm. Esta alternativa constructiva sólo se aplicará en carreteras cuya subrasante tenga un CBR > 10%.

Una mejor opción será mezclar el material asfáltico reciclado en una proporción 50/50 con grava natural. Se logrará así un material con buenas características ligantes que podrá ser trabajable mediante operaciones de perfilado.

Sobre estas capas de material asfáltico reciclado se podrá colocar una capa de protección de imprimación bituminosa reforzada.

Manipuleo y colocación del material de afirmado

En relación a la obtención y manipuleo de los materiales en las canteras o fuentes de materiales es muy importante que, antes de comenzar a procesar el material, se retire la capa de tierra vegetal y la vegetación de la superficie pues ésta contiene materia orgánica que no es buena para la superficie de la carretera.

Generalmente toda cantera o fuente de material tiene variaciones en las capas de revestimiento granular a explotar, pues se presentan capas aparentemente muy uniformes pero cambian repentinamente con bolsones de un material diferente y esto afecta la gradación total de la grava. Por eso es importante el conocimiento e investigación de las fuentes de materiales para conseguir una correcta explotación y una buena mezcla desde el comienzo del proceso.

Otro de los problemas es la segregación del material durante el proceso. Cuando ocurre esto, las partículas de gran tamaño tienden a juntarse hasta conseguir aislarse, en vez de mezclarse con el resto del material. Esta situación provocará la inconsistencia del material así como dificultad en su compactación. Las zonas superficiales que contienen una cantidad inusual de partículas gruesas presentarán una condición suelta e inestable, mientras que otras zonas presentarán exceso de finos que provocarán ahuellamientos profundos durante el período de lluvias.

Cuando un material apilado se segrega, una opción será utilizar la motoniveladora y volver a mezclar el material hasta homogenizarlo y luego extenderlo en capas uniformes sobre la carretera, este procedimiento reducirá el problema de segregación.

Cuando el afirmado tenga que ser colocada sobre la carretera, es importante que la superficie se encuentre en buenas condiciones, sin problemas de drenaje e imperfecciones sobre la superficie, como ahuellamientos, baches, desniveles, etc., Todos estos problemas deben ser eliminados hasta formar correctamente la sección transversal de la carretera. Entonces, el material de afirmado se puede colocar en un espesor uniforme y en el futuro será más fácil su mantenimiento. En caso de que la superficie de la carretera sea lisa y este endurecida, se deberá escarificar ligeramente la superficie para conseguir una buena adherencia con el nuevo material. Esta es la única manera que una capa uniforme de afirmado nueva puede ser colocada.

El comportamiento de la capa de afirmado dependerá en gran parte de su ejecución, especialmente de la compactación que se le haya dado. La compactación reducirá los vacíos y aumentará el número de puntos de contacto entre partículas y el correspondiente rozamiento. La capa de afirmado debe ser compactada, por lo menos al 100% de la densidad máxima, determinada según el método AASHTO T180.

Otro aspecto importante lo constituye el perfilado. En cuanto a la conformación del bombeo y peraltes, cualquier defecto en el mismo constituye un impedimento para el drenaje superficial del agua de las lluvias.

No obstante, es necesario indicar que el comportamiento de una superficie de afirmado no tendrá en ningún caso un comportamiento similar a las superficies

pavimentadas. Siempre habrá algunas pérdidas de agregados en virtualmente todas las carreteras de afirmado, por lo que se debe evaluar la necesidad de colocar capas de protección o estabilizaciones, según lo permitan los presupuestos de construcción y/o mantenimiento y la disponibilidad de materiales en la zona.

Durante el trabajo de colocación de la capa de afirmado, se colocarán los dispositivos de control de tránsito de acuerdo a lo establecido en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

5.5.2 MACADAM GRANULAR

El macadam granular es la capa obtenida por compactación de agregados gruesos, distribuidos de manera uniforme, cuyos vacíos son rellenados con material de granulometría más fina, primero en seco, y después con ayuda de agua. Se coloca sobre una cama de asiento conformada por arena y como capa superficial se coloca material de afirmado tipo 1. La estabilidad de la capa se obtiene a partir de la acción mecánica de la compactación.

Los trabajos consisten en el suministro de materiales, carga, transporte, descarga de los materiales, agua, mano de obra y equipos adecuados para la correcta ejecución de los trabajos a fin de tener un control de calidad del macadam granular de acuerdo con las normas y los detalles ejecutivos de proyecto.

Capas del macadam granular

1. Cama de asiento del macadam granular

   El agregado para la cama de asiento debe presentar una de las granulometrías siguientes:

MALLA	% EN PESO QUE PASA	
	I	II
19.0mm. (3/4”)	100	-
12.50mm. (1/2”)	80 – 100	-
9.5mm. (3/8”)	70 – 100	-
4.80mm. (Nº4)	45 – 100	100
2.0mm. (Nº10”)	25 – 65	55 – 100
0.42mm. (Nº40)	10 – 30	25 – 100
0.074mm. (Nº200)	0 - 8	0 - 12

   Aparte de los requerimientos granulométricos, la cama de asiento debe estar formada por fragmentos duros, limpios, durables, libres de exceso de partículas laminares o alargadas de fácil desintegración cuando, al ser sometidos a las pruebas de durabilidad con solución de sulfato de sodio, en cinco ciclos, presenten pérdidas inferiores al 18%. El material retenido por la malla de 2.0mm. (No. 10) y sometido a la prueba de desgaste no deberá ser superior al 45%.

   Colocación de la cama de asiento

   (a) La superficie de la capa de subrasante, debe estar limpia y con un buen acabado para poder recibir la cama de asiento.

(b) Se colocará una cama de asiento cuya ejecución tiene por objeto evitar que el agregado grueso ingrese en la capa de subrasante y que los finos de la subrasante penetren y contaminen la capa macadam granular. El extendido de la cama de asiento debe hacerse con la utilización de la motoniveladora, su acomodo se efectuará por compresión del rodillo neumático o estático liso, en no más de dos pasadas de cada equipo.

2. Capa de agregados gruesos

El agregado grueso debe estar formado por piedra natural o triturada y que cumpla con una de las granulometrías indicadas en la tabla siguiente:

MALLA	% EN PESO QUE PASA		
	I	II	III
100mm (4")	100	-	-
90mm (3 1/2")	90 – 100	-	-
76mm (3")	-	100	-
64mm (2 ½")	25 – 60	90 – 100	100
50mm (2")	-	35 – 70	90 – 100
38mm (1 ½")	0 – 15	0 – 15	35 – 70
25mm. (1")	-	-	0 – 15
19mm (3/4")	0 – 5	0 – 5	-
12.5mm (1/2")	-	-	0 – 5

Los agregados gruesos deben cumplir las condiciones generales que se presentan a continuación:

- Los fragmentos deben ser duros, limpios, durables, libres de excesos de partículas laminares, alargadas o frágiles.
- Cuando son sometidas a pruebas de durabilidad, presentar valores iguales o inferiores a 15%.
- El diámetro máximo recomendado debe ser de entre 1/2 y 1/3 del espesor final de la capa ejecutada.
- El agregado retenido por la malla de 2.0mm. (No. 10) no debe tener un desgaste superior al 40%.
- Los agregados de forma laminar, obtenidos en la muestra, no pueden ser superiores al 20%.

Colocación de los agregados gruesos

La ejecución de las capas de agregado grueso se inicia con la carga del material de las áreas de extracción, apilamiento o plantas de trituración. La operación de carga del material se debe hacer con criterio, evitando el material laminar o el exceso de finos.
La colocación de los agregados gruesos debe efectuarse con una motoniveladora o distribuidor de agregados, evitando la segregación del material.

Al terminar la colocación del agregado grueso, se deben retirar los fragmentos alargados, laminares o de tamaño excesivo, visibles en la superficie.

También se debe corregir los puntos que presenten exceso o falta de material, verificar niveles y secciones transversales.

Compactación

La compactación inicial debe hacerse mediante el uso de rodillo liso con un peso de entre 10 y 12 toneladas o rodillo liso vibratorio.

En los tramos en tangente, la compactación partirá siempre de los bordes hacia el eje y en las curvas del borde más bajo hacia el más alto. En cada pasada, el equipo utilizado debe cubrir, por lo menos, la mitad de la pasada de compactación anterior.

Los puntos donde no es posible el acceso de los equipos de compactación, se recomienda la utilización de equipo manual o mecánico.

El valor de la humedad y el grado de compactación seguirá las especificaciones del proyecto y exigencias propias.

No se permite complementar espesores con la adición de finos en la capa.

Cuando se requieran capas con espesores superiores a 15 cm., la ejecución recomendada es en dos capas.

3. Material de relleno de los vacíos

El material de relleno natural estará formado por los finos resultantes de la trituración de la piedra o por arena, conforme a la granulometría indicada en la tabla siguiente:

MALLAS	% EN PESO QUE PASA	
	A	B
19 mm(3/4")	100	-
12.5 mm (1/2")	85 - 100	-
9.5 mm (3/8")	-	100
4.75 mm (No. 4)	-	85 - 100
0.15 mm (No. 100)	10 -30	10 -30

La granulometría tipo A, debe ser utilizada para el material de relleno de agregado grueso de granulometría tipo I. La granulometría tipo B del material de relleno, debe ser utilizada en conjunto con el material de agregado grueso tipo II y III.

Los materiales de relleno que pasen la granulometría, estarán formados por fragmentos duros, limpios, durables, libres de exceso de partículas laminares, alargadas o de fácil desintegración y ausentes de materiales contaminantes. Cuando sean sometidos a la prueba de durabilidad con solución de sulfatos de sodio en cinco ciclos, no deben presentar pérdidas iguales o superiores al 18%. El material pasado por la malla de 2.0mm. (No. 10) no debe exhibir desgaste en la prueba de abrasión Los Ángeles superior a 40%. El equivalente de arena debe ser igual o superior a 40%.

Colocación del material de relleno

El material de relleno, de acuerdo con las granulometrías especificadas de tipo A o B, debe ser extendido manualmente, lo más seco posible, por medio de carretillas manuales o mecánicas.

Cuando ya no es posible la penetración de los materiales de relleno en seco, es necesario humedecer la capa, nivelar y compactar el material de relleno.

La operación de humedecimiento y la aplicación de material, deben repetirse hasta que se forme una masa estable y compacta delante del rodillo.

Finalmente, la superficie humedecida quedará limpia y compactada con el rodillo liso vibratorio.

4. Capa de rodadura

Los requerimientos de construcción de la capa de rodadura estarán constituidos por el material correspondiente al afirmado tipo 1 y deben satisfacer los requisitos establecidos en la sección 302B. Afirmado.

El espesor mínimo de la capa de rodadura será de 100 mm.

5.5.3 ESTABILIZACIONES

La capacidad portante o CBR de los materiales de las capas de subrasante y del afirmado, deberá estar de acuerdo a los valores de diseño, no se admitirán valores inferiores.

En consecuencia, sí los materiales a utilizarse en la carretera no cumplen las características generales previamente descritas, se efectuará la estabilización correspondiente del suelo.

La estabilización de un suelo, es un proceso que tiene por objeto mejorar su resistencia, su durabilidad, su insensibilidad al agua, etc. De esta forma, se podrán utilizar suelos de características marginales como subrasante o en capas inferiores de la capa de rodadura y suelos granulares de buenas características, pero de estabilidad insuficiente (CBR menor al mínimo requerido) en la capa de afirmado.

La estabilización puede ser granulométrica o mecánica, conformada por mezclas de dos o más suelos de diferentes características, de tal forma que se obtenga un suelo de mejor granulometría, plasticidad, permeabilidad o impermeabilidad, etc. También la estabilización se realiza mediante aditivos que actúan física o químicamente sobre las propiedades del suelo. Entre los más utilizados están la cal y el cemento, pero también se emplean cloruro de sodio (Sal), cloruro de magnesio, asfaltos líquidos, escorias y productos químicos. La aplicación de estos últimos estará de acuerdo a la norma MTC 1109-2004 Norma Técnica de Estabilizadores Químicos.

El grado de estabilización depende del tipo de suelo, del aditivo utilizado, de la cantidad añadida, y muy especialmente de la ejecución.

La técnica de estabilización de suelos se aplicará utilizando materiales granulares locales y el material estabilizador que permita una solución más económica sobre otras alternativas.

Se considera que dentro de los métodos más prácticos desde el punto de vista de su aplicación son los que a continuación se indican:

5.5.3.1 Capa superficial del afirmado.
5.5.3.2 Estabilización granulométrica.
5.5.3.3 Estabilización con cal.
5.5.3.4 Estabilización con cemento.
5.5.3.5 Imprimación reforzada bituminosa.

A continuación se presenta una breve descripción no limitativa, de cada una de las estabilizaciones anteriormente mencionadas.

5.5.3.1 Capa superficial del afirmado

La colocación de la capa superficial del afirmado es opcional, pero de colocarse el espesor de esta capa se deducirá del espesor total calculado para la capa de afirmado. El espesor de la capa superficial del afirmado, no será menor al mínimo constructivo de 100mm.

Un buen material para capa superficial de afirmado deberá estar constituido principalmente de grava triturada y arena gruesa con partículas más finas para llenar los vacíos y una porción pequeña de arcilla para actuar como ligante.

El material debe ser de buena estabilidad, resistente a la abrasión. No permitir el levantamiento de polvo que provoque un mínimo desgaste de neumáticos, económico y de fácil mantenimiento.

Diversos tipos de materiales son convenientes como capa superficial del afirmado, como los agregados triturados que al mezclarse con otros materiales locales proporcionan una distribución y características de tamaño necesarias para la construcción apropiada de la capa superficial del afirmado.

El CBR de la capa superficial debe ser mayor de 40%, siendo deseable que sea de 60% para los casos de excesivo tráfico de vehículos pesados (omnibuses y camiones).

Los agregados pueden clasificarse en tres categorías:
1. Agregados con deficiencia de finos.
2. Agregados con suficiente cantidad de finos.
3. Agregados con exceso de finos.

Estas tres clases se pueden utilizar como materiales de la capa superficial del afirmado, pero necesitan ser modificados con la adición de otros materiales.

Los agregados que son deficientes en finos se les pueden añadir materiales finos de fuentes locales tales como arenas, limos o arcillas. Las arcillas pueden ser utilizadas con los agregados de la capa superficial del afirmado, especialmente en zonas particularmente secas, porque proporcionan una capa de rodadura excelente para el afirmado. Sin embargo, puede haber problemas por excesiva humedad.

Los agregados con suficiente cantidad de finos se deben utilizar directamente para la capa superficial del afirmado sin necesidad de modificación.

Los agregados con exceso de finos pueden ser utilizados incorporando otros agregados con poco contenido de finos, se mezclan hasta homogenizar el producto y obtener la cantidad de finos necesarios. El material a incorporar debe ser deficiente en finos de modo que cuando se combine con el material original se obtenga la distribución granulométrica apropiada.

Tal como se indicó, los agregados para la capa superficial del afirmado deben ser de alta resistencia y con una granulometría bien gradada, para que la mayoría de los vacíos sean llenados y la compactación requerida, 100% de la MDS, sea obtenida.

Una capa superficial del afirmado correctamente diseñada con los materiales adecuados, permitirá obtener una excelente superficie de rodadura en las carreteras de bajo volumen de tránsito.

La siguiente tabla incluye cuatro alternativas de distribución granulométrica para la capa superficial del afirmado y los requisitos de plasticidad:

Capa superficial del afirmado tamiz	Porcentaje que pasa		
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
19 mm (3/4")	100	100	
12.5 mm (1/2")			
9.5 mm (3/8")	60 – 100		100
4.75 mm (Nº 4)	50 – 85	50 – 78	55 – 100
2.36 mm (Nº 8)		37 – 67	
2.00 mm (Nº 10)	40 – 70		50 – 80
4.25 um (Nº 40)	25 – 45	13 – 35	25 – 45
75 um (Nº 200)	5 - 20	4 - 15	6 - 20

Nota 1. Los porcentajes del material que pasan el tamiz 75 µm (N° 200), deben estar en el extremo inferior de la escala, para los casos de climas fríos o agua subterránea alta o precipitación alta.
Nota 2. Si la capa superficial del afirmado no recibirá un tratamiento superficial por varios años, el proyectista debe especificar un mínimo de 8 por ciento que pasa el tamiz 75 µm (N° 200), en lugar de los porcentajes mínimos indicados en la tabla anterior.

Clima	Características de la plasticidad para la capa superficial del afirmado	
	Límite líquido No debe exceder (%)	Rango de plasticidad (%)
Húmedo – lluvioso	35	4 – 9
Árido - Seco	55	15 – 30

5.5.3.2 Estabilización granulométrica

La estabilización granulométrica consiste en mezclar dos o más suelos para obtener un material de características admisibles para ser utilizado como subrasante o como afirmado. En general, se deben utilizar materiales locales a fin de optimizar los costos de preparación y de transporte.

Normalmente uno de los suelos es el natural de la subrasante y el otro es el de aporte para mejorar sus propiedades. Por ejemplo, se puede añadir a un suelo granular sin

finos, otro de grano fino y cierta plasticidad, a fin de obtener una mezcla de mayor cohesión, más fácil de compactar, más impermeable y en suma más estable.

En general, las propiedades de un suelo estabilizado granulométricamente se controlan con ensayos de laboratorio sencillos como son la determinación de la distribución granulométrica (tamizado) del límite líquido y del límite plástico. Para suelos granulares y finos, se utilizará el ensayo AASHTO T27 (ASTM C136), el ensayo AASHTO T11 para materiales finos obtenidos por lavado sobre la malla N°200 (ASTM C 117) y si se espera tener una mezcla con una apreciable cantidad de material que pasa la malla N° 200 se podrá utilizar el ensayo AASHTO T88 (ASTM D 422).

5.5.3.3 Estabilización con cal

El suelo-cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua. La cal que se utiliza se compone fundamentalmente de óxido cálcico (cal viva), obtenido por calcinación de materiales calizos, o hidróxido cálcico (cal apagada). Estas cales se llaman también aéreas por la propiedad que tienen de endurecerse en el aire, una vez mezcladas con agua, por acción del anhídrido carbónico.

La experiencia demuestra que los productos de la hidratación del cemento pueden ser reproducidos combinando dos o más componentes primarios de este producto como: Ca O, Si 02, Al_2O_3 y FC_2O_3 en las proporciones adecuadas y en presencia de agua.
Como la mayoría de los suelos contienen sílice y aluminio silicatos, la incorporación de cal anhidra (Ca O) o de cal hidratada (Ca (OH)2) y agua en cantidad apropiada se puede obtener la composición deseada.

Al mezclar el suelo con la cal, se produce una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, seguida de otra muy lenta de tipo puzolánico, con formación de nuevos productos químicos. La sílice y alúmina de las partículas del suelo se combinan con la cal en presencia de agua para formar silicatos y aluminatos cálcicos insolubles.

Uno de los efectos más importantes de la cal en el suelo es el de cambiar apreciablemente su plasticidad. Con suelos de baja plasticidad (IP < 15), aumentan tanto el LL como el LP, y también muy ligeramente su IP. En cambio, en los suelos de plasticidad media y elevada (IP > 15) disminuye el IP.

También aumenta la humedad óptima de compactación, lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural, que de otro modo no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos.

Los suelos más apropiados para estabilizar con cal son los de granulometría fina de cierta plasticidad.

En cortes e incluso en terraplenes, donde se evidencien suelos arcillosos, resulta conveniente mejorar el suelo con un pequeño porcentaje de cal para proteger la explanación y formar una plataforma para la construcción de la capa de rodadura.

El suelo se vuelve más friable y granular. Al aumentar su límite plástico y humedad óptima de compactación permite su puesta en obra con mayor facilidad.

Es frecuente que la mezcla se realice en dos fases, con un período intermedio de reacción de 1 - 2 días. La aplicación más usual de las estabilizaciones con cal es en

subrasantes y como capa de rodadura, en zonas de suelos arcillosos y/o con canteras de materiales granulares lejanos.

La National Lime Association resume las propiedades que se obtienen después de una estabilización o mejoramiento con cal, en lo siguiente:

i. Reducción del índice de plasticidad, debido a una reducción del límite líquido y a un incremento del límite plástico.
ii. Reducción considerable del ligante natural del suelo por aglomeración de partículas.
iii. Obtención de un material más trabajable y fiable como producto de la reducción del contenido de agua en los suelos (rotura fácil de grumos).
iv. La cal ayuda a secar los suelos húmedos lo que acelera su compactación.
v. Reducción importante del potencial de contracción y del potencial de hinchamiento.
vi. Incremento de la resistencia a la comprensión simple de la mezcla posterior al tiempo de curado alcanzando en algunos casos hasta un 40% de incremento.
vii. Incremento de la capacidad portante del suelo (CBR).
viii. Incremento de la resistencia a la tracción del suelo.
ix. Formación de barreras impermeables que impiden la penetración de aguas de lluvia o el ascenso capilar de aguas subterráneas.

La experiencia americana ha demostrado que una estabilización con cal tiene excelentes resultados, en los siguientes casos:

a) Materiales compuestos por mezclas de grava y arcilla para su uso como capa granular superficial con una incorporación de 2 a 4% de Ca (OH)2 en peso.
b) Suelos altamente arcillosos para usarlos como capa granular superficial (5 a 10% de cal en peso) o como capa inferior (1 a 3% de cal en peso).

5.5.3.4 Estabilización con cemento

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto. El contenido óptimo de agua se determina por el ensayo proctor como en la compactación de suelos.

Las propiedades del suelo-cemento dependen de:
i. Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.
ii. Ejecución.
iii. Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los granulares tipos A-1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja o media (LL < 40, IP < 18).

La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente y su densidad máxima y humedad-óptima aumenta o disminuyen ligeramente, según el tipo de suelo.

La dosificación de cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, según lo siguiente:

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3 – 5
A-1-b	5 – 8
A – 2	5 – 9
A – 3	7 – 11
A – 4	7 – 12
A – 5	8 – 13
A – 6	9 – 15
A – 7	10 - 16

Fuente: Federal Highway Administration (FHWA)

Los suelos mejorados con cemento, constituyen un material semi endurecido, pues la proporción de cemento no suele ser superior al 3% en peso de los suelos. En este caso, sólo se pretende mejorar las propiedades de un suelo para que sea adecuado como subrasante de una capa de rodadura.

Es conveniente que la compactación se inicie cuando la humedad in situ sea la prescrita y en todo caso, en menos de una hora a partir del mezclado, y se debe terminar entre 2 y 4 horas, según las condiciones atmosféricas. A nivel de subrasante, se exige un grado de compactación mínimo 95% según AASHTO T180 en la capa de afirmado el mínimo es de 100%.

ESQUEMA DE LA EJECUCIÓN DE LAS ESTABILIZACIONES DE SUELOS

El suelo a estabilizar debe ser escarificado y pulverizado con anterioridad a la mezcla, la misma que se realizará in situ.

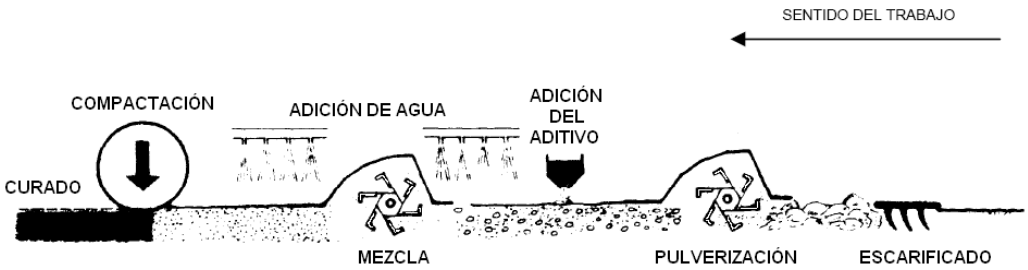
Se distribuirá el aditivo y el agua sobre el suelo extendido de la forma más uniforme posible. La mezcla puede realizarse con motoniveladora y se darán las pasadas y vueltas necesarias hasta conseguir una mezcla intima de los materiales. También es posible realizar estabilizaciones con distribución manual y maquinaria agrícola.

Una vez extendida la mezcla uniformemente se procede a su compactación a contenido óptimo de agua.

Para la compactación de suelos, la elección del equipo es un problema de eficacia y de rendimiento. Con suelos finos de cierta cohesión, se utilizarán preferentemente rodillos de pata de cabra y de neumáticos, mientras que los granulares podrían compactarse con rodillos vibratorios, de neumáticos, lisos, etc.

La compactación será enérgica hasta alcanzar las densidades especificadas, en general no inferiores al 95% ó 100% del proctor modificado.

A continuación se procederá al curado para que el producto colocado adquiera sus propiedades definitivas y, en todo caso, se esperará a extender la capa superior o dar el tráfico cuando el material haya alcanzado la suficiente resistencia.



Esquema de la ejecución de una estabilización por mezcla in situ

FIGURA V.1

5.5.3.5 Imprimación reforzada bituminosa

Se denomina imprimación reforzada bituminosa, al tratamiento superficial a penetración directa sobre la plataforma existente de una carretera de afirmado, la que previamente ha sido desagregada y acondicionada para facilitar un mayor descenso del líquido asfáltico de curado medio que se aplica en dos etapas, procediendo entre ambos riegos a la compactación de la capa superficial con o sin humedecimiento previo, según se considere necesario.

En el cuadro de la figura V.2, se ilustra las secuencias del progreso, así, se obtiene una capa de rodadura sumamente estable y donde el líquido asfáltico penetra más de media pulgada, resistiendo a las solicitaciones de tránsito y conformando una superficie altamente impermeable.

La superficie asfáltica resulta altamente flexible y, como tal, se acomoda mejor a las deformaciones de la plataforma que cubre. No obstante, es necesario que la carretera tenga adecuadas condiciones de drenaje superficial y subdrenaje, puesto que la inestabilidad que se origine también afectará a la superficie de rodadura.

Esta técnica, también, se podrá usar en una carretera de tierra que reúna las condiciones de drenaje y un valor soporte adecuado, asegurando un mejoramiento de la transitabilidad.

Independientemente a los efectos de las condiciones ambientales de cada región, la respuesta y duración de la imprimación reforzada estarán sujetas a los siguientes factores:

i. Dureza, gradación y aporte friccional del material a tratar.
ii. Afinidad del agregado con el líquido asfáltico.
iii. Espesor de la capa imprimada en relación con su estructura friccional.
iv. Calidad del drenaje existente.
v. Calidad de la ejecución, de manera que se respeten las dosificaciones, materiales, tiempos y utilización de equipos de acuerdo a las condiciones preestablecidas.

CROQUIS
ETAPAS DE EJECUCIÓN DE LA IMPRIMACIÓN REFORZADA

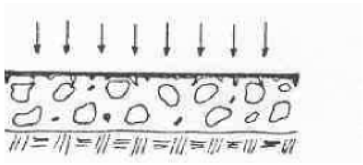
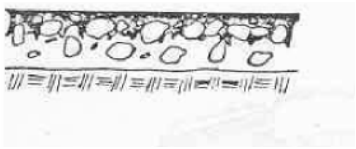
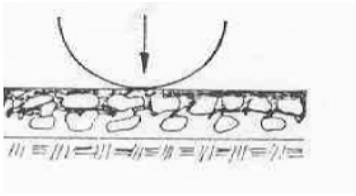
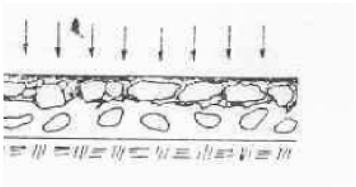
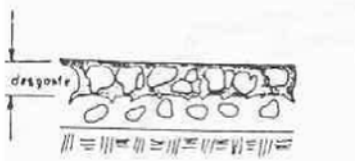
	Parte superior de la carretera desagregada parcialmente por escarificado o por corresponder a un suelo incorporado.
	Primera aplicación del asfalto diluido.
	Riego de agua a las 48 horas.
	Compactación con rodillo liso muy liviano de la capa superior con asfalto incorporado y de la inferior de contacto humedecida.
	Segunda aplicación del asfalto diluido para rellenar los intersticios superficiales y asegurar la impermeabilidad.
	Aplicación de arena de sellado a las 24 y 48 horas de la segunda aplicación asfáltica para impedir la adherencia al paso del tránsito.

FIGURA V.2

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

La imprimación reforzada bituminosa se aplicará como superficie de rodadura, sobre la capa de afirmado sin tratar o tratada con cal o cemento. No obstante, el método tiende a aprovechar el material existente en la plataforma.

ETAPAS

1ª Escarificado y perfilado: Con la motoniveladora se procede a escarificar los 4 ó 5 cm superiores conformando una caja sobre la que se aplica un riego de agua y luego se extiende el material removido al que se le da el perfilado correspondiente. La figura V.3, esquematiza esta parte del proceso.

Cuando se aproveche la capa superior de la plataforma existente y se presenten en la plataforma partículas de gran tamaño que dificultan el raspado con la motoniveladora, se recomienda proceder a la regularización del perfil mediante la incorporación de material de granulometría y tamaño máximo adecuados, determinando éste último el espesor de la capa, el que en ningún caso deberá ser inferior a la penetración que se prevé para el diluido.

Cuando la plataforma se presente muy firme y compacta, se recomienda un humedecimiento previo para aflojar la superficie.

2ª Primer riego: Luego del perfilado que será prolijo evitando la segregación, se hace una pasada de rodillo liso muy liviano para uniformizar la superficie y se procede a aplicar el primer riego con un asfalto líquido, como el MC-30 o el RC-250, calculando la velocidad del distribuidor de modo de estar en una dosificación de 1.7 a 2.0 lt por metro cuadrado para asegurar una penetración que exceda el centímetro (aprox. 13mm). Se sugiere, para ello, ensayar previamente en tramos cortos para comprobar hasta donde desciende el asfalto líquido.

3ª Luego del primer riego, se dejarán transcurrir un mínimo de 48 horas sin tránsito para permitir la penetración asfáltica y luego se regará con agua, si es que se considera necesario, para humedecer la parte inferior de la capa suelta donde no llegó el asfalto líquido. Así se hace más eficiente el posterior compactado con rodillo liso y luego con el neumático con los que se alcanzará la densidad final (4ª Etapa).

Sí dentro de las 48 horas del primer riego se presentan lluvias, es recomendable proceder a compactar la capa imprimada para cerrarla y con ello evitar un exceso de humedad que pueda afectar a la plataforma. Si no se logra esto, será necesario demorar el proceso hasta que esa humedad se evapore o sea absorbida por las capas inferiores, de modo que se restablezca la estabilidad.

Luego de las 48 horas se comprueba, al tacto, la adhesividad del riego, así como cuánto penetró el asfalto líquido y la humedad inferior de la capa.

4ª De ser necesario, se aplica un riego adicional de agua y luego de una hora se procede a una compactación con rodillo vibratorio, siendo la primera pasada sin carga dinámica. Ello siempre que no haya adhesión con el rodillo o se disponga de un equipo autopropulsado con barra rociadora para humedecer el rodillo. De lo contrario, se procederá de una de las dos maneras siguientes:

a) Si se ha comprobado una efectiva penetración del diluido, se extenderá una fina capa de arena natural o de trituración para impedir la adherencia del

rodillo, procediendo luego a la compactación ligera con el rodillo vibratorio liso y luego con el neumático.

b) Si la penetración es deficiente, debe demorarse la entrada del equipo de compactación para dar tiempo a la penetración y luego se procede como en el caso a).

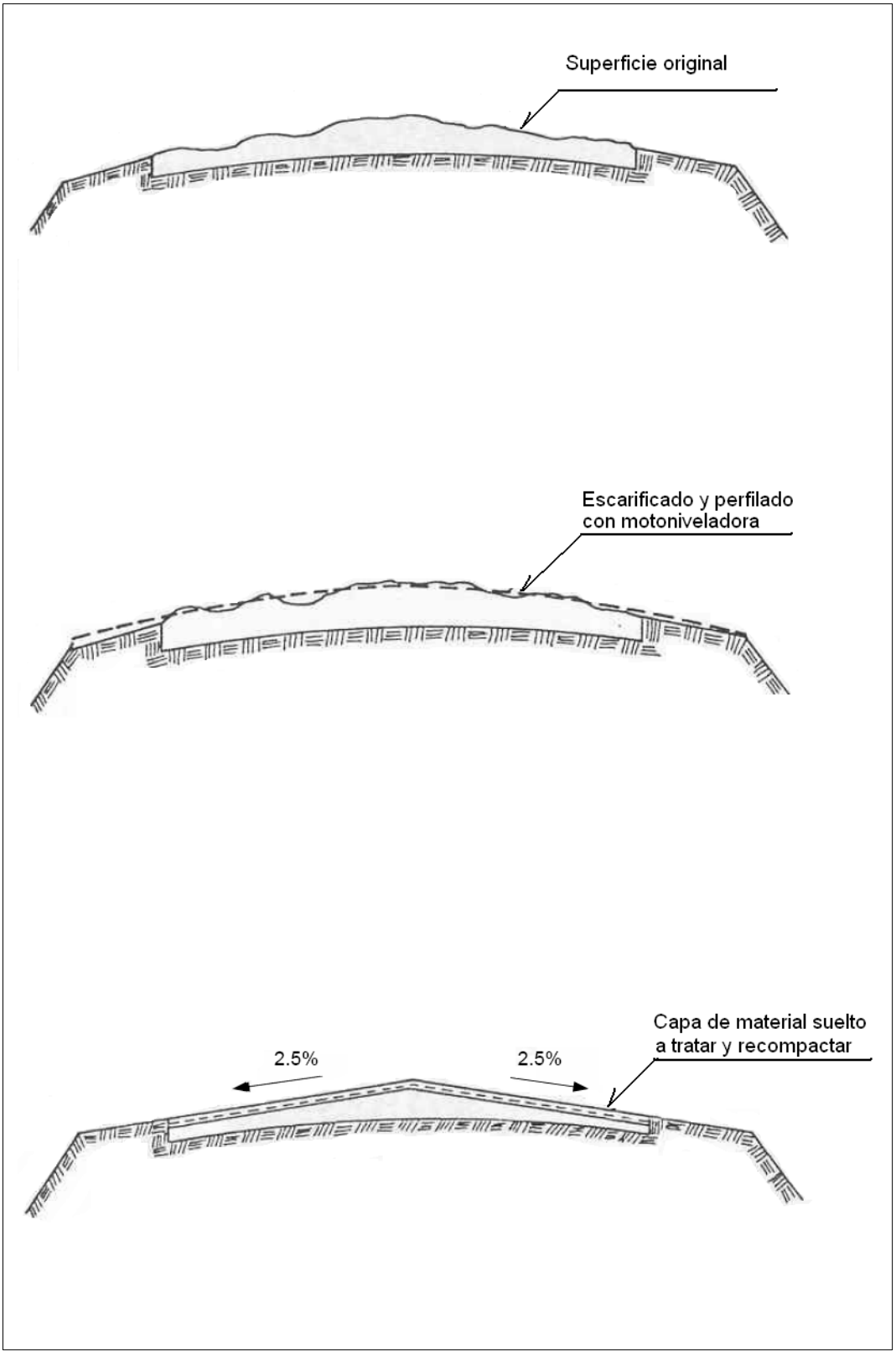
5ª Completada la compactación, se aplicará el segundo riego de MC-30 o RC-250, a razón de 0.5 a 0.6 lt./m^2, (previa evaluación y análisis del requerimiento) corrigiendo antes toda imperfección que se notase. Este riego final también se dejará curar 48 horas, tras lo cual se barrerá todo exceso de asfalto acumulado y procederá a la distribución de arena natural o friccional (2 a 3 lt/m^2), no mayor de 5mm, y cuya finalidad será absorber el asfalto aún fresco e impedir que se adhieran los neumáticos de los vehículos.

Finalmente, se procede al rodillado intenso con rodillo neumático hasta obtener una superficie sellada que se librará al tránsito.

RECOMENDACIONES PARA EL MANTENIMIENTO DE LA IMPRIMACIÓN REFORZADA

La imprimación reforzada es una alternativa apta, eficiente y económica para carreteras de bajo volumen de tránsito y para su mantenimiento se ejecutarán sellos cada 2 ó 3 años.

FIGURA V.3
PREPARACIÓN DE PLATAFORMA PARA LA IMPRIMACIÓN REFORZADA



5.5.4 PARTIDAS ESPECÍFICAS PARA LA CAPA DE RODADURA

Complementariamente a las partidas indicadas en los acápites anteriores en sus procedimientos constructivos especiales, son de aplicación el Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, en las siguientes partidas:

- **PARA LA PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE (CAPÍTULO 2B MOVIMIENTO DE TIERRAS):**
  Sección 201B (2008) : Desbroce y limpieza.
  Sección 202B (2008) : Demolición y remoción.
  Sección 205B (2008) : Excavación para explanaciones.
  Sección 206B (2008) : Remoción de derrumbes.
  Sección 210B (2008) : Terraplenes.
  Sección 211B (2008) : Pedraplenes.
  Sección 220B (2008) : Preparación y mejoramiento de suelos a nivel de subrasante.
  Sección 230B (2008) : Desquinche de taludes.

- **PARA LAS CAPAS GRANULARES (CAPÍTULO 3B CAPAS DE AFIRMADO, MACADAM GRANULAR, SUELOS ESTABILIZADOS Y OTRAS SUPERFICIES DE RODADURA):**
  Sección 300B (2008) : Disposiciones generales para la ejecución de afirmados, macadam granular, suelos estabilizados y otras superficies de rodadura.
  Sección 301B (2008) : Capa anticontaminante.
  Sección 302B (2008) : Afirmado.
  Sección 306B (2008) : Suelo estabilizado con cemento Portland.
  Sección 307B (2008) : Suelo estabilizado con cal.
  Sección 308B (2008) : Suelo estabilizado con productos químicos y compuestos multienzimáticos orgánicos.
  Sección 309B (2008) : Suelo estabilizado con sal (cloruro de sodio).
  Sección 310B (2008) : Suelo estabilizado con grava.
  Sección 315B (2008) : Imprimación reforzada.
  Sección 320B (2008) : Macadam granular.
  Sección 325B (2008) : Empedrados.
  Sección 330B (2008) : Adoquinados.
  Sección 350B (2008) : Separación de suelo de subrasante y capas granulares con geotextil.

5.6 FUENTE DE MATERIALES - CANTERA

Se efectuará un estudio de canteras - fuentes de materiales para rellenos, capa de afirmado y para obras de concreto hidráulico. Para el caso de canteras que tengan estudios previos, se efectuarán solamente ensayos que confirmen la calidad y potencia de las mismas.

Las canteras serán evaluadas y seleccionadas por su calidad y cantidad (potencia), así como por su menor distancia a la obra. Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio.

El número mínimo de calicatas será de 6 de 3.0 m de profundidad o alternativamente 12 calicatas de 1.5 m de profundidad por hectárea por medio de sondeos, calicatas y/o trincheras. Las muestras representativas de los materiales de cada cantera serán sometidas a los ensayos estándar, mínimo 06 pruebas por tipo de ensayo a fin de determinar sus características y aptitudes para los diversos usos que sean necesarios (rellenos, afirmados, concreto, etc.).

A todas las muestras se les practicarán ensayos de clasificación, en tanto que a un número representativo del total del muestreo se les efectuarán ensayos de compactación, CBR y aquellos que permitan determinar las propiedades mecánicas y de resistencia.

La exploración de las canteras o fuentes de materiales debe cubrir un área que asegure un volumen de material útil explotable del orden de 1.5 veces las necesidades del proyecto.

Estos trabajos se efectuarán a criterio, experiencia y responsabilidad del proyectista, los resultados y conclusiones que presente deben ser los representativos y con una confiabilidad aceptada, de tal manera que los materiales procedentes de las canteras seleccionadas por el proyectista cumplan estrictamente el Manual de Especificaciones Técnicas para Construcción de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

El informe geotécnico de canteras – fuentes de materiales deben incluir, al menos, la siguiente información:

- ✓ Ubicación y potencia de la cantera.
- ✓ Condiciones de explotación tales como nivel freático, accesos, pendientes, taludes, etc.
- ✓ Características principales de los materiales que puedan obtenerse.
- ✓ Características y propiedades de los materiales para definir su aptitud como agregados para rellenos, afirmado, macadam granular, grava, concreto, etc.
- ✓ Rendimientos por tipo de uso, limitaciones o condicionantes constructivas que puedan restringir su uso (por ejemplo, condiciones de humedad, sobre tamaño, etc.)
- ✓ Propiedad y disponibilidad de uso de la cantera o fuente de materiales.
- ✓ Ubicación de las fuentes de agua y su calidad para ser usada en la obra.

CAPITULO 6
TOPOGRAFÍA

6.1 TOPOGRAFÍA

6.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES DEL TRAZO

La localización de una ruta entre dos puntos, uno inicial y otro terminal, establecidos como condición previa, implica encontrar una franja de terreno cuyas características topográficas y factibilidad de uso, permita asentar en ella una carretera de condiciones operativas previamente determinadas.

El procedimiento de localización empieza tradicionalmente, con la determinación de un trazado tentativo mediante la señalización de una línea de banderas a través del territorio, cuando éste es de topografía plana u ondulada, siguiendo en lo posible la ruta más directa entre los extremos fijados para la carretera, con la condición de ir salvando los accidentes naturales y las edificaciones o instalaciones que revistan un carácter relativamente intangible por su importancia. En los puntos de inflexión de la poligonal que se va formando, se señaliza el trazado con algún elemento tal como una bandera que permite identificar el recorrido seguido.

Cuando el territorio es accidentado, el trazo resulta controlado por las inclinaciones del terreno. En estos casos, además de vencer los accidentes importantes, el trazo se enfrenta a la necesidad de salvar la diferencia de alturas en los tramos en que se requiere ascender o descender para pasar por puntos obligados de la ruta.

Para estos casos, se traza en el terreno una línea de gradiente. Se trata de un alineamiento de dirección variable que tiene la particularidad de ascender o descender el terreno con una pendiente constante para el tramo, elegida o calculada previamente en razón a dos parámetros principales: la altura por salvar y la pendiente máxima promedio, aceptable para la carretera. La pendiente seleccionada estará algunos puntos por debajo de esa pendiente máxima, como criterio previsor dado que hay que asegurar que en el trazo definitivo se requiere no sobrepasar las pendientes máximas permitidas.

La materialización de este trazado tentativo o preliminar tradicionalmente se hace con la ayuda de un eclímetro. Este es un instrumento manual que permite señalar la horizontabilidad mediante un nivel y la pendiente deseada mediante un visor graduado respecto a la horizontal. De esta manera, el operador señala a quien porta la mira, su ubicación en el terreno en una poligonal que asciende o desciende con la pendiente establecida. En cada punto, se estaca el terreno para no perder la referencia y se mide la distancia entre estacas y con una brújula el azimut de cada alineamiento. Este procedimiento es similar tanto para el trazado de la línea de banderas, como de la línea de gradiente.

En la actualidad, además de los métodos tradicionales para la localización de una ruta, se emplean la fotografía aérea y la modelación digital del terreno, así como los modelos de elevaciones. En estos casos, siempre es necesario un reconocimiento detallado previo. De lo contrario, se requerirán grandes franjas con recubrimiento aerofotográfico y extensos modelos.

6.1.2 TOPOGRAFÍA Y TRAZADO

El plano topográfico es la representación gráfica del terreno, de sus accidentes, del sistema hidrográfico, y de las instalaciones y edificaciones existentes, puestas por el hombre. El relevamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes cotas o elevaciones de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel a escalas convenientes para la interpretación del plano por el ingeniero y para la adecuada representación de la carretera y de las diversas estructuras que lo componen.

En los reconocimientos, se recomienda usar de preferencia planos a escala en el rango entre 1:2000 y 1:10000 con curvas de nivel, a intervalos de altura de 5 m. En terrenos muy empinados, no es posible el dibujo de curvas a este intervalo y será necesario elegir un intervalo mayor en que la distancia horizontal en el dibujo, entre dos curvas de nivel sea mayor a 1 mm.

En los diseños definitivos, se recomienda utilizar planos en planta horizontales normalmente en el rango de 1:500 y 1:1000 para áreas urbanas; y de 1:1000 y 1:2000 para áreas rurales. Y curvas a nivel a intervalos de 0.5 m. a 1.0 m. de altura en áreas rurales y a intervalos de 0.5 m. en áreas urbanas.

Los planos topográficos para proyectos definitivos de gran magnitud deben estar referidos a los controles terrestres de la cartografía oficial, tanto en ubicación geográfica como en elevación, para lo cual deberá señalarse en el plano el hito Datum o BM tomado como referencia.

El trazado se referirá a las coordenadas señaladas en el plano, mostrando en las tangentes, el azimut geográfico y las coordenadas referenciales de PIs, PCs y PTs, etc.

El levantamiento topográfico puede hacerse usualmente en dos formas alternativas. La más común resulta ser el levantamiento ejecutado en una estrecha franja del territorio, a lo largo de la localización proyectada para la carretera y su derecho de vía. La alternativa es hacer levantamientos topográficos sobre un área más amplia que permitirá el estudio en gabinete de variantes en el trazo para optimizar el diseño y minimizar los costos.

En el caso del levantamiento restringido a prácticamente el derecho de vía de la carretera, el trabajo se realizara simultáneamente con el estacado preliminar en el terreno y seguramente definitivo. Este trazado constituye lo que se denomina el trazado directo. El sistema alternativo se denomina trazado indirecto.

6.1.3 EL TRAZO DIRECTO

Definida la ruta y fijado el punto de partida y los puntos obligados de paso que definen tramos de la ruta, se ejecuta un estacado preliminar señalando la ruta y se calcula el nivel del terreno en cada estaca.

Mediante el seccionamiento transversal del terreno, en cada estaca, midiendo longitudes con cinta métrica y elevaciones con el eclímetro (figura 6.1.3.1), el nivel o el teodolito, se realiza el levantamiento topográfico de la sección transversal que cubrirá un área suficientemente amplia para diseñar la carretera, sus diversas estructuras y obras de arte y para acondicionar el derecho de vía. Los datos de cada sección transversal deberán ser suficientes para permitir la representación de las curvas de

nivel en la franja que ocupara la carretera. En la actualidad, el levantamiento de la sección transversal también se realiza con la estación total.

En los tramos en que la pendiente es condicionante principal, se necesita fijar una pendiente en el trazo que garantice llegar al próximo punto obligado de paso. La llamada línea de gradiente corresponde a ese trazo. Para este efecto, se fija la pendiente promedio requerida para la distancia entre puntos de paso y se utiliza cuando menos un eclímetro para señalizar con banderas los puntos. La pendiente promedio de la línea de gradiente en tramos críticos debe ser previsoramente como máximo, un 60% de la pendiente máxima aceptable en la norma, de la rasante en tramo recto para la clase correspondiente de carretera.

Conocida la ruta preliminar en el terreno, la brigada de trazo, fija el eje, mediante tangentes y un estacado y calcula y traza las curvas entre tangentes.

En cada estaca, se levanta la sección transversal en un ancho que depende de la naturaleza del proyecto y del terreno.

En el gabinete se reconstruye la planta de la franja de la carretera, el perfil longitudinal del eje y las secciones transversales.

El topógrafo debe levantar adicionalmente la referencia de toda edificación, instalación, propiedad, carreteras de acceso y accidente natural o artificial, ubicado en la franja levantada, que se juzgue será necesario tomar en cuenta para el diseño del proyecto. O ampliará el área de levantamiento si el ingeniero lo juzga necesario. Deberá incluirse también el levantamiento detallado de todos los cursos de agua transversales a la carretera sean estos permanentes, estacionales y eventuales.

El estacado seguido a lo largo del eje, corresponde así normalmente a la poligonal del levantamiento y salvo eventuales correcciones como consecuencia de posibles cambios. El trazado materializado (estacado) corresponde también al replanteo del proyecto.

Se fijan, entonces, en el terreno las referencias topográficas permanentes que permitirán replantear el alineamiento del eje de la carretera y el estacado del proyecto en los casos en que el estacado desaparezca por cualquier causa. Estas referencias o monumentos se construyen en lugares estables no sujetos a cambios.

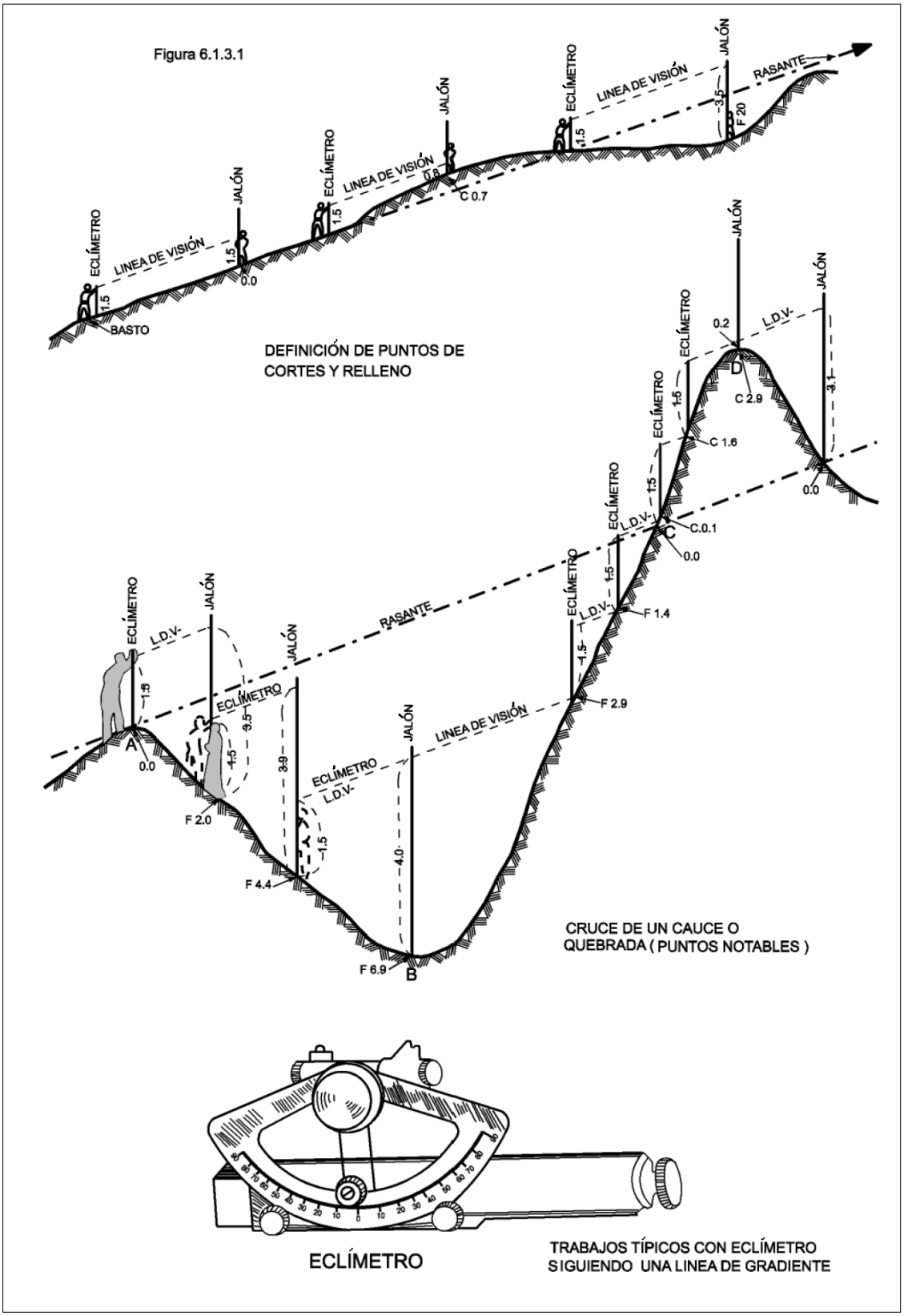
6.1.4 EL TRAZADO INDIRECTO

En el Perú, se ha denominado trazado indirecto al procedimiento de realizar levantamientos topográficos precisos, en una franja amplia del terreno. Y el trazo del eje se realiza en el gabinete sobre los planos de topografía o los modelos digitales producto del levantamiento.

Definida la ruta y sus puntos obligados de paso, se hacen levantamientos topográficos de precisión en una franja de la carretera que cubra las mejores posibilidades de colocar el trazo y analizar sus variantes.

La topografía puede levantarse por métodos terrestres con equipos de topografía convencional que resulten en un trabajo lento o con equipos electrónicos de mayor precisión y rapidez. También se utiliza y cada vez más frecuentemente levantamientos por restitución aerofotogramétrica o imágenes satelitales.

Figura 6.1.3.1


ECLÍMETRO
JALÓN
LINEA DE VISIÓN
RASANTE
BASTO
DEFINICIÓN DE PUNTOS DE
CORTES Y RELLENO
L.D.V.
CRUCE DE UN CAUCE O
QUEBRADA (PUNTOS NOTABLES)
ECLÍMETRO
TRABAJOS TÍPICOS CON ECLÍMETRO
SIGUIENDO UNA LINEA DE GRADIENTE

En todos estos casos, se puede automatizar la medición, los registros, la elaboración de planos y el cómputo del movimiento de tierras mediante la organización de bases de datos y la digitalización de los planos del diseño. El proyecto se realiza en el gabinete, pudiéndose estudiar con facilidad las alternativas de trazo y variantes.

El replanteo del trazo y su monumentación puede realizarse en cualquier oportunidad posterior e, incluso, solo al iniciarse las obras, para lo cual, durante la etapa del levantamiento topográfico, monumentan convenientemente las referencias terrestres.

6.1.5 SISTEMA DE UNIDADES

En todos los trabajos topográficos se aplicará el sistema métrico decimal.

Las medidas angulares se expresarán en grados, minutos y segundos sexagecimales.

Las medidas de longitud se expresarán en kilómetros (km); metros (m); centímetros (cm) o milímetros (mm), según corresponda.

6.1.6 SISTEMAS DE REFERENCIA

El sistema de referencia será único para cada proyecto y todos los trabajos topográficos necesarios para ese proyecto estarán referidos a ese sistema. El sistema de referencia será plano, triortogonal, dos de sus ejes representan un plano horizontal (un eje en la dirección sur-norte y el otro en la dirección oeste-este, según la cuadricula UTM de IGN para el sitio del levantamiento) sobre el cual se proyectan ortogonalmente todos los detalles del terreno ya sea naturales o artificiales. El tercer eje corresponde a la elevación, cuya representación del terreno se hará tanto por curvas de nivel, como por perfiles y secciones transversales. Por lo tanto, el sistema de coordenadas del levantamiento no es el U.T.M., sino un sistema de coordenadas planas ligado, en vértices de coordenadas U.T.M., lo que permitirá efectuar la transformación para una adecuada georeferenciación. Las cotas o elevaciones se referirán al nivel medio del mar.

El método utilizado para orientar el sistema de referencia y para ligarlo al sistema UTM del IGN se describirán en la memoria descriptiva.

Para efectos de la georeferenciación, debe tenerse en cuenta que el Perú está ubicado en las zonas 17, 18, 19 y en las bandas M, L, K, según la designación UTM.

El elipsoide utilizado es el World Geodetic System 1984 (WGS-84) el cual es prácticamente idéntico al sistema geodésico de 1980 (GRS80), y que es definido por los siguientes parámetros:

Semi eje mayor	a	6 378 137 m
Velocidad angular de la tierra	w	7 292 115 x 10^{-11} rad/seg.
Constante gravitacional terrestre	GM	3 986 005 x 108 m^3/seg^2
Coeficiente armónico zonal de 2º grado de geopotencial	J_2	$C_{2.0}$ = 484.16685 x 10^{-6}

Para enlazarse a la Red Geodésica Horizontal del IGN, bastará enlazarse a una estación si la estación del IGN es del orden B o superior y a dos estaciones en el caso que las estaciones del IGN pertenezcan orden C. Para el enlace vertical a la Red Vertical del IGN, se requiere enlazarse a dos estaciones del IGN como mínimo.

Para carreteras de bajo volumen de tránsito se considera deseable contar con puntos de georeferenciación con coordenadas UTM, enlazados al Sistema Nacional del IGN, distanciados entre sí no más de 10 Km. y próximos al eje de la carretera a una distancia no mayor de 500 m.

6.1.7 TOLERANCIAS EN LA UBICACIÓN DE PUNTOS

La tolerancia para errores relativos o posiciónales se presenta en el cuadro Nº 6.1.7.

Cuadro Nº 6.1.7
TOLERANCIAS PARA TRABAJOS DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS, REPLANTEOS Y ESTACADO

Fase de trabajo	Tolerancias		Distancias entre hitos
	Horizontal	Vertical	
Georeferenciación	1:100 000	e = 5√K	40 Km.
Puntos de control (Polígonos o triángulos)	1:10 000	e = 12√K	0.5 Km.
Puntos del eje, (PC), (PT), puntos en curva y referencias	1:5 000	± 10 mm.	-.-
Otros puntos del eje	± 50 mm.	± 10 mm.	-.-
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	± 50 mm.	± 20 mm.	-.-
Muros de contención	± 20 mm.	± 10 mm.	-.-
Límites para roce y limpieza	± 500 mm.	--	-.-
Estacas de subrasante	± 50 mm.	±10 mm.	-.-
Estacas de rasante	± 50 mm.	± 10 mm.	-.-
Estacas de talud	± 50 mm.	± 100 mm.	-.-

* e = Error relativo en milímetros
K = Distancia en kilómetros

6.1.8 TRABAJOS TOPOGRÁFICOS

Los trabajos de topografía y georeferenciación comprenden los siguientes aspectos:

(a) Georeferenciación:

La georeferenciación se hará estableciendo puntos de control geográfico mediante coordenadas UTM con una equidistancia aproximada de 10 Km. ubicados a lo largo de la carretera. Los puntos seleccionados estarán en lugares cercanos y accesibles que no sean afectados por las obras o por el tráfico vehicular y peatonal. Los puntos serán monumentados en concreto con una placa de bronce en su parte superior en el que se definirá el punto por la intersección de dos líneas. Las placas de bronce tendrán una leyenda que permita reconocer el punto.

Estos puntos servirán de base para todo el trabajo topográfico y a ellos estarán referidos los puntos de control y los del replanteo de la vía.

(b) Puntos de control:

Los puntos de control horizontal y vertical que puedan ser afectados por las obras deben ser reubicados en áreas en que no sean disturbadas por las

operaciones constructivas. Se establecerán las coordenadas y elevaciones para los puntos reubicados antes que los puntos iniciales sean disturbados.

El ajuste de los trabajos topográficos será efectuado con relación a dos puntos de control geográfico contiguos, ubicados a no más de 10 km.

(c) Sección transversal

Las secciones transversales del terreno natural estarán referidas al eje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no deberá ser mayor de 20 m en tramos en tangente y de 10 m en tramos de curvas con radios inferiores a 100 m. En caso de quiebres, en la topografía se tomarán secciones adicionales en los puntos de quiebre.

Se asignarán puntos de la sección transversal con la suficiente extensión para que puedan detallarse los taludes de corte y relleno y las obras de drenaje hasta los límites que se requieran. Las secciones, además, deben extenderse lo suficiente para evidenciar la presencia de edificaciones, cultivos, línea férrea, canales, etc. que, por estar cercanas al trazo de la vía, podría ser afectada por las obras de la carretera así como por el desagüe de las alcantarillas.

(d) Estacas de talud y referencias

Se establecerán estacas de talud de corte y relleno en los bordes de cada sección transversal. Las estacas de talud establecen en el campo el punto de intersección de los taludes de la sección transversal del diseño de la carretera con la traza del terreno natural. Las estacas de talud estarán ubicadas fuera de los límites de la limpieza del terreno y, en ellas, se inscribirán las referencias de cada punto e información del talud a construir conjuntamente con los datos de medición.

(e) Límites de limpieza y roce

Los límites para los trabajos de limpieza y roce deben ser establecidos en ambos lados de la línea del eje en cada sección de la carretera, durante el replanteo previo a la construcción de la carretera.

(f) Restablecimiento de la línea del eje

Para la construcción de la carretera a línea del eje, será restablecida a partir de los puntos de control. El espaciamiento entre puntos del eje no debe exceder de 20 m en tangente y de 10 m en curvas de radio menor a 100 m.

El estacado se reestablecerá cuantas veces sea necesario para la ejecución de cada etapa de la obra, para lo cual se deben resguardar los puntos de referencia.

(g) Elementos de drenaje

Los elementos de drenaje deberán ser estacados para fijarlos a las condiciones del terreno.

Se considerará lo siguiente:

(1) Relevamiento del perfil del terreno a lo largo del eje de la estructura de drenaje que permita apreciar el terreno natural, la línea de flujo, la sección de la carretera y el elemento de drenaje.
(2) Ubicación de los puntos de los elementos de ingreso y salida de la estructura.
(3) Determinar y definir los puntos que sean necesarios para determinar la longitud de los elementos de drenaje y del tratamiento de sus ingresos y salidas.

(h) Muros de contención

Para la construcción de la carretera se relevará el perfil longitudinal del terreno a lo largo de la cara del muro propuesto. Cada 5 m, y en donde existan quiebres del terreno, se deben tomar secciones transversales hasta los límites que indique el supervisor. Ubicar referencias adecuadas y puntos de control horizontal y vertical.

(i) Canteras

Se debe establecer los trabajos topográficos esenciales referenciados en coordenadas UTM de las canteras de préstamo. Se colocará una línea de base referenciada, límites de la cantera y los límites de limpieza. También se efectuarán secciones transversales de toda el área de la cantera referida a la línea de base. Estas secciones se tomarán antes del inicio de la limpieza y explotación y después de concluida la obra y cuando hayan sido cumplidas las disposiciones de conservación de medio ambiente sobre el tratamiento de canteras.

(j) Monumentación

Todos lo hitos y monumentación permanente que se coloquen durante la ejecución de la vía deberán ser materia de levantamiento topográfico y referenciación.

(k) Levantamientos misceláneos

Se efectuarán levantamientos, estacado y obtención de datos esenciales para el replanteo, ubicación, control y medición, entre otros de los siguientes elementos:
(1) Zonas de depósitos de desperdicios.
(2) Vías que se aproximan a la carretera.
(3) Zanjas de coronación.
(4) Zanjas de drenaje.
(5) Canales disipadores de energía, etc.

Y cualquier elemento que esté relacionado a la construcción y funcionamiento de la carretera.

(l) Trabajos topográficos intermedios

Todos los trabajos de replanteo, reposición de puntos de control y estacas referenciadas, registro de datos y cálculos necesarios que se efectúen durante el paso de una fase a otra de los trabajos constructivos, se ejecutarán en forma constante a fin de permitir el replanteo de las obras, la medición y verificación de cantidades de obra en cualquier momento.

6.1.9 GEOMETRÍA DE LA CARRETERA

Se incorporan las siguientes descripciones para su uso por quienes se enfrenten a la necesidad de elaborar diseños de carreteras vecinales en territorios alejados de las tecnologías electrónicas de trazado vial.

ELEMENTOS Y CÓMPUTO DE CURVAS HORIZONTALES CIRCULARES

En el diseño de la curva se conoce la ubicación del punto de intersección del alineamiento o del PI, en relación al estacado progresivo del alineamiento de llegada.

También se conoce el azimut de ambas tangentes y por tanto el ángulo del alineamiento.

Se selecciona el radio de la curva correspondiente a la velocidad de diseño como mínimo. Pero, de ser posible, debe ser mayor al correspondiente a esa velocidad.

En la figura 6.1.9.1 se aprecian los siguientes elementos de la curva.

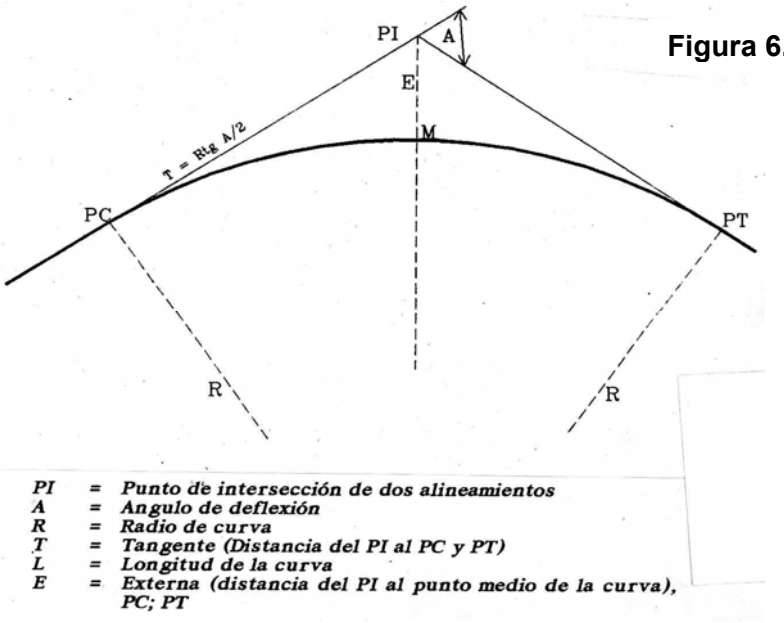


Figura 6.1.9.1

$$T = R\ tg\ \frac{\Delta}{2} \qquad E = R\ (\sec\ \frac{\Delta}{2} - 1)$$

$$L = R\ \frac{\pi\ \Delta}{180}$$

Ejemplo numérico de cómputo de una curva para:

$$PI: Km.\ 5 + 183.27$$

$$A = 24^\circ 18'$$

$$R = 350\,m.$$

$$T = 350\ tg\left(\frac{24^\circ 18'}{2}\right) = 75.35\,m.$$

$$L = 350\left(\frac{\pi x 24^\circ 18'}{180}\right) = 148.44\,m.$$

$$E = 350\left(\sec\frac{24^\circ 18'}{2} - 1\right) = 7.84\,m.$$

El estacado de la curva resulta como sigue:

Curva en el		*Km. 5*
Progresiva del PI:		*K5 + 183.27* *K5 + E18 + 3.27*
Progresiva del	*PI :*	*5,183.27*
Long. de la tangente	*-T :*	*75.35*
Progresiva del	*PC :*	*5,107.92 (Est.K5+10+7.92)*
Long. de la curva circular	*+L :*	*148.44*
Progresiva del	*PT :*	*5,256.36 (Est.K5+24+16.36)*

USO DE COORDENADAS DE REFERENCIA AL DISEÑO

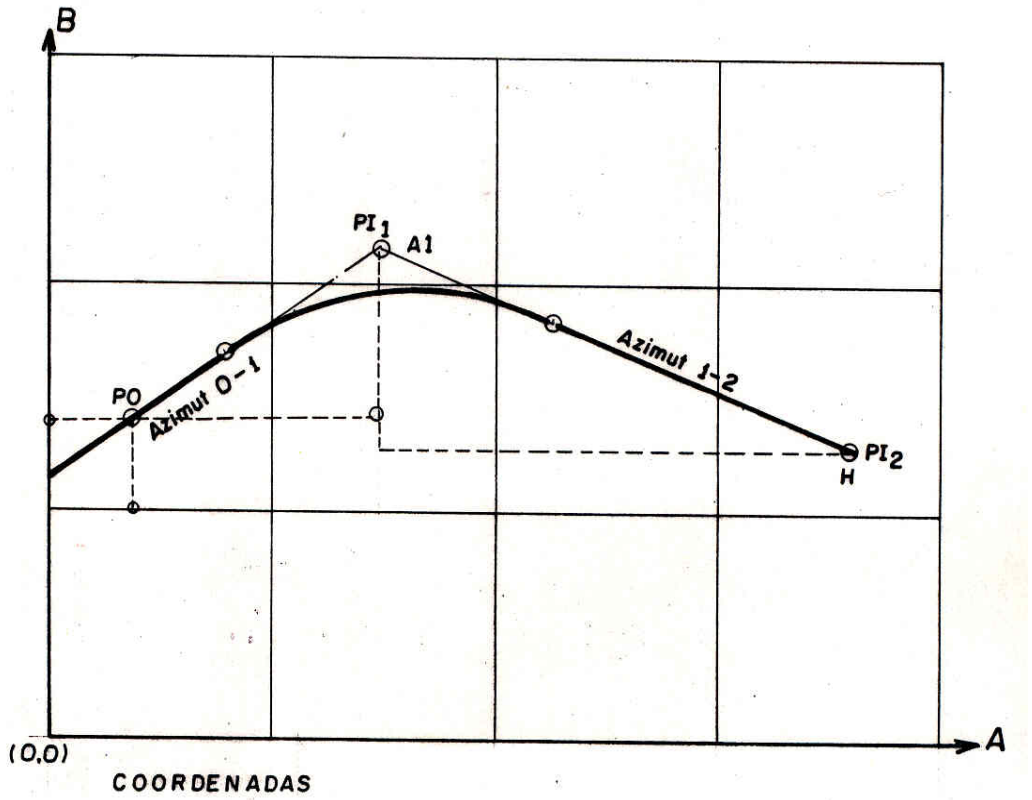
El uso de coordenadas de referencia en el levantamiento topográfico del terreno resulta obligatorio para obtener un cómputo preciso de un alineamiento del eje de una carretera. Las coordenadas pueden ser geográficas si se tienen una referencia cercana, para enlazar el proyecto al sistema geográfico.

Pero cuando el proyecto es pequeño y no se tiene referencias cercanas se puede establecer un sistema arbitrario de coordenadas ortogonales Norte-Sur. (Ver figura 6.1.9.2)

La referencia a un sistema de coordenadas debidamente monumentadas, según la importancia y/o características del proyecto, es necesaria, cualquiera sea el tipo de coordenadas a utilizarse. Las referencias coordenadas de los PI, PC y PT, así como el

azimut de la tangente, permiten alcanzar precisión en el diseño y en los replanteos del proyecto, sobre el terreno y evita acumulación de errores por mínimos que sean.

Figura 6.1.9.2



DISTA

La vis es,
muros

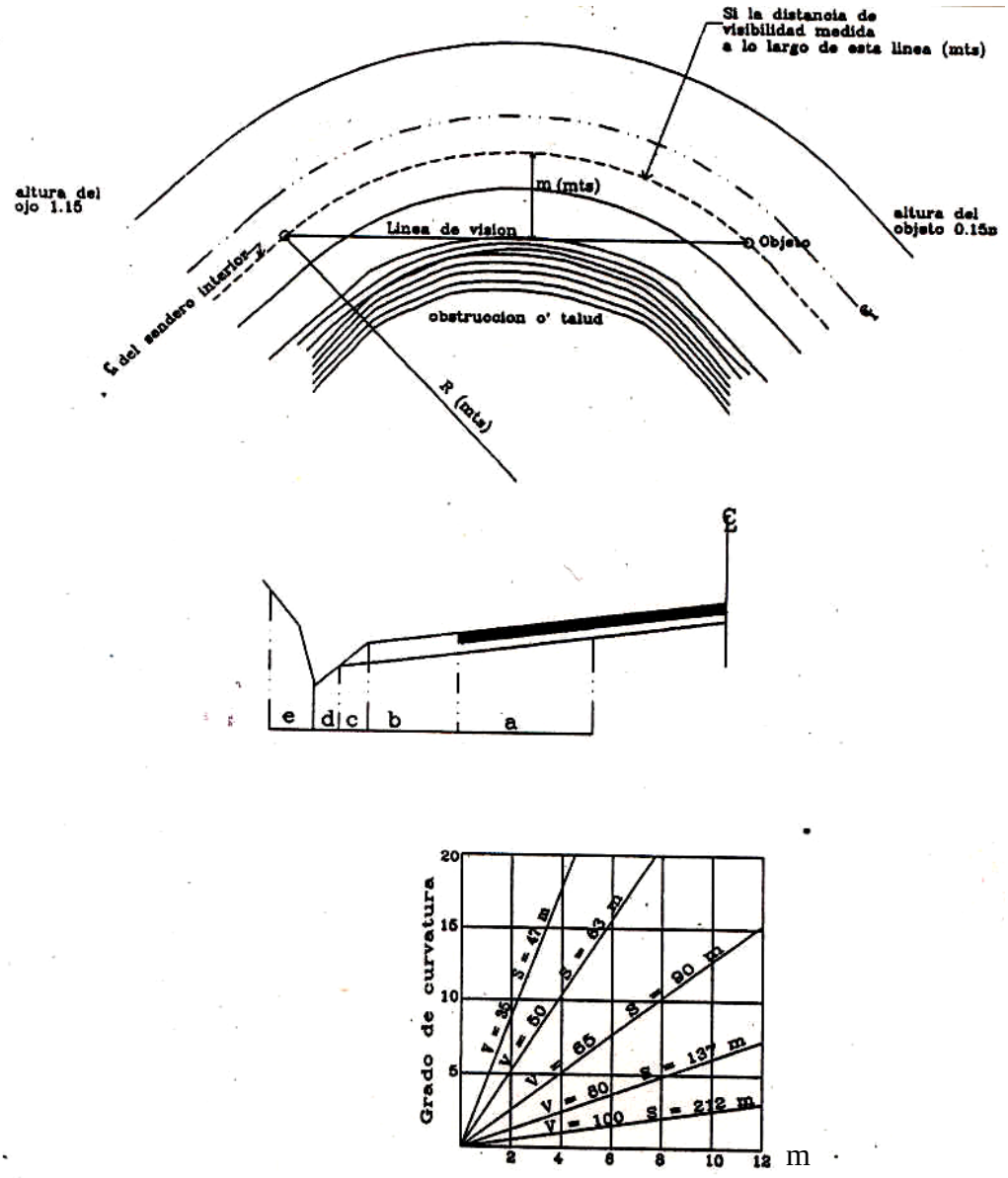
- ***Banquetas de visibilidad***

Cuando en una curva horizontal, sea esta circular o provista de espiral de transición, no se cumple con el requisito mínimo de visibilidad, es decir que en determinada sección no se puede establecer la existencia de distancia de visibilidad de parada en el eje de la vía interior de circulación (que es el caso más desfavorable), el procedimiento para hacer que ésta exigencia se cumpla, consiste en la construcción de una banqueta de visibilidad, que es simplemente un mayor corte del talud interior de la cura, que permitirá ampliar la visibilidad en la curva.

Entonces la curva que define la banqueta de visibilidad será la envolvente de las rectas que unen los puntos del eje de la vía interior, que distan entre sí la distancia de visibilidad de parada.

En las N.P. se controla éste requisito y se determina la banqueta de visibilidad valiéndose del procedimiento ilustrado.

Figura 6.1.9.3


Si la distancia de visibilidad medida a lo largo de esta linea (mts)
altura del ojo 1.15
m (mts)
Linea de vision
Objeto
altura del objeto 0.15m
obstruccion o' talud
R (mts)
e
d
c
b
a
Grado de curvatura
V = 35
V = 50
V = 65
V = 80
V = 100
S = 47 m
S = 63 m
S = 90 m
S = 137 m
S = 212 m
2
4
6
8
10
12
m

En donde:

$$m = R\,[1 - \cos(\frac{28.65\,S}{R})]$$

$$S = \frac{R}{28.65}\cos^{-1}(\frac{R-m}{R})$$

$$\sqrt{R^2} - (R-m)^2 > 0.5\,Dp$$

El gráfico muestra una relación lineal para la variedad de velocidad y radio.

Velocidad (Kph)	35	50	60
Dist. de parada deseable (m)	47	63	90
Dist. de parada mínima (m)	47	63	83

6.1.10 GEOMETRÍA DEL ALINEAMIENTO VERTICAL

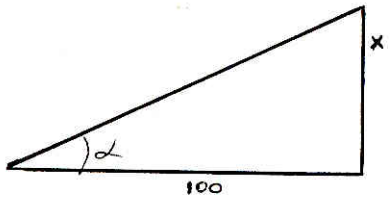
EL PERFIL LONGITUDINAL

El perfil longitudinal de una carretera debe ser una línea continua, y los componentes geométricos del eje en este plano vertical son dos:

- La línea recta inclinada, llamada gradiente o pendiente.
- La curva vertical.
  - ✓ Convexa o cresta.
  - ✓ Cóncava o columpio.

LA PENDIENTE

La pendiente de una carretera es numéricamente el valor del ascenso vertical por cada 100 metros de avance horizontal, se expresa en porcentaje.



Del gráfico podemos deducir también que su valor es igual al de la tangente trigonométrica del ángulo de inclinación medida en porcentaje. Casi nunca una carretera es horizontal. Por lo menos y para facilitar el drenaje, el límite mínimo de la pendiente es 0.5% y el límite máximo está dado por consideraciones funcionales, pues los vehículos de carga no pueden vencer pendientes elevadas sin una reducción apreciable de su velocidad, lo que interfiere con un normal funcionamiento de la vía.

La pendiente a simple vista es impuesta por las características del terreno por la diferencia de altura y por la distancia que hay entre los puntos que se quiere unir. Pero es habilidad del proyectista conseguir (con un criterio fundamental de economía)

controlar el desarrollo de la pendiente dentro de ciertos límites que imponente la seguridad de tránsito y las características propias de potencia y carga de vehículos, frente a las características topográficas del territorio.

6.1.11 ALINEAMIENTO VERTICAL

CURVAS VERTICALES

Cada P.I. vertical es identificado al más cercano décimo de centena de metros. La longitud L de la curva es usualmente definida a la más cercana centena de metros.

La relación $\frac{L}{A} = K$, cuando A es la diferencia de gradiente en porcentaje, es el factor K que significa la distancia horizontal en metros requeridos para cambiar un (1) grado en pendiente. Es por ello una medida de curvatura.

		Valores de K		
Velocidad del diseño	Kph	35	50	60
Mínima distancia de visibilidad	Cóncava	5	9	16
	Convexa	8	12	17
Deseable distancia de visibilidad de parada	Cóncava	5	9	19
	Convexa	8	12	19

CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS O COLUMPIOS

En las curvas verticales cóncavas no existe problema de visibilidad diurna pues los conductores no tienen impedimento para divisarse. Entonces, la finalidad de estas curvas es de dar uniformidad al movimiento de vehículo, desapareciendo ese feo efecto de columpio que se produce en un cambio de pendiente.

En las noches, la condición obligatoria será tal, que en todo momento dentro de la curva los faros alumbren una distancia mínima igual a la distancia de visibilidad de parada.

6.1.12 DISEÑO Y CÓMPUTO DE CURVAS VERTICALES

CÓMPUTO DE LAS ELEVACIONES

Normalmente las elevaciones serán computadas al centímetro (0.01 m). Las gradientes serán computadas como un porcentaje con dos decimales.

Los puntos del perfil de la rasante serán indicados en cada sección como sigue:

- Para una sección de calzada única, a lo largo del eje C.
- Para una sección de doble calzada, con separador central, en la intersección entre el separador y el límite de la superficie de rodadura.

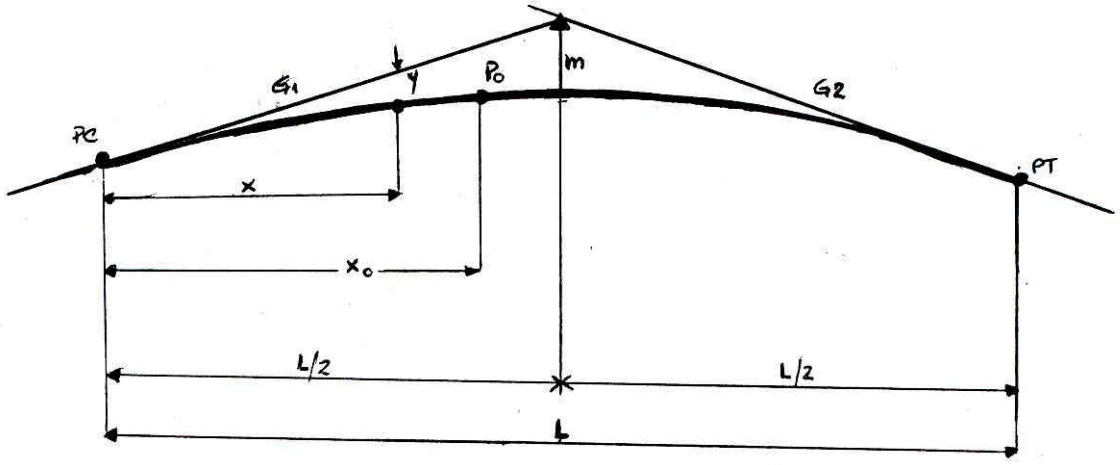
Las elevaciones de la gradiente serán mostradas en el perfil, como sigue:

- Para las secciones normales, cada 20 m.

CURVAS VERTICALES

Las curvas verticales son arcos parabólicos. La deflexión desde la parábola a la tangente varía con el cuadrado de la distancia desde del punto de tangencia. Para determinar el perfil de la rasante, las deflexiones desde la tangente se computan, adicionándolas o restándolas de la cota de tangente (Figura 6.1.12.1)

Figura 6.1.12.1



$$Cota\ del\ P.I. = Cota\ del\ P.C. + G_1 \frac{L}{2}$$

$$Cota\ del\ P.I. = Cota\ del\ P.C. + (G_1 + G_2) \frac{L}{2}$$

$$M = \left(\frac{G_2 - G_1}{8}\right) L$$

$$Y = \frac{4MX^2}{L^2} = X^2 \frac{(G_2 - G_1)}{2L}$$

$$S = G_1 - \left[X_o \frac{(G_1 - G_2)}{L}\right]$$

$$X_o = \frac{L\,G_1}{G_1 - G_2}$$

$$Cota\ de\ P_o = Cota\ P.C. - \frac{L\,G_1^2}{2\,(G_2 - G_1)}$$

Y = Deflexión de P, en m.
X = Distancia horizontal de P, desde PC o PT, en estacas.
S = Pendiente de la tang. en P en %.
Po = Es el más alto o más bajo punto de la curva.
Xo = Distancia horizontal entre Po y el P.C.

Disminución de la pendiente en las curvas

En la planta de una carretera, el elemento que controla la velocidad es el radio de la curva y también en perfil. La pendiente en todo momento está controlando la velocidad. En las curvas con pendientes se superponen estos dos parámetros de control, dificultando la maniobrabilidad y fluidez del tránsito de los vehículos, especialmente en las curvas de vuelta cerradas.

La forma de compensar esta superposición de obstáculos es disminuyendo la pendiente en las curvas y en el tramo recto contiguo con el objeto de que los vehículos tengan la oportunidad de retornar a sus condiciones iniciales que prevalecían antes de tomar la curva.

Las reglas que se dan al respecto se pueden reducir a dos enunciados que son los siguientes:

1ra. Cuando los radios de curva son inferiores a 150 m, se suele disminuir la pendiente de la curva en 0.5% por cada 15 m. que el radio baje de 150 m.

2da. Para radios menores de 100 m, la pendiente en la curva no debe exceder del 5%.

Además la fórmula que regula la disminución de la pendiente en curvas es la siguiente:

$$C = \frac{38\ i}{R}$$

C = Reducción de la pendiente (en tanto por ciento).
i = Pendiente (en tanto por ciento).
R = Radio de la curva (en metros).

6.1.13 COORDINACIÓN ENTRE EL TRAZO EN PLANTA Y EL TRAZO EN ELEVACIÓN

El trazo geométrico de una carretera resulta de la combinación armoniosa de las características de su planta y de su perfil. Si se analiza independientemente cada una de ellas, es posible que se cumpla con los requisitos obligados por las normas; pero si se combinan, por ejemplo, los análisis de visibilidad, es posible que se tenga que hacer algunas modificaciones para que ésta se cumpla en la planta y en el perfil conjuntamente.

Para obtener esta combinación armoniosa y eficaz de acuerdo a las normas establecidas, y con el objeto de tener soluciones que se adecuen al terreno y a consideraciones de menos costo y mayor seguridad, se debe observar las siguientes reglas:

- Las características geométricas serán uniformes evitándose variaciones bruscas, tanto de radios como de pendientes, lo que favorece la fluidez del tránsito y evita cambios bruscos en la velocidad directriz.
- Debe evitarse colocar curvas horizontales en los puntos altos o bajos del perfil longitudinal.
- Se evitará hasta donde sea posible las tangentes largas con puntos altos y bajos (tobogán).
- El trazado en conjunto armonizará con el paisaje o en todo caso deberá perturbar lo menos posible.
- Evitar cruces de carreteras en curvas horizontales o verticales y, en todo caso, estudiar muy bien la visibilidad para las maniobras de salida y entrada de la carretera.

6.1.14 PLANOS BÁSICOS DEL PROYECTO

Los planos básicos de diseño del proyecto, son el plano del perfil longitudinal (figura 6.1.13.1) y el plano de secciones transversales (figura 6.1.13.2).

El plano de planta contiene la topografía del terreno donde se ubica el proyecto, mostrando todos los elementos existentes y las curvas de nivel y cotas de elevación posibles, incluyendo las referencias de instalaciones existentes.

Esta planta llevará también cuando menos el diseño del eje proyectado de la carretera, así como los límites del Derecho de Vía definido por la autoridad competente.

Figura 6.1.13.1

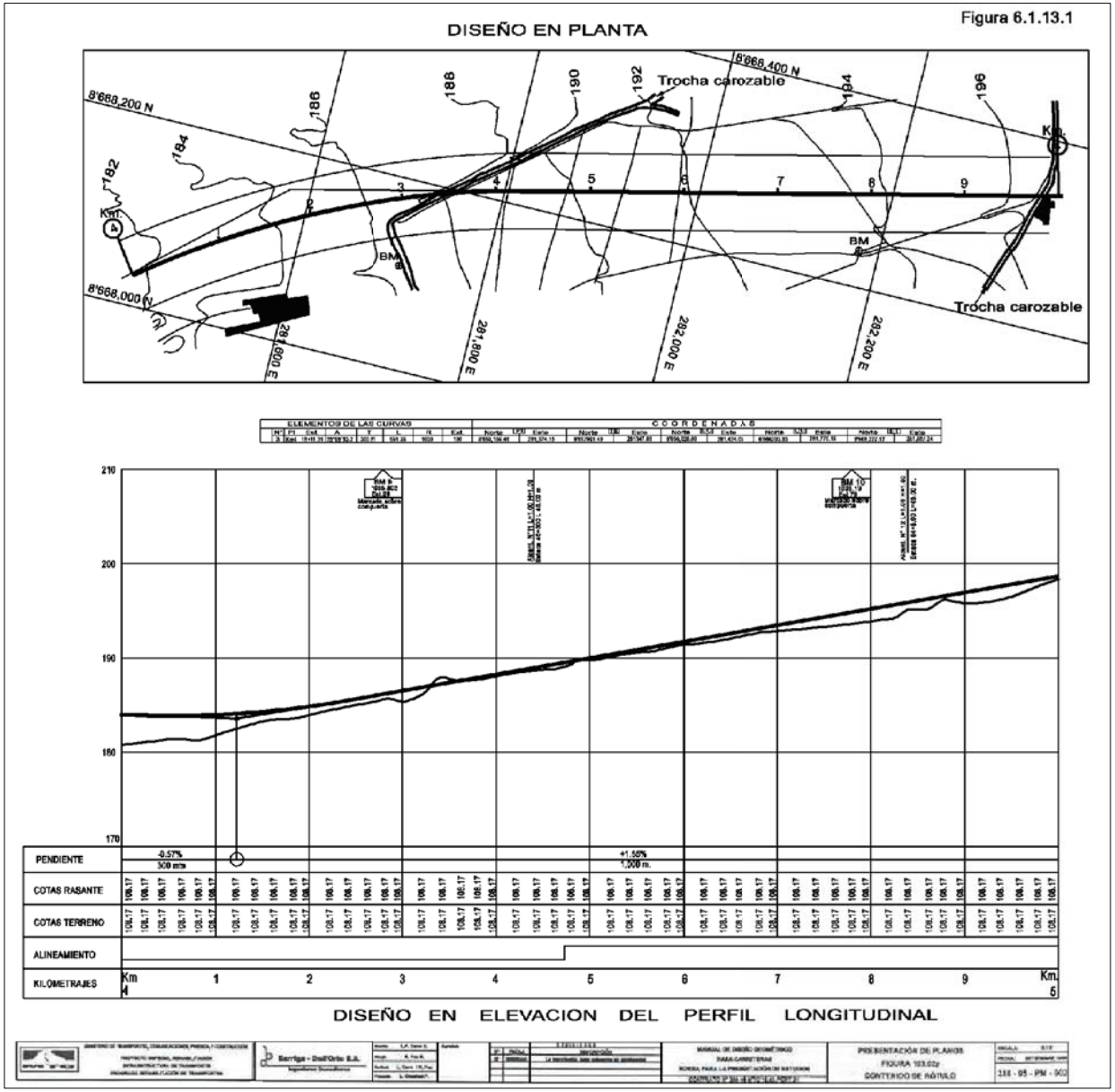
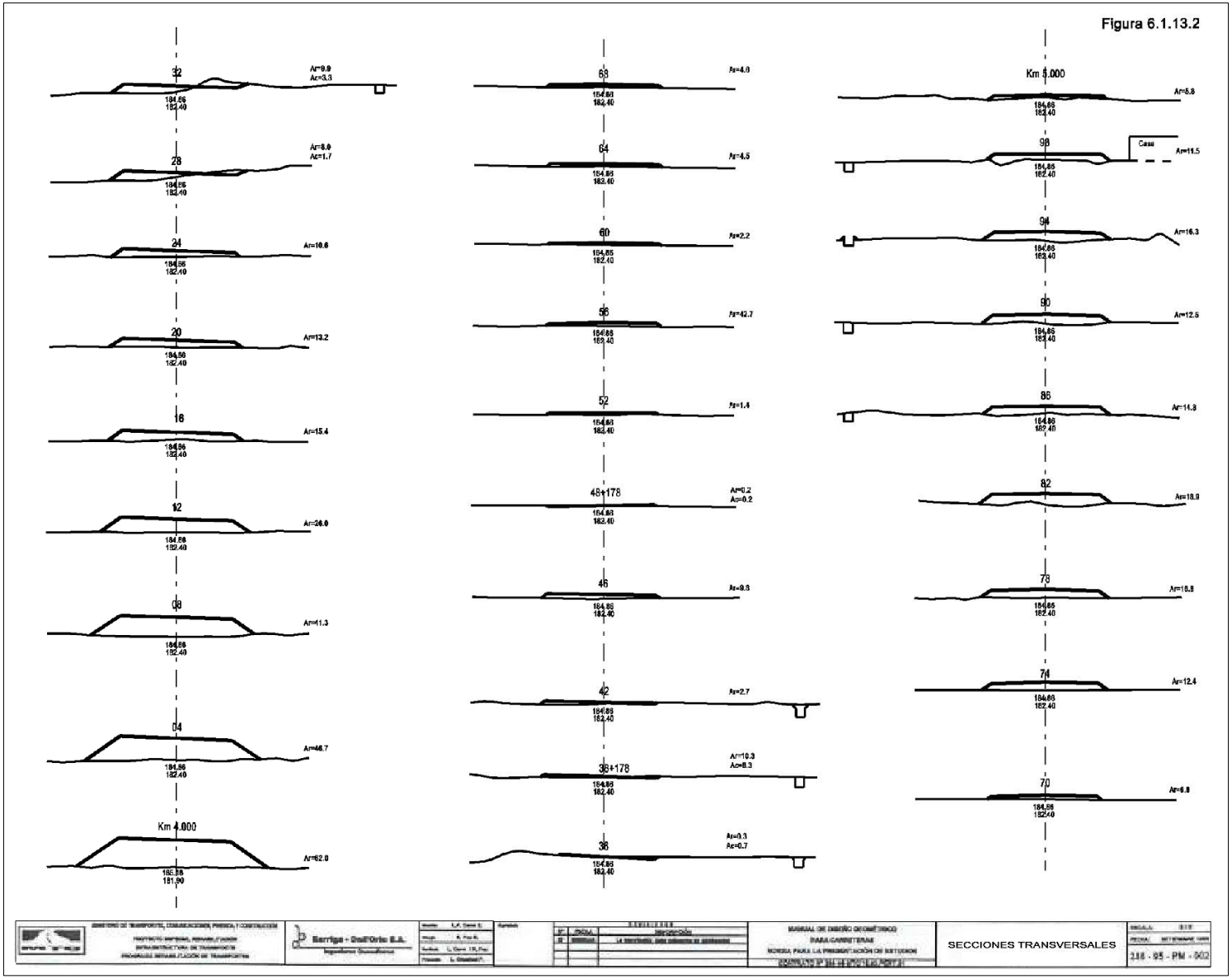


Figura 6.1.13.2



6.1.15 REPLANTEO DE UNA CURVA CIRCULAR CON PI ACCESIBLE

FÓRMULAS:

Longitud de la curva : $L = \pi\delta R/180$ δ: en grados

Tangente : $T = R.Tan. (\delta/2)$

Externa : $E = R. (Sec (\delta/2) – 1)$

Ángulo Φ : Es el ángulo central medido desde PC (o PT) hasta la posición de la estaca).

Ángulo Φ : $\Phi=180.distancia/ (\pi.R)$

Distancia : Es la segunda columna del cuadro, esto es, la longitud acumulada de la cuerda.

Cuerda : Es medida entre dos estacas consecutivas.

Abscisa : $X = R.Sin (\Phi)$

Ordenada : $Y = R. (1-Cos (\Phi)$

Ángulo α : $\alpha = \Phi/2$

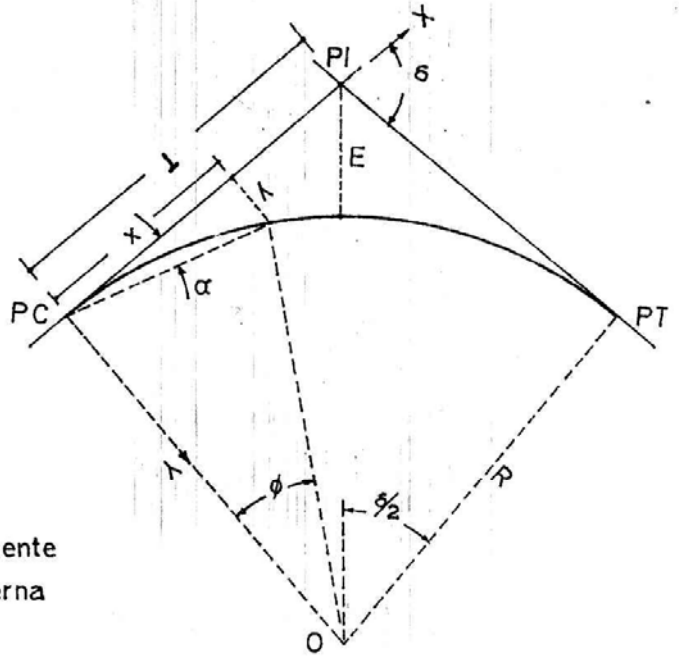
Ejemplo: Teniendo como datos:

R = 147m
δ = 60º

Cálculos

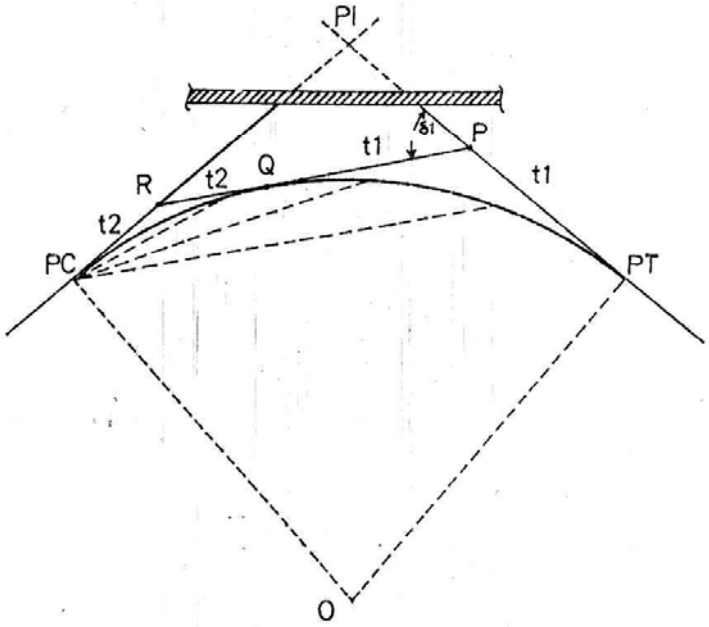
Longitud de la curva	L	153.94
Tangente	T	84.87
Externa	E	22.74
Angulo central	Φ	0.39.dis

PI ACCESIBLE



T:Tangente
E:Externa

PI INACCESIBLE



CAPÍTULO 7
IMPACTO AMBIENTAL

7.1 PRESERVACIÓN DEL AMBIENTE Y MITIGACIÓN DEL IMPACTO CAUSADO POR LOS TRABAJOS DE OBRAS VIALES EN CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

7.1.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo comprende los trabajos que deben efectuarse y las previsiones que se tendrán en cuenta durante el proceso de elaboración del diseño definitivo de los proyectos viales para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, según correspondan en razón de la magnitud y naturaleza de los trabajos a realizarse.

7.1.2 OBJETIVOS

El objetivo de la norma es establecer y recomendar medidas de protección, prevención, atenuación, restauración y compensación de los efectos perjudiciales o dañinos que pudieran resultar del proyecto y que deban ser considerados necesariamente durante la elaboración del diseño definitivo. Estas medidas se plasmarán posteriormente en el plan de manejo ambiental, que es el documento técnico encargado de hacer cumplir las medidas propuestas durante las etapas del proyecto (preliminar, constructiva, operación y cierre). Los constructores y supervisores de obra serán los encargados directos del cumplimiento del plan de manejo ambiental.

7.2 LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES PRELIMINARES DEBEN ESTAR CONSIDERADAS EN EL PROGRAMA DEL ESTUDIO DE LAS OBRAS POR EJECUTAR SEGÚN CORRESPONDA AL TAMAÑO Y NATURALEZA DE CADA PROYECTO ESPECÍFICO

7.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE BASE

- Cursos de agua de ríos, lagunas, manantiales, reservorios y otros, susceptibles de afectación.
- Ambientes rurales previsiblemente afectados.
- Poblaciones previsiblemente afectadas.
- Población de flora silvestre eventualmente afectada.
- Población de fauna silvestre eventualmente afectada.

7.2.2 PROGRAMACIÓN DE OBRAS TEMPORALES Y DE ACCIONES SOCIALES CON LA COMUNIDAD

- Área ocupada por los campamentos. Rutas de acceso.
- Plan de abastecimiento de agua para las obras.
- Plan de abastecimiento de energía para la obra.
- Plan de saneamiento y tratamiento de agua potable y de aguas servidas de los campamentos.
- Plan de recojo y disposición de basura.
- Plan de relaciones sociales entre la constructora y la comunidad local.
- Identificación de acciones finales de mitigación al retiro final del contratista.
- Listado de comprobación del retiro del contratista.

7.2.3 ACCIONES NECESARIAS A CONSIDERAR SEGÚN EL TAMAÑO Y TIPO DE PROYECTO

- Identificación del sistema actual de drenaje de las aguas de escorrentía y de zonas y cursos dinámicos que podrían afectar el proyecto para proponer el diseño de las obras de mitigación y/o, de ser posible, el mejoramiento del sistema.
- Identificación de la afectación que podría sufrir el sistema de riego y las áreas agrícolas, boscosas o naturales, para plantear las obras de mitigación o de mejoramiento, si fuera necesario.
- Identificación de zonas afectadas por erosión por agua, viento o por problemas de inestabilidad diversas.
- Identificación de terrenos húmedos con problemas de drenaje que requieren de soluciones inmediatas.
- Identificación de zonas naturales por preservar, tales como ríos, quebradas, humedales, nevados, lagunas, bosques, santuarios para animales y otros.

- Identificación de zonas arqueológicas, culturales o históricas, declaradas como patrimonio cultural de la nación.
- Identificación de recursos eco turísticos conformado por los cursos de ríos, riqueza de flora y fauna silvestre, paisajes y otros.

7.2.4 UTILIZACIÓN DE RECURSOS DE LA ZONA DEL PROYECTO

- Evaluación de la existencia de canteras de materiales de préstamo, su volumen, calidad y disponibilidad en la zona del proyecto.
- Evaluación de fuentes de agua, su volumen, calidad y disponibilidad en la zona

del proyecto.

- Evaluación de la disponibilidad de la mano de obra local, calificada y no calificada.
- Evaluación de la existencia de especies nativas para revegetar las áreas afectadas por el proyecto.
- Evaluación de la disponibilidad de áreas para instalación de campamentos, patios de máquinas, talleres, oficinas y otros en la zona del proyecto.

7.2.5 SEÑALIZACIÓN DEL DERECHO DE VÍA

- Identificación del Derecho de Vía.
- Marcado del Derecho de Vía requerido para el proyecto.

7.2.6 IDENTIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y PREDIOS A SER AFECTADOS POR EL PROYECTO

- Identificación de viviendas, almacenes, depósitos u otras edificaciones a ser afectadas total o parcialmente por el proyecto, para las que se aplicará el Programa de Adquisición de Áreas por Trato Directo (Ley 27628); Expropiaciones (Ley 27117) o de Reasentamiento Poblacional, según corresponda.
- Identificación de predios agrícolas, ganaderos, mineros y otros que serán afectados parcial o totalmente por el proyecto, para los que se aplicará el programa de compensación económica.

7.3 ACTIVIDADES DEL PROYECTO QUE DEBEN SER CONSIDERADAS EN EL PROGRAMA DEL ESTUDIO DE LAS OBRAS POR EJECUTAR, SEGÚN CORRESPONDA AL TAMAÑO Y NATURALEZA DE CADA PROYECTO ESPECÍFICO

7.3.1 CANTERAS DE MATERIALES

Deberá considerarse lo siguiente:

- Ubicación y distancia a la obra.
- Tipo de cantera: Banco de materiales, zonas de préstamo lateral, área en colina, lecho de río, roca fija y otros.
- Características de los materiales en la cantera: Calidad y potencia y su clasificación para aplicación a partidas de obra.
- Condiciones de propiedad y disponibilidad de la cantera.
- Condiciones de explotación:
  - ✓ Nivel freático.
  - ✓ Aguas de escorrentía.
  - ✓ Accesos.
  - ✓ Pendientes.
- Procedimientos de explotación:
  - ✓ Solo a mano.
  - ✓ Procedimientos mecánicos.
  - ✓ Tipo de transporte a utilizar.
  - ✓ Rendimiento probable de la explotación.
- Determinación de los puntos donde se ubicarán los carteles de señalización informativa y de protección ambiental.
- Plan de manejo ambiental para su explotación.
- Plan de restauración ambiental después de su uso.

7.3.2 FUENTES DE AGUA

Deberá considerarse lo siguiente:

- Ubicación de fuentes de agua y distancias a la obra.
- Tipo de fuente.
- Calidad de agua.
- Cantidad estimada.
- Disponibilidad.
- Variación estacional.
- Plan de manejo ambiental para su utilización.
- Plan de restauración ambiental después de su uso.

7.3.3 ESTABILIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE TALUDES

Uno de los mayores impactos que generan las obras viales, es el deterioro de los suelos y el ambiente por la desestabilización de taludes de corte y de relleno.

Para prevenir o mitigar este impacto, los proyectos deben incluir los siguientes aspectos:

- Identificación de taludes que serán afectados.
- Estudio geotécnico y de drenaje de los taludes susceptibles de

desestabilización.
- Diseño del proyecto de ingeniería destinado a prevenir el riesgo y mejorar en lo posible las características paisajistas de los taludes de corte y de relleno.
- Plan de manejo ambiental para su estabilización y tratamiento.
- Plan de restauración ambiental después de la obra.

7.3.4 DEPÓSITOS PARA MATERIALES EXCEDENTES ORIGINADOS POR LA OBRA

Los aspectos concernientes a la disposición de depósitos para materiales excedentes de obra, originado por los movimientos de tierra y residuos, reviste gran importancia y deben ser previamente planificado.

Debe considerarse como mínimo, los siguientes aspectos:

- Evaluación previa del volumen de material que va generar la obra en sus diferentes etapas (preliminar, constructiva y operación).
- Identificación de las probables áreas para depósitos de material excedente que cuenten con la autorización de la autoridad competente.
- Previsión y programación de las etapas de generación de material excedente.
- Diseño de rutas de transporte que traslade el material excedente.
- Topografía del área prevista.
- Plan de manejo ambiental para el tratamiento de depósitos de material.
- Plan de restauración ambiental después de la obra.

7.3.5 TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS ORIGINADOS POR LA OBRA

El objetivo de efectuar un tratamiento planificado de residuos líquidos que origine la obra es evitar la contaminación de las corrientes de agua, superficiales o subterráneas, mediante una disposición adecuada.

En tal sentido, deben considerarse los siguientes aspectos:

- Definición de las actividades que pueden producir contaminación de aguas.
- Determinación de las instalaciones que se dotarán para minimizar o eliminar la contaminación de aguas.
- Identificación de los lugares donde se instalarán estas instalaciones.
- Plan de manejo ambiental para el tratamiento de residuos líquidos.
- Plan de restauración ambiental después de la obra.

7.3.6 TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORIGINADOS POR LA OBRA

El tratamiento planificado de residuos sólidos que genere la obra, evitará minimizar la contaminación del ambiente, deteriorar el entorno paisajista y prever enfermedades.

En tal sentido, debe considerarse los siguientes aspectos:

- Determinación del tipo y volumen de residuos sólidos que va originar la obra.
- Identificación de los lugares de disposición inicial y final (botaderos).
- Coordinación con la autoridad local para evaluar la implementación de un programa de reciclaje.
- Plan de manejo ambiental para el tratamiento de residuos líquidos.
- Plan de restauración ambiental después de la obra.

7.3.7 CAMPAMENTOS Y PATIOS DE MAQUINARIAS

Por lo general, las obras viales necesitan campamentos y patios de maquinarias, motivo por lo cual hay que considerar medidas para prevenir o reducir los impactos ambientales que puedan producirse durante el funcionamiento de éstas instalaciones.

Por lo expuesto, debe considerarse los siguientes aspectos:

- Evaluación de las zonas donde se ubicarán los campamentos y patios de maquinarias, preferentemente en áreas libres, de escasa cobertura vegetal y de topografía plana para evitar excesivos movimientos de tierra.

- Estas instalaciones no deben interferir el uso del agua de poblaciones cercanas, sobre todo de fuentes de captación susceptibles de agotarse o contaminarse.

- Deberá preverse la instalación de servicios básicos de saneamiento, en un lugar seleccionado que no afecte a los cuerpos de agua.

- El campamento no se localizará en zonas cercanas a corrientes de agua para evitar escurrimientos de residuos líquidos que puedan afectar la calidad de agua.

- Para la instalación de patios de maquinarias debe preverse sistemas de manejo y disposición de grasa y aceites.

- Plan de manejo ambiental para la instalación de campamentos y patios de maquinarias.

- Plan de restauración ambiental después de la obra.

7.3.8 MONITOREO AMBIENTAL

Con la finalidad de lograr la conservación y uso sostenible de los recursos naturales y el ambiente durante las diferentes etapas del proyecto, deberá implementarse un programa de monitoreo ambiental para controlar en el medio físico, la calidad de agua, aire y suelos; en el medio biótico, las zonas naturales y ecológicas y en el medio de interés humano, las zonas arqueológicas y culturales.

En este contexto, en la fase preliminar del estudio debe evaluarse los siguientes aspectos:

- Ubicación de los puntos para el monitoreo de calidad de agua, generalmente donde se ubica la fuente principal de agua, el cruce de un río principal y el cruce de una quebrada tributaria importante.

- Ubicación de los puntos para el monitoreo de calidad de aire, generalmente donde se va ejecutar el mayor movimiento de tierras y donde se va concentrar el mayor número de maquinarias que originará emanación de gases y ruidos sonoros.

- Ubicación de los puntos para el monitoreo de calidad de suelo, por lo general las zonas de mayor erosión y desestabilización.

- Ubicación de los puntos para el monitoreo biótico, en las zonas de mayor cobertura vegetal y presencia ecológica.

- Ubicación de los puntos para el monitoreo de interés humano, en las zonas arqueológicas o culturales.

7.3.9 COSTOS DE MITIGACIÓN

Todos los trabajos de prevención, corrección, mitigación o restauración ambiental que resulten necesarias para conservar el medio ambiente, formarán parte del proyecto y consecuentemente su presupuesto de ejecución estará incluido en el presupuesto de obra a ejecutarse.

Estos costos ambientales se detallarán en el plan de manejo ambiental (en el programa de inversiones específicamente) y serán sustentados con sus respectivos metrados y análisis de precios unitarios.

PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE

MANUAL DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y DRENAJE

ÍNDICE

CAPITULO I
I. INTRODUCCIÓN…… 12

CAPITULO II
II. OBJETIVOS…… 16
2.1 Objetivo…… 16
2.1.1 Objetivo General…… 16
2.1.2 Objetivos Específicos…… 16
2.2 Antecedentes…… 16

CAPITULO III
III. HIDROLOGÍA…… 19
3.1 Alcances …….. 19
3.2 Factores Hidrológicos y Geológicos que inciden en el Diseño Hidráulico de las Obras de Drenaje…… 20
3.3 Estudios de Campo …….. 20
3.4 Evaluación de la Información Hidrológica …… 21
3.5 Área del Proyecto - Estudio de la(s) Cuenca(s) Hidrográfica(s) …. 22
3.6 Selección del Período de Retorno …… 23
3.7 Análisis Estadístico de Datos Hidrológicos…… 25
3.7.1 Modelos de distribución …… 25
3.7.1.1 Distribución Normal …… 26
3.7.1.2 Distribución Log Normal 2 Parámetros …… 26
3.7.1.3 Distribución Log Normal 3 Parámetros …… 27
3.7.1.4 Distribución Gamma 2 Parámetros …… 28
3.7.1.5 Distribución Gamma 3 Parámetros …… 28
3.7.1.6 Distribución Log Pearson Tipo III …… 29
3.7.1.7 Distribución Gumbel …….. 29
3.7.1.8 Distribución Log Gumbel …….. 30
3.7.2 Pruebas de bondad de ajuste …… 30
a) Prueba x^2 …… 30
b) Prueba Kolmorov – Smirnov …….. 32
3.8 Determinación de la Tormenta de Diseño …… 33
3.8.1 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia…… 33
3.9 Tiempo de Concentración …… 38
3.10 Hietograma de Diseño …… 40
3.10.1 Método del Bloque Alterno …… 41
3.11 Precipitación total y efectiva …… 42
3.11.1 Método SCS para abstracciones …… 42
3.12 Estimación de Caudales…… 48

3.12.1 Método IILA 49
3.12.2 Método Racional 49
3.12.2.1 Método Racional Modificado 50
3.12.3 Hidrograma Unitario 52
3.12.3.1 Obtención de hidrogramas unitarios 54
3.12.3.2 Hidrogramas sintéticos 54
a) Hidrograma sintético triangular del SCS 55
b) Método Hidrograma Unitario Sintético de Snyder 57
3.12.4 Sistema de Modelamiento Hidrológico (HMS-Hydrologic Modeling System) 58
3.12.5 Otras Metodologías 62
3.13 Avenida de Diseño..... 65

CAPITULO IV
IV. HIDRÁULICA Y DRENAJE 68
4.1 Drenaje Superficial 68
4.1.1 Drenaje transversal de la carretera 68
4.1.1.1 Aspectos generales 68
4.1.1.2 Premisas para el estudio 68
a) Características topográficas 68
b) Estudio de cuencas hidrográficas 69
c) Características del cauce 69
d) Datos de crecidas 69
e) Evaluación de obras de drenaje existentes 69
4.1.1.3 Alcantarillas..... 70
4.1.1.3.1 Aspectos generales 70
4.1.1.3.2 Ubicación en planta 71
4.1.1.3.3 Pendiente longitudinal 71
4.1.1.3.4 Elección del tipo de alcantarilla 71
a) Tipo y sección 71
b) Materiales 73
4.1.1.3.5 Recomendaciones y factores a tomar en cuenta para el diseño de una alcantarilla 73
4.1.1.3.6 Diseño hidráulico 74
4.1.1.3.7 Consideraciones para el diseño 77
a) Material sólido de arrastre 77
b) Borde libre 79
c) Socavación local a la salida de la alcantarilla 79
d) Mantenimiento y limpieza 80
e) Abrasión 81
f) Corrosión 81
g) Seguridad y vida útil 82
4.1.1.4 Badenes 83
4.1.1.4.1 Consideraciones para el diseño 84

a) Material sólido de arrastre 84
b) Protección contra la socavación 84
c) Pendiente longitudinal del badén 85
d) Pendiente transversal del badén 85
e) Borde libre 85
4.1.1.4.2 Diseño hidráulico 85
4.1.1.5 Puentes 86
4.1.1.5.1 Aspectos generales 86
4.1.1.5.2 Consideraciones para el diseño 87
a) Información básica 87
a.1) Topografía – Batimetría del cauce y zonas adyacentes ... 88
a.2) Ubicación del puente 89
a.3) Muestreo y caracterización del material del lecho 91
a.4) Avenida de Diseño o Caudal Máximo y Períodos de Retorno...92
a.5) Gálibo o Altura libre 93
a.6) Coeficiente de rugosidad de cauces naturales (n de Manning) 94
a.7) Fajas Marginales 97
a.8) Evaluación de obras existentes e información adicional 98
4.1.1.5.3 Parámetros Hidráulicos para el Diseño de Puentes..... 99
a) Perfil de flujo 99
b) Socavación 99
4.1.1.5.4 Cálculo Hidráulico 100
a) Cálculo de niveles de agua 100
a.1) Consideraciones 101
b) Estimación de la Socavación..... 102
b.1) Procesos de socavación asociados al diseño de puentes 102
b.2) Socavación General 103
b.2.1) Método de Velocidad Crítica y Agua Clara 104
b.2.2) Método de Lischtvan – Levediev 105
a) Para suelos granulares 106
b) Para suelos cohesivos 108
b.2.3) Método de Straub 109
b.2.4) Método de Laursen 109
b.3) Socavación Local 113
b.3.1) Estimación de la socavación local en pilares..... 113
b.3.1.1) Método de Laursen y Toch (1953,1956) 114
b.3.1.2) Método de Neill (1964) 118
b.3.1.3) Método de Larras (1963) 119
b.3.1.4) Método de Arunachalam (1965, 1967) 122
b.3.1.5) Método de Carsten (1966) 122
b.3.1.6) Método de Maza-Sánchez (1968) 123
b.3.1.7) Método de Breusers, Nicollet y Shen (1977)..... 128
b.3.1.8) Método de Melville y Sutherland (1988) 129
b.3.1.9) Método de Froehlich (1991) 133

b.3.1.10) Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU) 134
b.3.2) Estimación de la socavación local en estribos ……..... 138
b.3.2.1) Método de Liu, Chang y Skinner …….. 142
b.3.2.2) Método de Artamonov …… 144
b.3.2.3) Método de Laursen …… 145
b.3.2.4) Método de Froehlich …….. 147
b.3.2.5) Método de Melville …… 151
b.3.2.6) Método HIRE …….. 155
b.4) Resumen de Metodologías y Fórmulas para el cálculo de la Socavación …… 156
4.1.1.5.5 Obras de Protección …… 161
a) Enrocados…… 161
1) Método de Maynord …… 161
2) Método del U. S. Department of Transportation……. 162
3) Método del Factor de Seguridad …… 163
3.1) Enrocado para el talud …… 163
3.2) Enrocado para pie de talud …… 166
3.3) Diseño del filtro …… 166
b) Gaviones …… 167
b.1) Protección de pilares …… 168
b.b.1) Método de Maza Alvarez (1989)…… 169
b.b.2) Método propuesto en HEC-18 (1993)…….. 169
4.1.2 Drenaje longitudinal de la Carretera …… 170
a) Período de retorno …… 170
b) Riesgo de obstrucción …… 170
c) Velocidad máxima del agua …….. 171
4.1.2.1 Cunetas …… 171
a) Capacidad de las cunetas …… 173
b) Caudal Q de aporte …… 176
c) Dimensiones mínimas …… 176
d) Desagüe de las cunetas …… 178
e) Revestimiento de las cunetas …….. 179
4.1.2.2 Cunetas o zanjas de coronación 179
4.1.2.3 Zanjas de drenaje …… 181
4.1.2.4 Cunetas de banqueta …… 182
4.1.2.5 Bordillos …… 182
4.1.2.6 Canales de drenaje …… 184
4.2 Drenaje Subterráneo …… 184
4.2.1 Subdrenaje …… 185
4.2.1.1 Requerimientos de Obras de Subdrenaje en proyectos viales **185**
4.2.1.2 Subdrenaje convencional …… 186
4.2.1.3 Subdrenaje sintético …… 187
a). Red de Malla Sintética (similar Geodren) …… 187
b). Geotextil …….. 188

c) Tubo colector perforado 188
4.2.1.4 Criterios de diseño 188
a) Caudal de diseño 188
b) Determinación del tipo de geotextil filtrante 189
c) Determinación de las dimensiones de la sección transversal 194
d) Tasa de Flujo 196
4.2.2 Cajas de registro y buzones 196
4.2.3 Drenes de penetración 197
4.2.4 Drenaje del pavimento 199
4.2.5 Protección del suelo de la explanación contra el agua libre en terreno de elevado nivel freático, llano y sin desagüe… 200
4.2.6 Protección del suelo de explanación situado bajo la calzada contra los movimiento capilares del agua..... 201
4.2.7 Capa drenante 202

CAPITULO V
V. ANEXOS 203
- Laminas 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07
- Bibliografía..... 213
- Glosario..... 217

INDICE DE FORMULAS

Fórmula 1	Selección del Período de Retorno	13
Fórmula 2	Distribución Normal	16
Fórmula 3	Distribución Log Normal 2 parámetros	16
Fórmula 4	Distribución Log Normal 3 parámetros	17
Fórmula 5	Distribución Log Normal 3 parámetros	17
Fórmula 6	Distribución Gamma 2 parámetros	18
Fórmula 7	Distribución Gamma 3 parámetros	18
Fórmula 8	Distribución Log Pearson tipo III	19
Fórmula 9	Distribución Gumbel	19
Fórmula 10	Distribución Gumbel	20
Fórmula 11	Distribución Log Gumbel	20
Fórmula 12	Pruebas de bondad de ajuste	21
Fórmula 13	Prueba Kolmogorov – Smirnov	22
Fórmula 14	Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia	24
Fórmula 15	Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia	26
Fórmula 16	Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia	27
Fórmula 17	Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia	28
Fórmula 18	Tiempo de Concentración	28
Fórmula 19	Método SCS para abstracciones	33
Fórmula 20	Método SCS para abstracciones	33
Fórmula 21	Método SCS para abstracciones	34
Fórmula 22	Método SCS para abstracciones	35
Fórmula 23	Método SCS para abstracciones	35
Fórmula 24	Estimación de Caudales - Método IILA	37
Fórmula 25	Estimación de Caudales - Método IILA	38
Fórmula 26	Estimación de Caudales - Método IILA	38
Fórmula 27	Estimación de Caudales - Método IILA	38
Fórmula 28	Estimación de Caudales - Método Racional	39
Fórmula 29	Método Racional Modificado	40
Fórmula 30	Método Racional Modificado	40
Fórmula 31	Método Racional Modificado	40
Fórmula 32	Método Racional Modificado	40

Fórmula 33	Método Racional Modificado	41
Fórmula 34	Método Racional Modificado	41
Fórmula 35	Método Racional Modificado	41
Fórmula 36	Hidrograma Unitario	42
Fórmula 37	Hidrograma Sintético Triangular del SCS	44
Fórmula 38	Hidrograma Sintético Triangular del SCS	44
Fórmula 39	Hidrograma Sintético Triangular del SCS	45
Fórmula 40	Método Hidrograma Unitario Sintético de Snyder	46
Fórmula 41	Método Hidrograma Unitario Sintético de Snyder	46
Fórmula 42	Sistema de Modelamiento Hidrológico (HMS-Hydrologic Modeling System)	47
Fórmula 43	Otras Metodologías	52
Fórmula 44	Otras Metodologías	52
Fórmula 45	Otras Metodologías	53
Fórmula 46	Otras Metodologías	53
Fórmula 47	Diseño hidráulico	62
Fórmula 48	Consideraciones para el diseño - Material sólido de arrastre ...	66
Fórmula 49	Consideraciones para el diseño – Socavación local a la Salida de la alcantarilla	68
Fórmula 50	Diseño Hidráulico de Badén	73
Fórmula 51	Diseño Hidráulico de Badén	74
Fórmula 52	Muestreo y caracterización del material del lecho	79
Fórmula 53	Coeficiente de rugosidad de cauces naturales (n de Manning)	82
Fórmula 54	Coeficiente de rugosidad de cauces naturales (n de Manning)	84
Fórmula 55	Coeficiente de rugosidad de cauces naturales (n de Manning)	85
Fórmula 56	Cálculo de niveles de agua de un puente	88
Fórmula 57	Método de velocidad crítica y agua clara	92
Fórmula 58	Método de Lischtvan – Levediev para suelos granulares	93
Fórmula 59	Método de Lischtvan – Levediev para suelos granulares	95
Fórmula 60	Método de Lischtvan – Levediev para suelos cohesivos	95
Fórmula 61	Método de Straub	96

Fórmula 62	Cálculo de la socavación por contracción en lecho móvil …….	96
Fórmula 63	Cálculo de la socavación por contracción en lecho móvil …….	98
Fórmula 64	Cálculo de la socavación por contracción en agua clara …….	99
Fórmula 65	Cálculo de la socavación por contracción en agua clara …….	99
Fórmula 66	Caso del flujo de agua paralelo al eje mayor del pilar …….	103
Fórmula 67	Caso del flujo de agua con ángulo de ataque al eje de mayor dimensión del pilar …….	105
Fórmula 68	Método de Neill (1964) …….. …….	106
Fórmula 69	Método de Larras (1963) …….	107
Fórmula 70	Método de Arunachalam (1965, 1967) …….	110
Fórmula 71	Método de Carsten (1966) …….	110
Fórmula 72	Método de Maza - Sánchez (1968) …….	111
Fórmula 73	Método de Maza - Sánchez (1968) …….	111
Fórmula 74	Método de Maza - Sánchez (1968) …….	112
Fórmula 75	Método de Maza - Sánchez (1968) …….	112
Fórmula 76	Método de Breusers, Nicollet y Shen (1977) …….	116
Fórmula 77	Método de Breusers, Nicollet y Shen (1977) …….	116
Fórmula 78	Método de Melville y Sutherland (1988) …….	117
Fórmula 79	Método de Melville y Sutherland (1988) …….	120
Fórmula 80	Método de Froehlich (1991) ……..	121
Fórmula 81	Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU) …….	123
Fórmula 82	Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU) …….	125
Fórmula 83	Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU) …….	125
Fórmula 84	Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU) …….	125
Fórmula 85	Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU) …….	125
Fórmula 86	Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU) …….	126
Fórmula 87	Método de Liu, Chang y Skinner ……..	131
Fórmula 88	Método de Artamonov …….	132
Fórmula 89	Método de Artamonov …….	133
Fórmula 90	Socavación en lecho móvil …….	134
Fórmula 91	Socavación en agua clara …….	135
Fórmula 92	Socavación en agua clara y lecho móvil …….	136
Fórmula 93	Socavación en agua clara y lecho móvil …….	136
Fórmula 94	Socavación en agua clara y lecho móvil …….	137

Fórmula 95	Socavación en agua clara ……	138
Fórmula 96	Estribos Cortos …… ……..	139
Fórmula 97	Estribos Largos ……..	140
Fórmula 98	Estribos Cortos (L< h)…… ……..	142
Fórmula 99	Estribos Cortos (L< h) …… ……..	142
Fórmula 100	Estribos de longitud intermedia (h ≤ L ≤ 25h)……	142
Fórmula 101	Estribos Largos (L > 25h)……	143
Fórmula 102	Estribos Largos (L > 25h)……	143
Fórmula 103	Método HIRE ……	143
Fórmula 104	Enrocados – Método de Maynord ……	147
Fórmula 105	Enrocados – Método del U.S. Department of Transportation ….	148
Fórmula 106	Enrocado para el Talud ……..	150
Fórmula 107	Enrocado para el Talud ……..	150
Fórmula 108	Enrocado para el Talud ……..	150
Fórmula 109	Enrocado para el Talud ……..	150
Fórmula 110	Enrocado para el Talud ……..	152
Fórmula 111	Enrocado para pie de Talud ……..	152
Fórmula 112	Enrocado para pie de Talud ……..	152
Fórmula 113	Enrocado para pie de Talud ……..	152
Fórmula 114	Enrocado para pie de Talud ……..	152
Fórmula 115	Protección de Pilares – Método de Maza Alvarez (1989)……..	155
Fórmula 116	Protección de Pilares – Método propuesto en HEC – 18 (1993).	155
Fórmula 117	Capacidad de Cunetas ……..	160
Fórmula 118	Cunetas – Caudal de aporte ……	163
Fórmula 119	Subdrenaje – Caudal por Abatimiento del nivel freático …….	176
Fórmula 120	Determinación de las dimensiones de la Sección Transversal ….	181
Fórmula 121	Determinación de las dimensiones de la Sección Transversal ….	181
Fórmula 122	Tasa de flujo. ……..	183

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

El Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado mediante Decreto Supremo Nº 034 – 2008 – MTC dispone entre otros la implementación del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, el cual es un documento que resume lo más sustancial de la materia, que servirá de guía y procedimiento para el diseño de las obras de drenaje superficial y subterránea de la infraestructura vial, adecuados al lugar de ubicación de cada proyecto.

La DGCF mediante Memorándum Nº 3599-2008-MTC/14 a la Dirección de Estudios Especiales encarga la elaboración del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje el cual pasará por un proceso de revisión y complementación permanente a través de su difusión vía Internet u otro medio que permita obtener los aportes necesarios por parte de entidades, profesionales y/o empresas dedicadas a la especialidad, a fin de optimizar su contenido.

Las definiciones de los términos utilizados en el presente Manual se describen en la parte final de este documento, asimismo los términos que no se incluyan en él, se encuentran contenidos en el "Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial" aprobado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Las características geográficas, hidrológicas, geológicas y geotécnicas de nuestro país dan lugar a la existencia de problemas complejos en materia de drenaje superficial y subterráneo aplicado a carreteras; debido al carácter muy aleatorio de las múltiples variables (hidrológico-hidráulico, geológico-geotécnico) de análisis que entran en juego, aspectos hidráulicos que aún no están totalmente investigados en nuestro país; el planteamiento de las soluciones respectivas, obviamente estarán afectados por niveles de incertidumbres y riesgos inherentes a cada proyecto. Por lo tanto y dado el carácter general y orientativo del presente Manual, para el

tratamiento de los problemas señalados se deberá aplicar los adecuados criterios profesionales.

Hidrología es la ciencia geográfica que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.

Los estudios hidrológicos son fundamentales para:

El diseño de obras hidráulicas, para efectuar estos estudios se utilizan frecuentemente modelos matemáticos que representan el comportamiento de toda la cuenca en estudio.

El correcto conocimiento del comportamiento hidrológico de un río, arroyo, o de un lago es fundamental para poder establecer las áreas vulnerables a los eventos hidrometeorológicos extremos; así como para prever un correcto diseño de obras de infraestructura vial.

Su aplicación dentro del Manual esta dada en la determinación de los caudales de diseño para diferentes obras de drenaje.

Hidráulica es una rama de la física y la ingeniería que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos. Todo esto depende de las fuerzas que se interponen con la masa (fuerza) y empuje de la misma.

Su aplicación dentro del Manual esta dada en la determinación de las secciones hidráulicas de las obras de drenaje.

Todo esto y muchas aplicaciones más hacen que el Especialista en Hidrología sea un personaje importante en todo equipo

multidisciplinario que enfrenta problemas de ingeniería civil en general y problemas de carácter ambiental.

CAPÍTULO II
OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS:

El Manual persigue alcanzar los siguientes objetivos:

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

Tener un documento técnico que sirva de guía conceptual y metodológica para la determinación de los parámetros hidrológicos e hidráulicos de diseño, de obras de infraestructura vial.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

a. Ofrecer al proyectista de diseño en infraestructura vial (Ingeniero o profesional a fin), de una herramienta práctica para el desarrollo de estudios de hidrología e hidráulica, con criterios ingenieriles, metodologías y recomendaciones que ayuden a proyectar adecuadamente los elementos de drenaje de una carretera.

b. Permitir al proyectista obtener consistentemente la estimación de la magnitud del caudal de diseño, diseñar obras de drenaje que permitan controlar y eliminar el exceso de agua superficial y subterránea que discurren sobre la calzada y debajo de ella, a fin de que no puedan comprometer la estabilidad de la estructura del pavimento, de acuerdo a las exigencias hidrológicas y geomorfológicas del área de estudio, sin afectar el drenaje natural de la zona, ni a la propiedad adyacente.

c. Uniformizar criterios de diseño de las obras de drenaje vial.

2.2 ANTECEDENTES:

El Manual presenta recomendaciones de diseño generales para la elaboración de estudios de hidrología, hidráulica y drenaje, cuyas

metodologías previamente a su aplicación deben ser validadas a las condiciones particulares de cada proyecto vial.

El presente Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje; prima y complementa, los criterios de diseño establecidos en los capítulos de Hidrología y Drenaje del Manual de Caminos Pavimentados y no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito, Manual de Diseño Geométrico-2001 y el Manual de Puentes.

CAPÍTULO III
HIDROLOGÍA

III. HIDROLOGÍA

3.1 Alcances

Este capítulo trata temas relacionados a las metodologías que permiten estimar los caudales de diseño de las obras que constituyen el sistema de drenaje proyectado de la carretera (drenaje superficial y subterráneo).

Partiendo del análisis de la información hidrológica y meteorológica disponible en el área de estudio, se presentan criterios de diseño y límites de aplicación de los métodos considerados, a fin de que el especialista seleccione la alternativa más apropiada para cada caso en particular.

La información hidrológica y meteorológica a utilizar en el estudio deberá ser proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI), entidad que es el ente rector de las actividades hidrometeorológicas en el país. En lugares en que no se cuenta con la información del SENAMHI, y de ser el caso se recabará información de entidades encargadas de la administración de los recursos hídricos del lugar, previa verificación de la calidad de la información.

El registro y estudio de las máximas avenidas anuales permite determinar, bajo cierto supuestos, la probabilidad de ocurrencia de avenidas de una cierta magnitud.

Se debe tener en cuenta que, las avenidas son fenómenos originados por el carácter aleatorio de las descargas de los ríos. La ocurrencia de crecidas de los ríos se describe en términos probabilísticas. Es decir, que cada avenida va asociada una probabilidad de ocurrencia.

Es importante señalar que los métodos y procedimientos que se describen en el presente capítulo abarcan únicamente la determinación de caudales líquidos provenientes de precipitaciones pluviales y no incluye la determinación de caudales provenientes de deshielos, inundaciones causadas por desborde de ríos y colapso de presas de irrigación. Asimismo, no incluye la estimación de caudales sólidos que puedan transportar los cursos naturales. Sin embargo, si el funcionamiento o vida útil de la obra de drenaje proyectada está supeditada al comportamiento de estos factores, el Proyectista deberá tomarlos en cuenta al efectuar los diseños de las obras de drenaje.

3.2 Factores Hidrológicos y Geológicos que inciden en el Diseño Hidráulico de las Obras de Drenaje

El presente ítem describe los factores que influyen en la obtención de diseños adecuados que garanticen el buen funcionamiento del sistema de drenaje proyectado, acorde a las exigencias hidrológicas de la zona de estudio.

El primer factor a considerar se refiere al tamaño de la cuenca como factor hidrológico, donde el caudal aportado estará en función a las condiciones climáticas, fisiográficas, topográficas, tipo de cobertura vegetal, tipo de manejo de suelo y capacidad de almacenamiento.

Los factores geológicos e hidrogeológicos que influyen en el diseño se refieren a la presencia de aguas subterráneas, naturaleza y condiciones de las rocas permeables y de los suelos: su homogeneidad, estratificación, conductividad hidráulica, compresibilidad, etc y también a la presencia de zonas proclives de ser afectadas por fenómenos de geodinámica externa de origen hídrico.

3.3 Estudios de Campo

Los estudios de campo deben efectuarse con el propósito de identificar, obtener y evaluar la información referida: al estado actual de las obras de drenaje existentes, condiciones topográficas e hidrológicas del área de su emplazamiento. Asimismo el estudio de reconocimiento de campo permite identificar y evaluar los sectores críticos actuales y potenciales, de origen hídrico como deslizamientos, derrumbes, erosiones, huaycos, áreas inundables, asentamientos, etc. que inciden negativamente en la conservación y permanencia de la estructura vial (carreteras y/o puentes).

Se debe evaluar las condiciones de las estaciones pluviométricas e hidrométricas, así como la consistencia de los datos registrados.

Por otro lado, el estudio de reconocimiento de campo permite localizar y hacer el estudio correspondiente de todas las cuencas y/o microcuencas hidrográficas, cuyos cursos naturales de drenaje principal interceptan el eje vial en estudio.

Para la elaboración de un estudio o informe de Hidrología, la actividad de estudio de campo a lo largo del proyecto vial, es de carácter obligatorio, por parte del o los especialista (s) a cargo de los estudios hidrológicos e hidráulicos.

3.4 Evaluación de la Información Hidrológica

Dado que el país tiene limitaciones en la disponibilidad de datos ya sea hidrométricos como pluviométricos y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas, generalmente se utilizan métodos indirectos para la estimación del caudal de diseño.

De acuerdo a la información disponible se elegirá el método más adecuado para obtener estimaciones de la magnitud del caudal, el cual será verificado con las observaciones directas realizadas en el

punto de interés, tales como medidas de marcas de agua de crecidas importantes y análisis del comportamiento de obras existentes.

La representatividad, calidad, extensión y consistencia de los datos es primordial para el inicio del estudio hidrológico, por ello, se recomienda contar con un mínimo de 25 años de registro que permita a partir de esta información histórica la predicción de eventos futuros con el objetivo que los resultados sean confiables, asimismo dicha información deberá incluir los años en que se han registrado los eventos del fenómeno “El Niño”, sin embargo dado que durante el evento del fenómeno del niño la información no es medida ya que normalmente se estiman valores extraordinarios, esta información debe ser evaluada de tal manera que no se originen sobredimensionamientos en las obras.

Indiscutiblemente, la información hidrológica y/o hidrometeorológica básica para la realización del estudio correspondiente, deberá ser representativa del área en dónde se emplaza el proyecto vial.

3.5 Área del Proyecto - Estudio de la(s) Cuenca(s) Hidrográfica(s)

El estudio de cuencas está orientado a determinar sus características hídricas y geomorfológicas respecto a su aporte y el comportamiento hidrológico. El mayor conocimiento de la dinámica de las cuencas permitirá tomar mejores decisiones respecto al establecimiento de las obras viales.

Es importante determinar las características físicas de las cuencas como son: el área, forma de la cuenca, sistemas de drenaje, características del relieve, suelos, etc. Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la cobertura vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los

elementos del régimen hidrológico. El estudio de cuencas hidrográficas deberá efectuarse en planos que cuenta el IGN en escala 1:100,000 y preferentemente a una escala de 1/25,000, con tal de obtener resultados esperados.

3.6 Selección del Período de Retorno

El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada "T" años, se le denomina Período de Retorno "T". Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años.

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros.

El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil, lo cual implica que no ocurra un evento de magnitud superior a la utilizada en el diseño durante el primer año, durante el segundo, y así sucesivamente para cada uno de los años de vida de la obra.

El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1- (1-1/T)^n \qquad (1)$$

Si la obra tiene una vida útil de n años, la fórmula anterior permite calcular el período de retorno T, fijando el riesgo de falla admisible R,

el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra. (Ver Figura Nº 01)

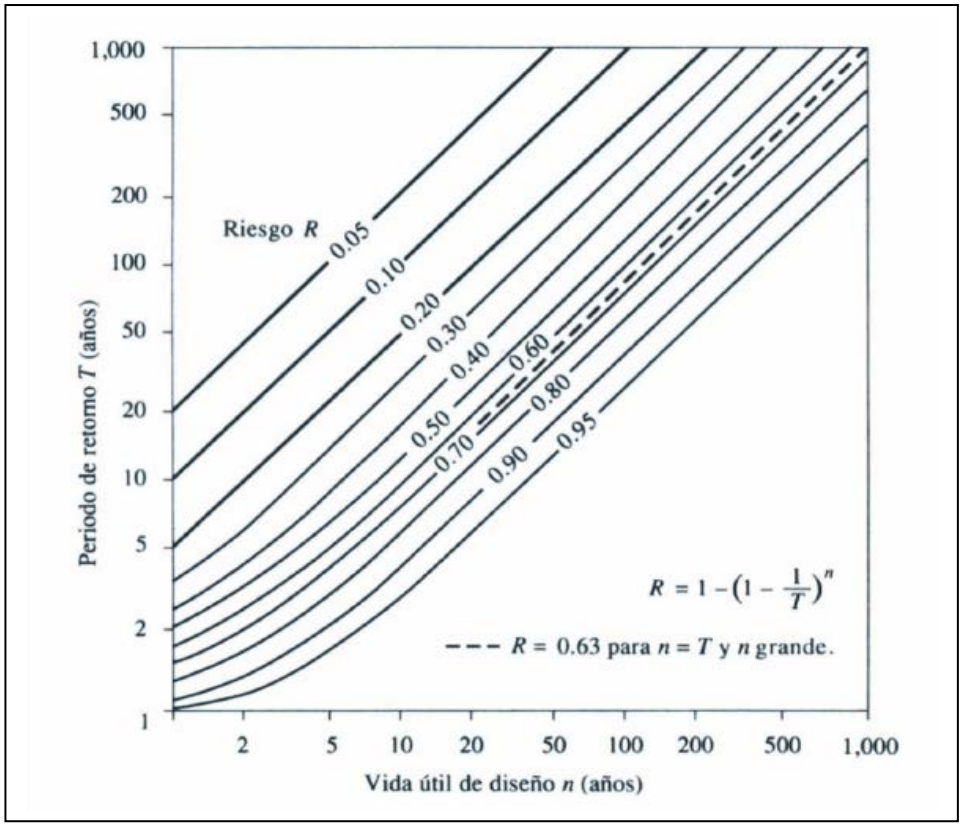


Figura Nº 01. Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil
(Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow)).

En la Tabla Nº 01 se presenta el valor T para varios riesgos permisibles R y para la vida útil n de la obra.

TABLA Nº 01: Valores de Período de Retorno T (Años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,99	1	1,11	1,27	1,66	2,7	5	5,9	11	22	44

Fuente: MONSALVE, 1999.

De acuerdo a los valores presentados en la Tabla Nº 01 se recomienda utilizar como máximo, los siguientes valores de riesgo admisible de obras de drenaje:

TABLA Nº 02: VALORES MAXIMOS RECOMENDADOS DE RIESGO ADMISIBLE DE OBRAS DE DRENAJE

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

(*) - Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.
- Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

(**) **- <u>Vida Útil considerado (n)</u>**

- Puentes y Defensas Ribereñas n= 40 años.
- Alcantarillas de quebradas importantes n= 25 años.
- Alcantarillas de quebradas menores n= 15 años.
- Drenaje de plataforma y Sub-drenes n= 15 años.

- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.
- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

3.7 ANALISIS ESTADISTICO DE DATOS HIDROLOGICOS

3.7.1 Modelos de distribución

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

i. Distribución Normal
ii. Distribución Log Normal 2 parámetros
iii. Distribución Log Normal 3 parámetros
iv. Distribución Gamma 2 parámetros
v. Distribución Gamma 3 parámetros
vi. Distribución Log Pearson tipo III
vii. Distribución Gumbel
viii. Distribución Log Gumbel

3.7.1.1 Distribución Normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2} \qquad \textbf{(2)}$$

Donde

$f(x) =$ función densidad normal de la variable x

X = variable independiente

μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x.

S = parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

3.7.1.2 Distribución Log Normal 2 Parámetros

La función de distribución de probabilidad es:

$$P(x \le x_i) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(-(x-\overline{X})^2 / 2S^2\right)} dx \qquad \textbf{(3)}$$

Donde $\overline{X}$ y S son los parámetros de la distribución.

Si la variable x de la ecuación (2) se reemplaza por una función y=f(x), tal que y=log(x), la función puede normalizarse,

transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal, N(Y, Sy). Los valores originales de la variable aleatoria x, deben ser transformados a y = log x, de tal manera que:

$$\overline{Y} = \sum_{i=1}^{n} \log x_i / n$$

Donde $\overline{Y}$ es la media de los datos de la muestra transformada.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \overline{Y})^2}{n-1}}$$

Donde Sy es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$Cs = a / S^3 y$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n} (y_i - \overline{Y})^3 \qquad (4)$$

Donde Cs es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada. (Monsalve, 1999).

3.7.1.3 Distribución Log Normal 3 Parámetros

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{(2\pi)Sy}} e^{-1/2\left(Ln(x-x_0)-u_y / Sy\right)} \qquad \textbf{(5)}$$

Para x > x0

Donde:

X0: parámetro de posición

Uy: parámetro de escala o media

Sy²: parámetro de forma o varianza

3.7.1.4 Distribución Gamma 2 Parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)} \qquad \textbf{(7)}$$

Válido para:

$0 \leq x < \infty$

$0 < \gamma < \infty$

$0 < \beta < \infty$

Donde:

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

3.7.1.5 Distribución Gamma 3 Parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)} \qquad \textbf{(7)}$$

Válido para:

$x_0 \leq x < \infty$

$-\infty < x_0 < \infty$

$0 < \beta < \infty$

$0 < \gamma < \infty$

Donde:

x_0: origen de la variable x, parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

3.7.1.6 Distribución Log Pearson Tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^{\gamma}\Gamma(\gamma)} \qquad \textbf{(8)}$$

Válido para:

$x_0 \leq x < \infty$

$-\infty < x_0 < \infty$

$0 < \beta < \infty$

$0 < \gamma < \infty$

Donde:

x_0: parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

3.7.1.7 Distribución Gumbel

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \qquad (9)$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma$$

Donde:

α : Parámetro de concentración.

β : Parámetro de localización.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x \qquad (10)$$

Donde:

x : Valor con una probabilidad dada.

$\bar{x}$: Media de la serie.

k : Factor de frecuencia.

3.7.1.8 Distribución Log Gumbel

La variable aleatoria reducida log gumbel, se define como:

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha}$$

Con lo cual, la función acumulada reducida log gumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}} \qquad \textbf{(11)}$$

3.7.2 Pruebas de bondad de ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida.

En la teoría estadística, las pruebas de bondad de ajuste más conocidas son la χ^2 y la Kolmogorov – Smirnov, las cuales se describen a continuación.

a) Prueba χ^2

Esta prueba fue propuesta por Karl Pearson en 1900, se aplica para verificar bondad de las distribuciones normales y log normales.

Para aplicar la prueba, el primer paso es dividir los datos en un número k de intervalos de clase. Luego se calcula el parámetro estadístico:

$$D = \sum_{i=1}^{k} (\theta_i - \varepsilon_i)^2 / \varepsilon_i \qquad (12)$$

Donde:

θ_i es el número observado de eventos en el intervalo i y ε_i es el número esperado de eventos en el mismo intervalo.

ε_i se calcula como:

$$\varepsilon_i = n[F(S_i) - F(I_i)] \qquad i = 1,2,...,k$$

Asimismo; $F(S_i)$ es la función de distribución de probabilidad en el límite superior del intervalo i, $F(I_i)$ es la misma función en el límite inferior y n es el número de eventos.

Una vez calculado el parámetro D para cada función de distribución considerada, se determina el valor de una variable aleatoria con distribución χ^2 para v = k-1-m grados de libertad y un nivel de significancia α, donde m es el número de parámetros estimados a partir de los datos.

Para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir:

$$D \leq X^2_{1-\alpha,k-1-m}$$

El valor de $\chi^2_{1-\alpha,k-1-m}$ se obtiene de tablas de la función de distribución χ^2.

Cabe recalcar que la prueba del X^2, desde un punto de vista matemático solo debería usarse para comprobar la normalidad de las funciones normal y Log normal.

b) Prueba Kolmogorov – Smirnov

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada Fo (xm) y la estimada F (xm):

$$D = máx / Fo(xm) – F(xm)/$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado (Tabla Nº 03). Si D<d, se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de X^2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$Fo(xm) = 1- m / (n+1) \qquad (13)$$

Donde m es el número de orden de dato xm en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos. (Aparicio, 1996)

TABLA Nº 03: Valores críticos d para la prueba Kolmogorov – Smirnov

TAMAÑO DE LA MUESTRA	α = 0.10	α = 0.05	α = 0.01
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32

30	0.22	0.24	0.29
35	0.20	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

Fuente: Aparicio, 1999.

3.8 Determinación de la Tormenta de Diseño

Uno de los primeros pasos en muchos proyectos de diseño es la determinación del evento de lluvia a usar.

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta.

Las tormentas de diseño pueden basarse en información histórica de precipitación de una zona o pueden construirse utilizando las características generales de la precipitación en regiones adyacentes. Su aplicación va desde el uso de valores puntuales de precipitación en el método racional para determinar los caudales picos en alcantarillados de aguas lluvias y alcantarillas de carreteras, hasta el uso de hietogramas de tormenta como las entradas para el análisis de lluvia-escorrentía en embalses de detención de aguas urbanas.

Para determinación de la tormenta de diseño sería recomendable contar con información obtenida a través de un pluviógrafo, ya que este equipo provee información instantánea, sin embargo, la mayoría de estaciones de medición de precipitaciones solo cuentan con pluviómetros que solo proveen de valores medios.

3.8.1 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio, que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{Td} \qquad (14)$$

Donde P es la profundidad de lluvia (mm) y Td es la duración, dada usualmente en horas. La frecuencia se expresa en función del período de retorno, T, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño.

Las curvas intensidad – duración – frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

Para determinar estas curvas IDF se necesita contar con registros pluviográficos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año, con el fin de realizar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas. Es decir, se deben examinar los hietogramas de cada una de las tormentas ocurridas en un año y de estos hietogramas elegir la lluvia correspondiente a la hora más lluviosa, a las dos horas más lluviosas, a las tres horas y así sucesivamente. Con los valores seleccionados se forman series anuales para cada una de las duraciones elegidas. Estas series anuales están formadas eligiendo, en cada año del registro, el mayor valor observado correspondiente a cada duración, obteniéndose un valor para cada año y cada duración.

Cada serie se somete a un análisis de frecuencia, asociando modelos probabilísticas según lo descrito en el ítem 3.7. Así se consigue una asignación de probabilidad para la intensidad de lluvia correspondiente a cada duración, la cual se representa en un gráfico único de intensidad vs. duración, teniendo como parámetro el período de retorno, tal como se muestra en el ejemplo (Ver Figura Nº 02).

Cabe indicar que formar las series anuales es un proceso largo y laborioso, que involucra el examen cuidadoso de los rollos pluviográficos, la lectura de los valores, la digitación de la información, la contrastación y verificación de los valores leídos con los registros pluviométricos cercanos y el análisis de las tormentas registradas para encontrar los máximos valores registrados para cada una de las duraciones seleccionadas.

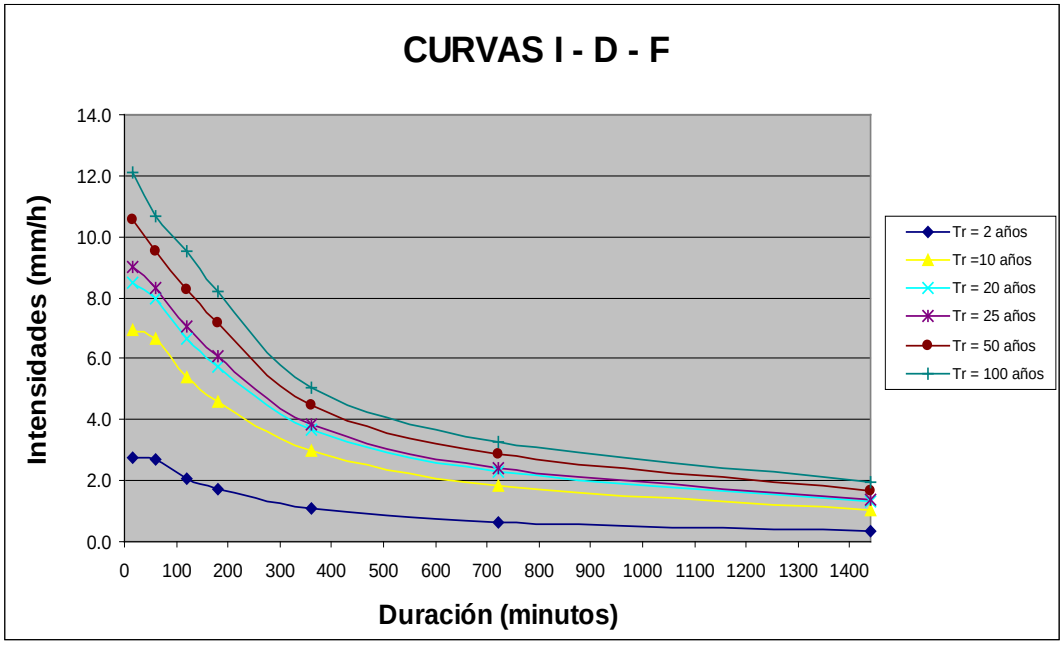


Figura Nº 02: Ejemplo Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para lluvia máxima

Las curvas de intensidad – duración – frecuencia también pueden expresarse como ecuaciones con el fin de evitar la lectura de la intensidad de lluvia de diseño en un una gráfica. Un modelo general es el siguiente:

$$I = \frac{a}{(D+b)^m} \qquad (15)$$

Donde I es la intensidad de lluvia de diseño, D es la duración y a, b y m son coeficientes que varían con el lugar y el período de retorno, asimismo para su determinación se requiere hacer una linealización previa de la ecuación para luego hallar los parámetros a, b y m por medio de regresión lineal.

La duración de la lluvia de diseño es igual al tiempo de concentración (t_c) para el área de drenaje en consideración, dado que la escorrentía alcanza su pico en el tiempo de concentración, cuando toda el área está contribuyendo al flujo en la salida.

En nuestro país, debido a la escasa cantidad de información pluviográfica con que se cuenta, difícilmente pueden elaborarse estas curvas. Ordinariamente solo se cuenta con lluvias máximas en 24 horas, por lo que el valor de la Intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicada por un coeficiente de duración; en la Tabla Nº 04 se muestran coeficientes de duración, entre 1 hora y 48 horas, los mismos que podrán usarse, con criterio y cautela para el cálculo de la intensidad, cuando no se disponga de mejor información.

TABLA Nº 04: Coeficientes de duración lluvias entre 48 horas y una hora

DURACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN HORAS	COEFICIENTE
1	0.25
2	0.31
3	0.38
4	0.44
5	0.50
6	0.56
8	0.64

10	0.73
12	0.79
14	0.83
16	0.87
18	0.90
20	0.93
22	0.97
24	1.00
48	1.32

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Se puede establecer como un procedimiento lo siguiente:

1. Seleccionar las lluvias mayores para diferentes tiempo de duración.
2. Ordenar de mayor a menor.
3. Asignar a cada valor ordenado una probabilidad empírica.
4. Calcular el tiempo de retorno de cada valor.
5. Graficar la curva intensidad-frecuencia-duración.

Para el caso de duraciones de tormenta menores a 1 hora, o no se cuente con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas mediante la metodología de Dick Peschke (Guevara, 1991) que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24\,h}\left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25} \qquad (16)$$

Donde:

Pd = precipitación total (mm)

d = duración en minutos

P_{24h} = precipitación máxima en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación Pd entre la duración.

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K\,T^{m}}{t^{n}} \qquad (17)$$

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/h)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

3.9 Tiempo de Concentración

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.

Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Como existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración t_c. El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca alargada tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Las fórmulas más comunes solo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área.

El tiempo de concentración en un sistema de drenaje pluvial es:

$$\mathbf{tc = to + tf} \qquad (18)$$

Donde:

to: tiempo de entrada, hasta alguna alcantarilla.

tf: tiempo de flujo en los alcantarillados hasta el punto de interés =Σ Li / Vi.

Las ecuaciones para calcular el tiempo de concentración se muestran en la Tabla Nº 05.

TABLA Nº 05: Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración

MÉTODO Y FECHA	FÓRMULA PARA t_c (minutos)	OBSERVACIONES
Kirpich **(1940)**	$t_c = 0.01947.L^{0.77}.S^{-0.385}$ L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar tc por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice **(1942)**	$t_c = 0.0195\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$ L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Izzard **(1946)**	$t_c = \frac{525.(0.0000276.i + c).L^{0.33}}{S^{0.333}.i^{0.667}}$ i = intensidad de lluvia, mm/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, m. S = pendiente de la trayectoria de flujo, m/m.	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y Áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 3800.
Federal Aviation Administration **(1970)**	$t_c = 0.7035\frac{(1.1 - C).L^{0.50}}{S^{0.333}}$ C = coeficiente de escorrentía del método racional. L = longitud del flujo superficial, m. S = pendiente de la superficie, m/m	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers: el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.

Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) **Aron y Erborge (1973)**	$t_c = \frac{7.L^{0.6}.n^{0.6}}{I^{0.4}.S^{0.3}}$ L = longitud del flujo superficial, m. n = coeficiente de rugosidad de Manning. I = intensidad de lluvia, mm/h. S = pendiente promedio del terreno-m/m.	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto I (Intensidad de lluvia) como t_c son desconocidos, la superposición de una curva de intensidad – duración – frecuencia da una solución gráfica directa para t_c.
Ecuación de retardo SCS **(1973)**	$t_c = \frac{0.0136.L^{0.8}\left(\frac{1000}{CN}-9\right)^{0.7}}{S^{0.5}}$ L = longitud hidráulica de la cuenca mayor trayectoria de flujo), m. CN = Número de curva SCS S = pendiente promedio de la cuenca, m/m.	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 800 Ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que t_c = 1.67 x retardo de la cuenca.

Fuente: * SCS Soil Conservation Service

3.10 Hietograma de Diseño

En ocasiones no es suficiente el dato de que (por ejemplo) la precipitación máxima para las 5 horas más lluviosas es de 100 mm. Es posible que necesitemos conocer la evolución de esos 100 mm. a lo largo de esas 5 horas.

Los métodos hidrológicos más modernos requieren no sólo del valor de lluvia o intensidad de diseño, sino de una distribución temporal (tormenta), es decir el método estudia la distribución en el tiempo, de las tormentas observadas.

Una de las maneras de obtenerlo es a partir de las curvas IDF, dentro de ellas el Método del Bloque Alterno, es una manera sencilla. (alternating block method, Chow et al).

3.10.1 Método del Bloque Alterno

El método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt, sobre una duración total de $Td=n.\Delta t$.

Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones Δt, $2\Delta t$, $3\Delta t$, $4\Delta t$, y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo Δt. Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida Td y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño (Figura Nº 03).

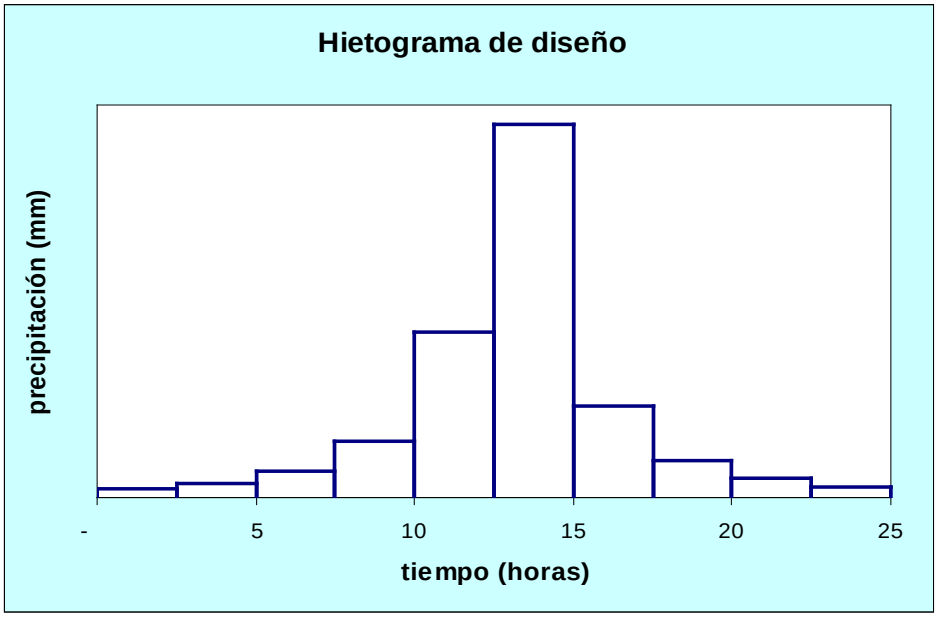


Figura Nº 03: Ejemplo Hietograma de Diseño

3.11 Precipitación total y efectiva

El exceso de precipitación o precipitación efectiva (Pe), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición de flujo superficial hortoniano. Las gráficas de exceso de precipitación vs. el tiempo o hietograma de exceso de precipitación es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia-escorrentía. La diferencia entre el hietograma de lluvia total y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de intercepción y almacenamiento superficial.

El hietograma de exceso de precipitación puede calcularse a partir del hietograma de precipitación en una o dos formas, dependiendo de si existe o no información de caudales disponibles para la tormenta.

3.11.1 Método SCS para abstracciones

El Soil Conservation Service (1972) desarrolló un método para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta. Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa Pe es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación P; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca Fa es menor o igual a alguna retención potencial máxima S. Existe una cierta cantidad de precipitación Ia (abstracción inicial antes del encharcamiento) para lo cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es P-Ia.

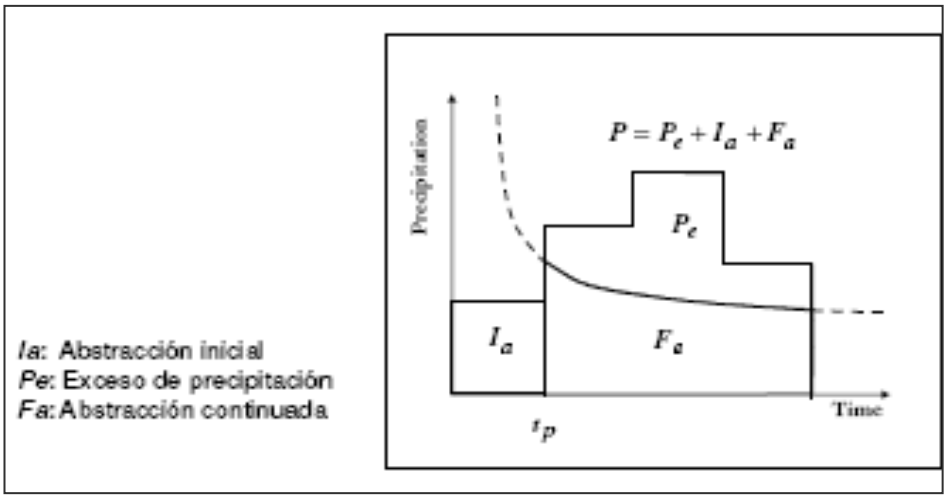


Figura Nº 04: Variables en el método.
(Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow))

La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir:

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia}$$

Del principio de continuidad:

$$P = P_e + I_a + F_a$$

Combinando las ecuaciones anteriores y resolviendo para Pe se encuentra:

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S} \qquad (19)$$

La cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS (Ver Figura Nº 05).

Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica.

$$Ia = 0.2\ S$$

Con base en esto:

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (20)$$

El uso de esta metodología exige la determinación del valor respectivo del CN (número adimensional de curva o curva numero), correspondiente al área específica en estudio, valor que debe ser obtenido mediante procesos de calibración. La calibración del parámetro CN se realiza con información de campo, de algunos eventos en el que se disponga de datos de precipitación y caudales resultantes; luego se corre el modelo hasta ajustar el hidrograma calculado con el observado en el campo. Es un proceso de prueba error en donde se ajusta el parámetro (CN) hasta obtener coincidencias entre ambos hidrogramas.

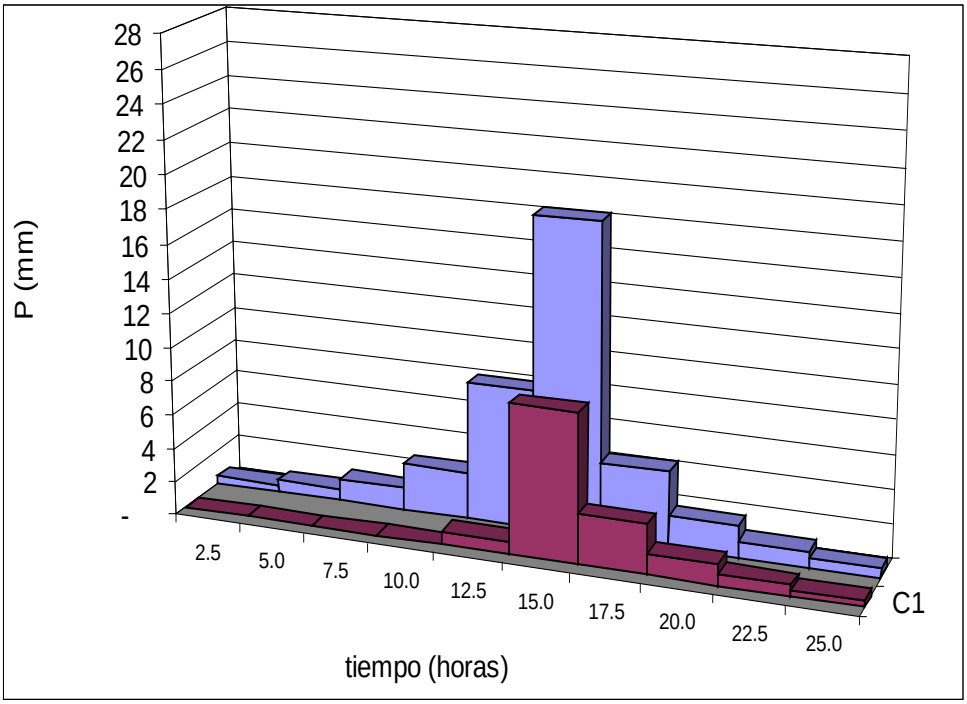


Figura Nº 05. Ejemplo Hietograma de Precipitación efectiva

Como alternativa, y como valor referencial, el parámetro CN puede estimarse mediante el siguiente procedimiento:

Se define un número adimensional de curva CN, tal que $0 \leq CN \leq 100$. Para superficies impermeables y superficies de agua CN = 100; para superficies naturales $CN < 100$. El número de curva y S se relacionan por:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \qquad (21)$$

Donde S está en pulgadas.

Los números de curvas se aplican para condiciones para condiciones antecedentes de humedad normales (AMC II). Para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), los números de curva equivalentes pueden calcularse por:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \qquad (22)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \qquad (23)$$

TABLA Nº 06: Clasificación de clases antecedentes de humedad (amc) para el método de abstracciones de lluvia del SCS

Grupo AMC	Lluvia antecedente total de 5días (pulg)	
	Estación inactiva	Estación activa
I	Menor que 0,5	Menor que 1,4
II	0,5 a 1,1	1,4 a 2,1
III	Sobre 1,1	Sobre 2,1

Fuente: Soil Conservation Service

Los números de curva han sido tabulados por el Soil Conservation Service con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra. Se definen cuatro grupos de suelos:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Los valores de CN para varios tipos de uso de la tierra en estos tipos de suelos se muestran en la Tabla Nº 07. Para una cuenca hecha de varios tipos de suelos y con diferentes usos de la tierra, se puede calcular un CN compuesto.

TABLA Nº 07: Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, Ia = 0.2s)

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada[1]: sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
cubierta buena[2]	25	55	70	77
Área abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.				
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80
condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos Industriales /72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial[3]:				
Tamaño promedio del lote — Porcentaje promedio impermeable[4]				
1/8 acre o menos — 65	77	85	90	92
1/4 acre — 38	61	75	83	87
1/3 acre — 30	57	72	81	86
1/2 acre — 25	54	70	80	85
1 acre — 20	51	68	79	84
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc.[5]	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados[5]	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

1 Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap.9.

2 Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.

3. Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los sucesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.

4. Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.

5. En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

(Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow))

3.12 ESTIMACIÓN DE CAUDALES

Cuando existen datos de aforo en cantidad suficiente, se realiza un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana al punto de interés. Se calculan los caudales para los períodos de retorno de interés (2, 5, 10, 20, 50, 100 y 500 años son valores estándar) usando la distribución log normal, log pearson III y Valor Extremo Tipo I (Gumbel), etc., según el ítem 3.7

Cuando no existen datos de aforo, se utilizan los datos de precipitación como datos de entrada a una cuenca y que producen un caudal Q. cuando ocurre la lluvia, la cuenca se humedece de manera progresiva, infiltrándose una parte en el subsuelo y luego de un tiempo, el flujo se convierte en flujo superficial.

A continuación se presentan algunas metodologías:

3.12.1 Método IILA

Son escasas las estaciones que ofrecen información automatizada de registros pluviales, por lo que existe bastante dispersión en los datos. Con el método IILA, la intensidad de lluvia que tiene una duración t (en horas), para un periodo de retorno T (en años), es:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T)t^{n-1} \qquad (24)$$

Y la precipitación $P_{t,T}$ tiene la siguiente relación:

$$P_{t,T} = a(1 + K \log T)t^{n} \qquad (25)$$

Según la metodología empleada las fórmulas son válidas para 3 ≤ t ≤ 24 horas.

Para t ≤ 3 horas se usa:

$$i_{t,T} = a(1 + K \log T)(t + b)^{n-1} \qquad (26)$$

Las constantes a, b, K y n fueron determinadas en el "Estudio de la Hidrología del Perú" realizado por el convenio IILA-SENAMHI-UNI (Plano n.2-C), 1983.

Otra expresión que se utiliza es:

$$i_{t,T} = \frac{\varepsilon_t}{t}(1 + K \log T) \qquad (27)$$

Nuevamente ε_t y K son valores característicos de cada sub-región hidrológica. Muchas veces ε_t es función de la altitud Y.

(Mayor información se puede hallar en el realizado por el convenio IILA-SENAMHI-UNI, 1983).

3.12.2 Método Racional

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (coef. escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, A<10 Km^2. Considerar que la duración de P es igual a tc.

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0{,}278\ CIA \qquad (28)$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m^3/s)

C : Coeficiente de escorrentía (Ver Tabla Nº 08)

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km^2).

TABLA Nº 08: Coeficientes de escorrentía método racional

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		> 50%	> 20%	> 5%	> 1%	< 1%
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

El valor del coeficiente de escorrentía se establecerá de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de las quebradas cuyos cursos interceptan el alineamiento de la carretera en estudio. En virtud a ello, los coeficientes de escorrentía variarán según dichas características.

3.12.2.1 Método Racional Modificado

Es el método racional según la formulación propuesta por Témez (1987, 1991) adaptada para las condiciones climáticas de España. Y permite estimar de forma sencilla caudales punta en cuencas de

drenaje naturales con áreas menores de 770 km^2 y con tiempos de concentración (Tc) de entre 0.25 y 24 horas, la fórmula es la siguiente:

$$Q = 0{,}278\ CIAK \qquad (29)$$

Donde:

Q : Descarga máxima de diseño (m^3/s)

C : Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km^2)

K : Coeficiente de Uniformidad

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

A) Tiempo de Concentración (Tc)

$$Tc = 0.3(L / S^{0.25})^{0.76} \qquad (30)$$

Donde:

L= Longitud del cauce mayor (km)

S= Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)

B) Coeficiente de Uniformidad

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} \qquad (31)$$

Donde:

T_c= Tiempo de concentración (horas)

C) Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor (k_A)

$$K_A = 1 - (\log_{10} A/15) \qquad (32)$$

Donde:

A : Área de la cuenca (Km^2)

D) Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)

$$P = k_A P_d \qquad (33)$$

Donde:

k_A : Factor reductor

P_d : Precitación máxima diaria (mm)

E) Intensidad de Precipitación (I)

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - Tc^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} \qquad (34)$$

Donde:

P : Precitación máxima corregida (mm)

Tc : Tiempo de concentración (horas)

F) Coeficiente de Escorrentía (C)

$$C = \frac{(P_d - P_o) * (P_d + 23 * P_o)}{(p_d + 11 * P_o)^2} \qquad (35)$$

Donde:

P_d : Precitación máxima diaria (mm)

P_o : Umbral de escorrentía = $\left(\frac{5000}{CN}\right) - 50$

CN : Número de curva

3.12.3 Hidrograma Unitario

El hidrograma es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica; siendo el hidrograma unitario de una cuenca, el hidrograma de escorrentía directa que se produciría en la

salida de la cuenca si sobre ella se produjera una precipitación neta unidad de una duración determinada (por ejemplo, 1 mm. durante 1 hora).

El hidrograma unitario es el método lineal propuesto por Sherman en 1932, como un hidrograma típico para la cuenca. Se denomina unitario puesto que, el volumen de escorrentía bajo el hidrograma se ajusta generalmente a 1 cm (ó 1 pulg).

El hidrograma unitario se puede considerar como un impulso unitario en un sistema lineal. Por lo tanto es aplicable el principio de superposición; 2 cm de escorrentía producirán un hidrograma con todas las ordenadas dos veces más grandes que aquellas del hidrograma unitario, es decir, la suma de dos hidrogramas unitarios.

Matemáticamente, el hidrograma unitario es la función Kernel U (t-T) dada por:

$$q(t) = \int i(t)U(t-T)dt \qquad (36)$$

Donde:

q (t): función del hidrograma de salida
i (t): función del hietograma de entrada

Se debe tomar en cuenta que aún cuando las características físicas de la cuenca permanezcan relativamente constantes, las características variables de las tormentas producen cambios en la forma de los hidrogramas resultantes.

Las características de una tormenta son: La duración de la lluvia, el patrón intensidad – tiempo, la distribución espacial de la lluvia y la cantidad de escorrentía.

Podremos concluir, que el hidrograma unitario es el hidrograma de un centímetro (o una pulgada) de escorrentía directa de una tormenta con una duración especificada.

3.12.3.1 Obtención de hidrogramas unitarios

La obtención de los hidrogramas unitarios se parte de valores naturales registrados o se pueden generar hidrogramas sintéticos.

El mejor hidrograma unitario es aquel que se obtiene a partir de: una tormenta de intensidad razonablemente uniforme; una duración deseada; un volumen de escorrentía cercano o mayor a 1 cm (ó 1 pulg.)

El proceso de obtención de hidrogramas unitarios a partir de registros naturales de caudales es el siguiente:

- Separar el flujo base de la escorrentía directa.
- Determinar el volumen de escorrentía directa.
- Las ordenadas del hidrograma de escorrentía directa se dividen por la profundidad de escorrentía observada.
- Las ordenadas ajustadas forman el hidrograma unitario.

3.12.3.2 Hidrogramas sintéticos

Además de los hidrogramas naturales, existen hidrogramas sintéticos que son simulados, artificiales y se obtienen usando las características fisiográficas y parámetros de la cuenca de interés. Su finalidad es representar o simular un hidrograma representativo del

fenómeno hidrológico de la cuenca, para determinar el caudal pico para diseñar.

a) Hidrograma sintético triangular del SCS

Con base en la revisión de un gran número de HU, el SCS sugiere este hidrograma donde el tiempo está dado en horas y el caudal en m3/s.cm.

El volumen generado por la separación de la lluvia en neta y abstracciones es propagado a través del río mediante el uso del hidrograma unitario.

El tiempo de recesión, tr, puede aproximarse a:

$$tr = 1.67T$$

Como el área bajo el HU debe ser igual a una escorrentía de 1 cm, puede demostrarse que:

$$q_p = \frac{2.08A}{Tp} \qquad (37)$$

Donde:

A : es el área de drenaje en Km^2

Tp : es el tiempo de ocurrencia del pico en horas

Adicionalmente, un estudio de muchas cuencas ha demostrado que:

$$tp = 0{,}6tc$$

Donde:

tp: Tiempo de retardo (entre el centroide del hietograma y el pico de caudal) (*h*)

tc: Tiempo de concentración de la cuenca.

El tiempo de ocurrencia del pico, Tp, puede expresarse como:

$$Tp = \frac{D}{2} + tp \qquad (38)$$

Donde:

D: duración de la lluvia (*h*)

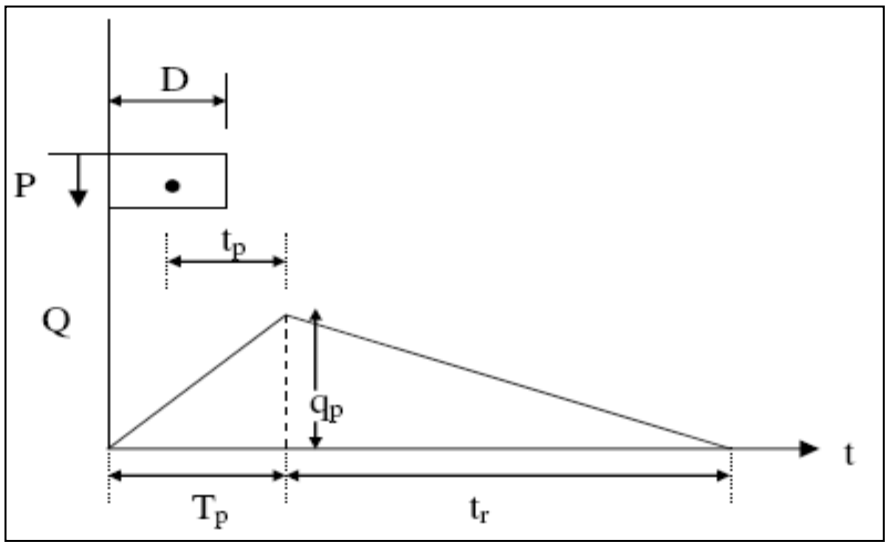


Figura Nº 06: Hidrograma Unitario Triangular del SCS.
(Fuente: Hidrología Aplicada (Ven te Chow))

Este método es recomendable tan solo para cuencas de hasta a 30 Km^2. Es muy usado en cuencas sin muchos datos hidrológicos.

Para cuencas urbanas, donde t_p y t_c disminuyen por la impermeabilización y canalización se aplica:

$$t_p = t_p \text{ (cuenca natural)}.f_1.f_2 \qquad (39)$$

$$f_1 = 1 - M_a K$$

$$f_2 = 1 - M_c K$$

Donde:

Ma: Porcentaje de aumento de áreas impermeables

Mc: Porcentaje de áreas canalizadas

$$K = (-0{,}02185CN^{3} - 0{,}4298CN^{2} + 355CN - 6789) * 10^{-6}$$

b) Método Hidrograma Unitario Sintético de Snyder

Snyder definió el hidrograma unitario estándar como aquel cuya duración de lluvia tr está relacionada con el retardo de cuenca tp por

$$tp = 5.5\ tr$$

El retardo de cuenca está dado por:

$$tp\ (\text{hr}) = 0.75\ Ct\ (L*Lc)^{0.3} \qquad (40)$$

Donde:

L : Longitud del curso principal en km.

Lc : Longitud del curso principal al centro de gravedad en km.

El caudal pico por unidad de área de drenaje en $m^3/s * km^2$ del hidrograma unitario estándar es:

$$q_p = \frac{2.75C_p}{t_p}$$

A partir de un hidrograma unitario deducido en la cuenca se obtienen los valores de su duración efectiva t_R en horas, su tiempo de retardo en la cuenca t_{pR} en horas y su caudal pico por unidad de área de drenaje q_{pR} en $m^3/s*km^2*cm$.

El retardo de cuenca estándar es:

$$t_p = t_{pR} + (t_r - t_R) / 4 \qquad (41)$$

La relación entre q_p y el caudal pico por unidad de área de drenaje q_{pR} del hidrograma unitario requerido es:

$$q_{pR} = q_p \; t_p / t_{Pr}$$

El rango de aplicación de este método es de 30 a 30 000 Km^2

3.12.4 Sistema de Modelamiento Hidrológico (HMS-Hydrologic Modeling System)

El Sistema de Modelado Hidrológico es una aplicación desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers).

Con el modelo HEC-HMS, se puede simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

Cada componente modela un aspecto del proceso de escurrimiento por precipitaciones dentro de una parte de la cuenca comúnmente referida como una subcuenca. Un componente puede representar una identidad de escurrimiento superficial, un canal de flujo o embalse.

La representación de un componente requiere un conjunto de parámetros que especifiquen las características particulares del componente y las relaciones matemáticas que describen el proceso físico. El resultado del proceso del modelaje es el cálculo de los hidrógrafos del flujo en sitios elegidos de la cuenca del río.

El HEC-HMS, representa la versión para Windows de la versión HEC-1, desarrollada para D.O.S, en la cual se han mejorado los

conceptos hidrológicos, los resultados e hidrogramas producidos se almacenan en una base de datos que pueden usarse directamente por el HEC-RAS en la elaboración de estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, predicción del flujo, reducción de los daños de las avenidas, etc.

Para poder utilizar este programa se debe disponer de la siguiente información:

- Características de la precipitación, la intensidad se obtiene de las curvas I-d-f (Intensidad, duración, frecuencia), o puede ajustarse utilizando los procedimientos mencionados anteriormente. Es importante señalar que las precipitaciones parciales deben introducirse en intervalos fijos.

- Características de la cuenca (Área, forma, Longitud del cauce principal, centro de gravedad, pendiente media del terreno, cobertura vegetal, tipo de prácticas de pastoreo, tipos de precipitación, etc).

Cuando se usa el HEC – HMS uno debe juntar los elementos que componen el sistema.

La cuenca se crea “seleccionando” los elementos de la columna izquierda, arrastrándolos al centro de la “zona de trabajo”. Los elementos se unen por medio de “tramos” (Reach, en la lista). Estos a su vez se adhieren a los elementos colocando sus extremos dentro de los mismos. Para poder editar los elementos, se presiona rápidamente dos veces sobre ellos hasta que aparezca la caja de diálogo en la que se deben incluir los datos respectivos. Los datos que se requieren para la cuenca, además del área (en km^2) son tres:

a) Función de infiltración y los parámetros correspondientes. La función de infiltración debe escogerse de la siguiente lista:

i. Servicio de Conservación de Suelos (SCS)
ii. Green y Ampt
iii. Inicial / Constante
iv. Inicial / déficit.
v. No hay pérdida

b) Función del hidrograma unitario y los parámetros correspondientes. La función del diagrama unitario debe ser escogerse de la siguiente lista:
i. Clark.
ii. Snyder.
iii. SCS.
iv. Clark modificado.
v. Definido por el usuario.
vi. Onda cinemática.

c) Función de recesión de las avenidas y los parámetros y variables correspondientes.

i. Recesión.
ii. Flujo constante mensual.
iii. No hay flujo base.

En el caso de la función de infiltración, escogemos la del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, SCS. Se necesitan 3 tipos de datos: la pérdida inicial (en mm), el número de curva (CN) y el porcentaje de suelo impermeable en la cuenca. La pérdida inicial es la cantidad de lluvia en mm que se produce antes de ocasionar el flujo superficial. Por otro lado, el número de curva se define en base al tipo de suelo, cobertura vegetal, y prácticas de pastoreo. El porcentaje impermeable está dado por el área ocupada por lagunas y

zonas rocosas que para propósitos prácticos puede considerarse impermeable.

En el caso del hidrograma unitario, se utilizará la función de Snyder para exponer los parámetros necesarios. Se requieren básicamente dos: tp, que es el tiempo en horas que transcurre entre el centro de gravedad de la precipitación y el caudal pico; y Cp que se estima en base a cuencas vecinas de características similares. El primer parámetro se calcula con la siguiente fórmula:

$$t_p = C_1 C_t (LL_c)^{0.3} \qquad (42)$$

En donde t_p es el tiempo, en horas, que transcurre entre el centro de gravedad de la precipitación ocasionada por una tormenta, C_1 es igual a 0.75 en el Sistema Internacional y C_t es "un parámetro deducido en base a cuencas con instrumentos de medición de la misma región". L es la distancia, en kilómetros del cauce principal de la cuenca desde la divisoria hasta la salida y Lc es la distancia (en kilómetros) desde el punto más cercano al centro de gravedad de la cuenca hasta la salida. C_p varía entre 0.4 y 0.8, según la pendiente y capacidad de almacenamiento de la cuenca.

En quebradas intermitentes el flujo base puede considerarse igual a cero, pero en quebradas mayores el flujo debe estimarse en base a mediciones realizadas a lo largo de varios años y posiblemente establecer valores de flujo base mensual.
Los datos de salida se presentan en forma tabular, sintetizadas en un sumario o gráfica.

Las estimaciones obtenidas usando el programa mencionado deben ser usadas de manera prudente por el especialista, el cual debe tener un conocimiento cabal de la región del mundo en la cual se desempeña.

En una cuenca pequeña es probable que no sea necesario unir varias subcuencas para obtener el caudal de salida, mientras que en cuencas mayores es necesario realizar el tránsito de avenidas.

Los métodos que se utilizan comúnmente son los siguientes:

i. Muskingum
ii. SCS
iii. Muskingum – Cunge.
iv. Onda Cinemática

Las variables de entrada del método de Muskingum son K y X, que se basan en mediciones de hidrogramas realizados en el cauce. K es una medida del tiempo de transporte de una onda de un punto a otro, expresándose en unidades de tiempo (horas) y X es una variable adimensional que fluctúa entre 0 y 0.3 y que tiene un valor típico de 0.2.

En el método del SCS sólo se especifica un tiempo de retraso de la onda. Básicamente se “traslada” la onda de un tiempo a otro sin tomar en cuenta las pérdidas por fricción.

Tanto el método de la Onda Cinemática como el método de Muskingum – Cunge requieren datos de la geometría del canal principal, el cual se modela asumiendo que el canal es un trapecio, un triángulo o un círculo. Se necesita por lo tanto el ancho de la base (o diámetro), la inclinación de los taludes (z), el coeficiente de rugosidad del cauce (n = coeficiente de Manning), la pendiente de la línea de energía, Sf y la longitud del tramo, L. La pendiente de la línea de energía se asume igual a la pendiente del canal en el tramo de interés.

3.12.5 Otras Metodologías

Otra metodología es la identificación en el campo de indicadores de altura de agua durante la inundación que, junto con las

características geométricas de la sección del sitio, son usados en cálculos hidráulicos estándar para estimar los picos de caudal.

Este método se basa en las características del flujo crítico (Chow, 1959) y requiere de la selección previa en campo de aquellas secciones en las cuales se cumplen las condiciones de flujo crítico durante una inundación dada. Sin embargo, presenta la ventaja de no depender de la estimación arbitraria de variables tales como rugosidad o pendiente. En cauces de sección no rectangular, la velocidad crítica (V_c) se define como la raíz cuadrada del calado crítico (y_c) multiplicado por la aceleración de la gravedad (g= 9.8 m/s^2). El caudal (Q) que circula a través de la sección es calculado usando la ecuación: $Q = A_{c*}V_c$ (m^3/s), donde A_c es el área de la sección.

A partir de datos empíricos de numerosos cauces contendientes superiores a 0.002 m/m, Jarrett (1984-1987) ha desarrollado una ecuación que permite predecir el valor de *n* usando el gradiente de energía S (m/m) y el radio hidráulico R en metros, $n = 0.32R^{0.38}S^{-0.16}$. Así la ecuación de Manning puede ser reformulada para calcular la velocidad del flujo y el caudal en cauces naturales con pendientes altas adquiriendo la siguiente forma:

$$V = 3.17R^{0.83}S^{0.12} \qquad (43)$$

$$Q = 3.17AR^{0.83}S^{0.12} \qquad (44)$$

Donde:

V : velocidad media del flujo (m/s)

Q : Caudal punta (m^3/s)

A : área de la sección mojada (m^2)

S : gradiente de energía que puede ser sustituido por la pendiente de la superficie del agua o la pendiente del lecho.

Otra metodología es la que resalte la influencia de El Fenómeno “El Niño”, en especial en la Vertiente del Pacífico del Perú, departamentos de Piura y Tumbes, donde es necesario un tratamiento especial del análisis para determinar el caudal de diseño.

Según los antecedentes, “El Fenómeno El Niño / Oscilación Sur” (“ENOS”), tiene impactos globales en el planeta y tiene su origen en la interacción océano – atmósfera, los efectos en el continente se manifiesta alterando el régimen de caudales de los ríos, incrementando significativamente unos y generando fuertes déficit en otros. Según los antecedentes el “ENOS”, ha tenido gran influencia sobre la vertiente del Océano Pacífico, variando de Norte a Sur según los años. Los Niños Extraordinarios del 82/83 y 97/98 tuvieron un impacto generalizado en toda la vertiente, creando condiciones de excesos hídricos que provocaron desastres.

El Análisis de caudales máximos permitirá determinar los caudales máximos instantáneos producidos en diferentes escenarios de Eventos “ENOS”. La información utilizada son caudales máximos diarios y máximos instantáneos de la información disponible. En estaciones que no cuentan con información, se aplicaran extrapolaciones y relaciones empíricas como las desarrolladas por Tucci (1991), las cuales permiten obtener los caudales máximos instantáneos, cuyas relaciones matemáticas son:

Cuencas menores de 3500 km^2

$$\mathbf{Qmáx = Qmd\ (1+2.66\ A^{-0.30}\ )} \quad (45)$$

Cuencas mayores de 3500 km^2

$$\text{:} \qquad \mathbf{Qmáx = Qmd\ (1+1.2\ A^{-0.036}\ )} \quad (46)$$

Siendo:

Qmáx : caudal máximo instantáneo

Qmd : caudal máximo diario

A : área de la cuenca de recepción en el punto de control hidrométrico

Se pueden considerar los siguientes valores:

- Superficie mayor a 3000 Km^2 1.2
- Superficie comprendida entre 1000 y 3000 km^2 1.3
- Superficie comprendida entre 800 y 1000 km^2 1.4
- Superficie comprendida entre 600 y 800 km^2 1.6
- Superficie comprendida entre 400 y 600 km^2 2.0
- Superficie comprendida entre 200 y 400 km^2 2.5
- Superficie menor a 200 km^2 de 3.0 hasta 5.0

Generalmente, se admite un coeficiente variando entre 1.2 y 2.2 (con valor promedio de 1.6) con una probabilidad de 90% para esta relación.

3.13 Avenida de Diseño

La Avenida de Diseño es el caudal que se escoge, mediante diversas consideraciones, para dimensionar un proyecto (o una parte de él). Para su determinación se usa la información básica proporcionada por el estudio hidrológico (Estimación de Caudales) y se incorporan los conceptos correspondientes a riesgo, vulnerabilidad, importancia y costo de obra y muchos otros más, como por ejemplo el tipo de río y de puente. En nuestro país, existe escasez de datos, por lo que juegan un papel muy importante la experiencia y el buen tino del ingeniero proyectista para escoger la Avenida de Diseño. Dentro de los criterios para la selección de los valores posibles están los relativos al máximo nivel alcanzado por el agua, la capacidad del encauzamiento, si fuese el caso las máximas socavaciones y muchas otras más.

La Avenida de Diseño debe escogerse de modo de garantizar la estabilidad del río y del puente y teniendo en cuenta la evaluación de los daños potenciales involucrados en una potencial falla.

Se debe tener en cuenta además que los dos últimos meganiños (1983 y 1998), tuvo como característica, desde el punto de vista hidrológico y en relación con la estabilidad de las estructuras, es la aparición de avenidas de larga duración, de varios días.

CAPÍTULO IV
HIDRÁULICA Y DRENAJE

IV. HIDRÁULICA Y DRENAJE

4.1 DRENAJE SUPERFICIAL

4.1.1 Drenaje transversal de la carretera

4.1.1.1 Aspectos generales

El Estudio de Hidráulica y Drenaje se recomienda iniciarse después de aprobado el proyecto de Diseño Geométrico, y es de actividad obligatoria la inspección insitu del drenaje natural.

El drenaje transversal de la carretera tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia.

El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, considerada como una estructura menor, su densidad a lo largo de la carretera resulta importante e incide en los costos, por ello, se debe dar especial atención a su diseño.

Las otras estructuras que forman parte del drenaje transversal es el badén y el puente, siendo éste último de gran importancia, cuyo estudio hidrológico e hidráulico que permite concebir su diseño, tiene características particulares y serán tratadas de manera general en el numeral 4.1.1.5 del presente Manual.

El objetivo principal en el diseño hidráulico de una obra de drenaje transversal es determinar la sección hidráulica más adecuada que permita el paso libre del flujo líquido y flujo sólido que eventualmente transportan los cursos naturales y conducirlos adecuadamente, sin causar daño a la carretera y a la propiedad adyacente.

4.1.1.2 Premisas para el estudio

a) Características topográficas.- Para el caso de obras de cruce menores (alcantarillas), el levantamiento topográfico realizado para la carretera, deberá cubrir aquellos sectores donde se emplazarán dichas obras, de tal manera que permita definir el perfil longitudinal

del cauce tanto aguas arriba y aguas abajo de la sección de cruce. En el caso de obras de cruce mayores como puentes, la amplitud que deberá abarcar el levantamiento topográfico, se establece lo indicado en el punto 4.1.1.5.2 a.1) del presente manual.

b) Estudio de cuencas hidrográficas.- Se refiere a la identificación de las cuencas hidrográficas que interceptan el alineamiento de la carretera, con el objetivo de establecer los caudales de diseño y efectos de las crecidas. Se deberá indicar la superficie, pendiente y longitud del cauce principal, forma, relieve, tipo de cobertura vegetal, calidad y uso de suelos, asimismo; los cambios que han sido realizados por el hombre, tales como embalses u otras obras de cruce que pueden alterar significativamente las características del flujo.

c) Características del cauce.- Se refiere a las características del lecho, tales como forma, tipo de suelo, tipo de cobertura vegetal, tipo de material de arrastre, sólidos flotantes, fenómenos de geodinámica externa y otros factores que inciden en el tamaño y durabilidad de la obra de cruce.

d) Datos de crecidas.- Se procederá según las metodologías expuestas en el Capítulo III del Manual. Como información adicional se analizarán y evaluarán las marcas dejadas por crecidas o eventos anteriores. Adicionalmente, se recopilará la información proporcionada por lugareños, con la finalidad de contar con información adicional de campo.

e) Evaluación de obras de drenaje existentes.-

Antes de efectuar la evaluación de las obras de drenaje existentes, el Proyectista debe conocer o tomar en cuenta lo siguiente:

- Nivel de intervención sobre la vía en estudio, tomar en cuenta las conclusiones de los estudios de pre-inversión, para la coherencia del ciclo del proyecto de inversión.
- Contar con las progresivas del proyecto en campo.

- La evaluación hidráulica de las estructuras existentes, deberá ser complementada con los evaluaciones de un Especialista en Estructuras y Obras de arte, para las evaluaciones del estado estructural de los elementos de una obra de drenaje existente.
- El resultado de la evaluación de las obras de drenaje será presentado en fichas técnicas de campo.

La evaluación del comportamiento desde el punto de vista hidráulico estructural de estructuras ubicadas aguas arriba o aguas abajo de la estructura proyectada es de mucha utilidad, porque permite contar con información relevante para lograr diseños adecuados, tomando cuenta su funcionamiento ante la presencia de procesos geomorfológicos como erosión, sedimentación u otros fenómenos, a los que han estado sometidas.

4.1.1.3 ALCANTARILLAS

4.1.1.3.1 Aspectos generales

Se define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera.

La densidad de alcantarillas en un proyecto vial influye directamente en los costos de construcción y de mantenimiento, por ello, es muy importante tener en cuenta la adecuada elección de su ubicación, alineamiento y pendiente, a fin de garantizar el paso libre del flujo que intercepta la carretera, sin que afecte su estabilidad.

La ubicación óptima de las alcantarillas depende de su alineamiento y pendiente, la cual se logra proyectando dicha estructura siguiendo la alineación y pendiente del cauce natural. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el incremento y disminución de la pendiente influye en la variación de la velocidad de flujo, que a su vez incide en la capacidad de transporte de materiales en suspensión y arrastre de fondo.

En la proyección e instalación de alcantarillas el aspecto técnico debe prevalecer sobre el aspecto económico, es decir que no pueden sacrificarse ciertas características hidráulicas sólo con el objetivo de reducir los costos. Sin embargo, es recomendable que la ubicación, alineamiento y pendiente que se elija para cada caso, estará sujeta al buen juicio del especialista, quien deberá estudiar los aspectos hidrológicos, hidráulicos, estructurales y fenómenos de geodinámica externa de origen hídrico, para obtener finalmente la solución más adecuada compatible con los costos, operatividad, servicialidad y seguridad de la carretera.

4.1.1.3.2 Ubicación en planta

La ubicación en planta ideal es la que sigue la dirección de la corriente, sin embargo, según requerimiento del Proyecto la ubicación natural puede desplazarse, lo cual implica el acondicionamiento del cauce, a la entrada y salida con la construcción de obras de encauzamiento u otras obras complementarias.

4.1.1.3.3 Pendiente longitudinal

La pendiente longitudinal de la alcantarilla debe ser tal que no altere desmesuradamente los procesos geomorfológicos, como la erosión y sedimentación, por ello, los cambios de pendiente deben ser estudiados en forma cuidadosa, para no incidir en dichos procesos que pueden provocar el colapso de la estructura.

En los Anexos: Lámina Nº 01, se aprecia la ubicación típica de alcantarillas respecto a la pendiente del cauce.

4.1.1.3.4 Elección del tipo de alcantarilla

a) Tipo y sección

Los tipos de alcantarillas comúnmente utilizadas en proyectos de carreteras en nuestro país son; marco de concreto, tuberías metálicas corrugadas, tuberías de concreto y tuberías de polietileno de alta densidad.

Las secciones mas usuales son circulares, rectangulares y cuadradas. En ocasiones especiales que así lo ameriten puede usarse alcantarillas de secciones parabólicas y abovedadas.

En carreteras de alto volumen de tránsito y por necesidad de limpieza y mantenimiento de las alcantarillas, se adoptará una sección mínima circular de 0.90 m (36”) de diámetro o su equivalente de otra sección, salvo en cruces de canales de riego donde se adoptarán secciones de acuerdo a cada diseño particular.

Las alcantarillas tipo marco de concreto de sección rectangular o cuadrada pueden ubicarse a niveles que se requiera, como colocarse de tal manera que el nivel de la rasante coincida con el nivel superior de la losa o debajo del terraplén. Generalmente, se recomienda emplear este tipo de alcantarillas cuando se tiene la presencia de suelos de fundación de mala calidad.

Es importante instalar alcantarillas permanentes con un tamaño lo suficientemente grande como para desalojar las avenidas de diseño más los escombros que se puedan anticipar.

En cauces naturales que presentan caudales de diseño importantes donde la rasante no permite el emplazamiento de una alcantarilla de dimensión considerable, se suelen colocar alcantarillas múltiples, sin embargo, este diseño debe tener en cuenta la capacidad de arrastre del curso natural (palizada, troncos y material de cauce) y su pendiente longitudinal para evitar obstrucciones, recomendándose utilizar obras con mayor sección transversal libre, sin subdivisiones.

En el caso del proceso constructivo de tuberías para alcantarillas múltiples, se recomienda que la separación de los tubos, medida entre las superficies externas, deberá ser tal que facilite la compactación del material de relleno igual a la mitad del diámetro de la tubería con un máximo de 1.0 m y 0.4 m como mínimo.

Asimismo, en cauces naturales con caudales de diseño considerables, pendiente longitudinal reducida y transporte de palizada como es el caso de cursos naturales ubicados en la región selva de nuestro

país, se recomienda la colocación de obras con la mayor sección hidráulica posible que dependiendo del aspecto económico podrán utilizarse alcantarillas tipo arcos parabólicos o abovedadas.

En los Anexos: Lamina Nº 02, se aprecia una sección típica de alcantarilla tipo tubería metálica corrugada (TMC) con protección a la entrada y salida.

En la Lámina Nº 03, se aprecia secciones típicas de alcantarillas tipo marco de concreto con protecciones de entrada y salida.

b) Materiales

La elección del tipo de material de la alcantarilla depende de varios aspectos, entre ellos podemos mencionar el tiempo de vida útil, costo, resistencia, rugosidad, condiciones del terreno, resistencia a la corrosión, abrasión, fuego e impermeabilidad. En conclusión no es posible dar una regla general para la elección del tipo de material a emplear en la construcción de la alcantarilla, sino que además de los aspectos mencionados anteriormente depende del tipo de suelo, del agua y principalmente de la disponibilidad de materiales en el lugar.

4.1.1.3.5 Recomendaciones y factores a tomar en cuenta para el diseño de una alcantarilla

A continuación se presentan algunas recomendaciones prácticas y factores que intervienen para el diseño adecuado de una alcantarilla.

a) Utilizar el período de retorno para el diseño, según lo establecido en el Numeral 3.6 del Capítulo III del Manual.

b) Para asegurar la estabilidad de la carretera ante la presencia de asentamientos provocados por filtraciones de agua, la alcantarilla debe asegurar la impermeabilidad.

Asimismo, dentro de los factores se mencionan los siguientes:

a) Como factores físicos y estructurales, tenemos: la durabilidad, altura de relleno disponible para la colocación de la alcantarilla, cargas actuantes sobre la alcantarilla y calidad y tipo de terreno existente.

b) Dentro de los factores hidráulicos, tenemos: el caudal de diseño, pendiente del cauce, velocidad de flujo, material de arrastre, pendiente de la alcantarilla y rugosidad del conducto.

c) Otros factores importantes que deben ser tomados en cuenta para la elección del tipo de alcantarilla, son la accesibilidad a la zona del proyecto y la disponibilidad de materiales para su construcción.

4.1.1.3.6 Diseño hidráulico

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las alcantarillas a proyectarse, es lo establecido por la fórmula de Robert Manning* para canales abiertos y tuberías, por ser el procedimiento más utilizado y de fácil aplicación, la cual permite obtener la velocidad del flujo y caudal para una condición de régimen uniforme mediante la siguiente relación.

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \qquad (47)$$

$$R = A / P$$

$$Q = VA$$

Donde:

Q: Caudal (m^3/s)

V: Velocidad media de flujo (m/s)

A: Área de la sección hidráulica (m^2)

P: Perímetro mojado (m)

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente de fondo (m/m)

n: Coeficiente de Manning (Ver Tabla Nº 09)

* Actualmente existen modelos hidráulicos para el diseño de alcantarillas, desarrollados por la Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation. Programa de distribución gratuita de la siguiente página: http:/www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software.cfm

TABLA Nº 09: Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n)

TIPO DE CANAL			MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
A.CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido	0.009	0.010	0.013
		b. Acero			
		soldado	0.010	0.012	0.014
		con remaches	0.013	0.016	0.017
		c. Metal corrugado			
		sub - dren	0.017	0.019	0.021
		dren para aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto	0.010	0.011	0.013
		tubo recto y libre de basuras	0.011	0.013	0.014
		tubo con curvas, conexiones	0.011	0.012	0.014
		afinado	0.013	0.015	0.017
		tubo de alcantarillado con			
		cámaras, entradas.	0.012	0.013	0.014
		Tubo con moldaje de acero.	0.012	0.014	0.016
		Tubo de moldaje madera cepillada	0.015	0.017	0.020
		Tubo con moldaje madera en bruto			
		b. Madera	0.010	0.012	0.014
		duelas	0.015	0.017	0.020
		laminada y tratada	0.018	0.025	0.030
		c. Albañilería de piedra.			
B.CANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso	0.011	0.012	0.014
		sin pintar	0.012	0.013	0.017
		pintado	0.021	0.025	0.030
		b. Corrugado			
	B.2 NO METÁLICO	a. Madera	0.010	0.012	0.014
		Sin tratamiento	0.011	0.012	0.015
		Tratada	0.012	0.015	0.018
		Planchas			
		b. Concreto	0.011	0.013	0.015
		afinado con plana	0.015	0.017	0.020
		afinado con fondo de grava	0.014	0.017	0.020
		sin afinar	0.017	0.020	
		excavado en roca de buena calidad	0.022	0.027	
		excavado en roca descompuesta			
		c. Albañilería	0.017	0.025	0.030
		piedra con mortero	0.023	0.032	0.035
		piedra sola			
C. EXCAVADO		a. Tierra, recto y uniforme	0.016	0.018	0.020
		nuevo	0.022	0.025	0.030
		grava	0.022	0.027	0.033
		con algo de vegetación			
		b. Tierra, sinuoso	0.023	0.025	0.030
		sin vegetación	0.025	0.030	0.033
		con malezas y pasto	0.030	0.035	0.040
		maleza tupida, plantas	0.025	0.035	0.040
		fondo pedregoso - malezas.			
		c. Roca	0.025	0.035	0.040
		suave y uniforme	0.035	0.040	0.050
		irregular			
		d. Canales sin mantención	0.050	0.080	0.120
		maleza tupida	0.040	0.050	0.080
		Fondo limpio, bordes con vegetación			

D. CORRIENTES NATURALES	D.1. CORRIENTES MENORES (ANCHO SUPERF. < 30 m)	a. Ríos en planicies rectos, sin zonas muertas rectos sin zonas muertas con piedras y malezas Sinuoso, vegetación y piedras Sinuoso, vegetación y bastante pedregoso Abundante vegetación, sinuoso. b. Torrentes de montaña, sin vegetación, bordes abruptos. Árboles y arbustos sumergidos Parcialmente en crecidas con piedras y Pocas rocas grandes rocas y piedras en el fondo.	0.025 0.030 0.035 0.045 0.075 0.030 0.040	0.030 0.036 0.045 0.050 0.100 0.040 0.050	0.033 0.040 0.050 0.060 0.150 0.050 0.070
	D.2 PLANICIES DE INUNDACION	a. con pasto sin arbusto pastizales bajos pastizales altos b. áreas cultivadas sin cultivo con cultivos c. Arbustos y Malezas escasos densos d. Arboles sauces tierra despejada con troncos	0.025 0.030 0.020 0.030 0.040 0.070 0.110 0.030	0.030 0.035 0.030 0.040 0.060 0.100 0.150 0.040	0.035 0.050 0.040 0.050 0.080 0.160 0.200 0.050
	D3 Ríos Principales (ancho superior a 30 m)	Secciones Regulares Secciones Irregulares	0.025 0.035	- -	0.060 0.100

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos, Ven Te Chow, 1983.

Se debe tener en cuenta la velocidad, parámetro que es necesario verificar de tal manera que se encuentre dentro de un rango, cuyos límites se describen a continuación.

TABLA Nº 10: Velocidades máximas admisibles (m/s) en conductos revestidos

TIPO DE REVESTIMIENTO	VELOCIDAD (M/S)
Concreto	3.0 – 6.0
Ladrillo con concreto	2.5 – 3.5
Mampostería de piedra y concreto	2.0

Fuente: HCANALES, Máximo Villon B.

Se deberá verificar que la velocidad mínima del flujo dentro del conducto no produzca sedimentación que pueda incidir en una

reducción de su capacidad hidráulica, recomendándose que la velocidad mínima sea igual a 0.25 m/s.

Asimismo, se debe tener muy en cuenta la velocidad de flujo a la salida de la alcantarilla, generalmente esta velocidad es mayor que la velocidad de escurrimiento en el cauce natural y debe limitarse a fin de evitar procesos de socavación del cauce aguas abajo de la estructura y no afecte su estabilidad.

A continuación, se presenta una tabla con valores máximos admisibles de velocidades de flujo según el tipo de material donde se desplaza.

TABLA Nº 11: Velocidades máximas admisibles (m/s) en canales no revestidos

TIPO DE TERRENO	FLUJO INTERMITENTE (M/S)	FLUJO PERMANENTE (M/S)
Arena fina (no coloidal)	0.75	0.75
Arcilla arenosa (no coloidal)	0.75	0.75
Arcilla limosa (no coloidal)	0.90	0.90
Arcilla fina	1.00	1.00
Ceniza volcánica	1.20	1.00
Grava fina	1.50	1.20
Arcilla dura (coloidal)	1.80	1.40
Material graduado (no coloidal)		
Desde arcilla a grava	2.00	1.50
Desde limo a grava	2.10	1.70
Grava	2.30	1.80
Grava gruesa	2.40	2.00
Desde grava a piedras (< 15 cm)	2.70	2.10
Desde grava a piedras (> 20 cm)	3.00	2.40

Fuente: Manual de Carreteras de California

4.1.1.3.7 Consideraciones para el diseño

a) Material sólido de arrastre

La palizada, material sólido y hasta desperdicios arrojados a los cauces naturales y que son arrastrados por la corriente, son

elementos muy perjudiciales si se acumulan en la alcantarilla e inciden en su comportamiento hidráulico. No solamente afecta a la alcantarilla, también afecta las zonas aledañas de la carretera. Consecuentemente, es importante que las carreteras cuenten con un programa de mantenimiento rutinario, a fin de identificar los sectores vulnerables, propensos de ser afectados por este fenómeno.

Durante el diseño de la alcantarilla, se pueden adoptar todo tipo de medidas para evitar estos problemas, en primer lugar se puede evitar la acumulación de palizada y material sólido mediante la construcción de obras adicionales, como disipadores o cámaras especiales que permitan retener sólidos, desperdicios y ramas, para luego efectuar su limpieza. Otra alternativa es dejar pasar los sólidos, desperdicios y ramas mediante la construcción de alcantarillas de mayor sección hidráulica acorde al estudio puntualizado de la cuenca de aporte. Se recomienda en lo posible, no modificar la pendiente natural del curso de agua a lo largo de la alcantarilla.

Las recomendaciones mencionadas anteriormente deben ser analizadas desde el punto de vista económico, ya que pueden incrementar el costo de construcción, costo de obras adicionales, así como los costos por trabajos de limpieza y mantenimiento.

En zonas de selva alta en donde las características físicas y geomorfológicos (típicas) sean:

- Cauces encajonados, en V, inactivos o con flujo permanente de agua.
- Pendientes entre 5% y 60%, es decir de medianas a fuertes.
- Tipo de suelo: taludes y lecho de material granular, aluviales, coluviales, con matriz fina de arena y limos, gravas y gravillas; es decir vulnerables a erosión pluvial.
- Tipo de vegetación, arbustica, en taludes.

Estas características, indican que el flujo en los cauces, son flujos de barros, con posibles huaycos menores, debido a que el agua de la

lluvia satura el material de los taludes incrementando la masa y reduciendo la cohesión de las partículas, y que son arrastrados con el agua. Así mismo, el caudal sólido es por lo menos 2 veces mayor que el caudal líquido, la velocidad, varía entre 2 y 10 m/s (Prochaska, Santi, 2008).

Se recomienda utilizar, en zonas de selva alta, con las características físicas y geomorfológicos indicadas en el párrafo anterior, como diámetro mínimo alcantarillas TMC Φ 48"

Se puede considerar en forma práctica, para calcular el orden de magnitud de este caudal sólido, la siguiente fórmula:

$$Q_s = \rho A V \qquad (48)$$

Q_s = caudal sólido

ρ = 2,650 kg/m^3 (densidad promedio del material sólido)

A = área transversal del material sólido retenido,

V = velocidad aproximada del flujo sólido (Estimar de acuerdo a la zona de trabajo, 2 m/s, conservador) (J. Casafranca).

b) Borde libre

El borde libre en alcantarillas es un parámetro muy importante a tomar en cuenta durante su diseño hidráulico, por ello, las alcantarillas no deben ser diseñadas para trabajar a sección llena, ya que esto incrementa su riesgo de obstrucción, afectando su capacidad hidráulica.

Se recomienda que el diseño hidráulico considere como mínimo el 25 % de la altura, diámetro o flecha de la estructura.

c) Socavación local a la salida de la alcantarilla

Si la velocidad del flujo a la entrada y particularmente a la salida de la alcantarilla es alta, puede producir procesos de socavación local que afecte su estabilidad, por ello, se recomienda la protección del cauce

natural mediante la construcción de emboquillados de piedra, enchapado de rocas acomodadas u otros tipos de revestimientos, los cuales deberán extenderse hasta zonas donde la socavación local no tenga incidencia sobre la protección

Una medida para reducir la velocidad del flujo, es la construcción de aliviaderos de entrada y salida de la alcantarilla en forma escalonada con el objetivo de disipar la energía hidráulica.

En los Anexos: Lámina Nº 04, se aprecia una sección típica de alcantarilla con aliviadero de salida tipo disipador de energía hidráulica.

A continuación, se presenta la fórmula de Laushey que permite calcular el diámetro medio de los elementos de protección a la salida de alcantarillas en función de la velocidad del flujo.

$$d_{50} = \frac{V^2}{(3.1g)} \qquad (49)$$

Donde:

d_{50} : Diámetro medio de los elementos de protección (m)

V : Velocidad media del flujo a la salida de la alcantarilla (m/s)

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

En los Anexos: Lámina Nº 05, se aprecia una sección típica de alcantarilla con enrocado de protección a la salida.

d) Mantenimiento y limpieza

Las dimensiones de las alcantarillas deben permitir efectuar trabajos de mantenimiento y limpieza en su interior de manera factible. Es importante realizar estos trabajos con la finalidad que funcionen adecuadamente, tal como se ha previsto en el diseño.

Es necesario efectuar un programa de mantenimiento que incluyan inspecciones antes y después de períodos lluviosos para comprobar el estado hidráulico estructural de la obra y obtener datos como marcas dejadas por las crecidas, acumulación de material, depósito

de sedimentos, presencia de palizada, socavación de cauce y daños estructurales.

Las inspecciones permitirán tomar las medidas correctivas que conlleven al planteamiento de soluciones, necesidad de nuevos diseños, reposiciones o construcción de obras adicionales.

e) Abrasión

La abrasión es una acción mecánica de rozamiento que consiste en la erosión del material de la alcantarilla por la acción de sólidos flotantes transportados por el cauce natural. Este fenómeno depende del carácter y cantidad de material de arrastre, duración, frecuencia y velocidad del flujo.

Es importante tomar en cuenta este fenómeno al momento de elegir el tipo de material del cual estará constituida la alcantarilla.

f) Corrosión

La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno y puede manifestarse como consecuencia de la acción de elementos activos presentes en el suelo, agua o atmósfera.

Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad del fluido en contacto con el metal y de las propiedades de los metales en cuestión.

Las condiciones ambientales que contribuyen a la corrosión de alcantarillas son condiciones alcalinas y ácidas presentes en el suelo y en el agua, y la conductividad eléctrica del suelo.

El agua con alta salinidad causa intensa corrosión a corto plazo en el acero.

Es importante señalar que cualquier material utilizado en la construcción de alcantarillas expuesto al agua de mar o cuando las alcantarillas se ubiquen en zonas costeras cercanas al mar requieren

algún tipo de protección para asegurar su vida útil. Lo mismo, sucede con los ácidos producidos por minas de carbón u otras operaciones mineras.

Se indica, asimismo que los suelos con alto contenido de materia orgánica son nocivos para los metales ya que se corroen.

En el caso de alcantarillas de metal corrugado generalmente se utiliza capas protectoras tales como recubrimientos asfálticos, sin embargo, esta medida muchas veces no es suficiente, por lo que un material de mayor resistencia sería el más adecuado para actuar en medios muy agresivos.

g) Seguridad y vida útil

El diseño de alcantarillas debe garantizar la adecuada y correcta evacuación del flujo que discurre hacia a la carretera mediante la obtención de diseños hidráulicos adecuados.

Existen medidas para prolongar la vida útil de las alcantarillas y mejorar sus condiciones de servicio.

Las medidas que se utilizan con mayor frecuencia se mencionan a continuación:

- Con la finalidad de proteger las alcantarillas constituidas por tubos metálicos corrugados de la presencia de agentes exteriores que puedan afectarlas, se recomienda el uso de recubrimiento asfáltico, de esta manera se logra incrementar su vida útil.
- Cuando las condiciones de exposición son muy agresivas, tales como velocidades excesivas con presencia de elementos abrasivos en el flujo, presencia de aguas salinas o ácidas provenientes de establecimientos mineros, suelos alcalinos y suelos con presencia de turba, el recubrimiento asfáltico no ofrece una protección suficiente, bajo estas condiciones no es recomendable el uso de alcantarillas metálicas, por ello, se recomienda el uso de otros materiales para la construcción de

alcantarillas, como concreto de alta resistencia o tubos de alta densidad.

4.1.1.4 BADENES

Las estructuras tipo badén son soluciones efectivas cuando el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento, porque permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente que se presentan con mayor intensidad durante períodos lluviosos y donde no ha sido posible la proyección de una alcantarilla o puente.

Los materiales comúnmente usados en la construcción de badenes son la piedra y el concreto, pueden construirse badenes de piedra acomodada y concreto que forman parte de la superficie de rodadura de la carretera y también con paños de losas de concreto armado.

Los badenes con superficie de rodadura de paños de concreto se recomiendan en carreteras de primer orden, sin embargo, queda a criterio del especialista el tipo de material a usar para cada caso en particular, lo cual está directamente relacionado con el tipo de material que transporta el curso natural.

Se recomienda evitar la colocación de badenes sobre depósitos de suelos finos susceptibles de ser afectados por procesos de socavación y asentamientos.

El diseño de badenes debe contemplar necesariamente la construcción de obras de protección contra la socavación y uñas de cimentación en la entrada y salida, así como también losas de aproximación en la entrada y salida del badén.

Dependiendo del tipo de material de arrastre que transporte el curso natural donde se ubicará el badén, se pueden adoptar diseños mixtos, es decir badén – alcantarilla, que permitan evacuar flujos menores en épocas de estiaje y a su vez flujos de materiales sólidos en períodos extraordinarios, sin embargo, estos diseños deben ser estudiados minuciosamente para poder ser empleados, mediante un estudio integral de la cuenca que drenará el badén, ya que el

material transportado puede originar represamientos, poniendo en riesgo su estabilidad y permanencia.

La ventaja de las estructuras tipo badén es que los trabajos de mantenimiento y limpieza se realizan con mayor eficacia, siendo el riesgo de obstrucción muy bajo.

4.1.1.4.1 Consideraciones para el diseño

a) Material sólido de arrastre

El material de arrastre es un factor importante en el diseño del badén, recomendándose que no sobrepase el perímetro mojado contemplado y no afecte los lados adyacentes de la carretera.

Debido a que el material sólido de arrastre constituido por lodo, palizada u otros objetos flotantes, no es posible cuantificarlo, se debe recurrir a la experiencia del especialista, a la recopilación de antecedentes y al estudio integral de la cuenca, para lograr un diseño adecuado y eficaz.

b) Protección contra la socavación

Es importante que el badén proyectado cuente con obras de protección contra la socavación, a fin de evitar su colapso. Según se requiera, la protección debe realizarse tanto aguas arriba como aguas abajo de la estructura, mediante la colocación de enrocados, gaviones, pantallas de concreto u otro tipo de protección contra la socavación, en función al tipo de material que transporta el curso natural.

Asimismo, si el estudio lo amerita, con la finalidad de reducir la energía hidráulica del flujo a la entrada y salida del badén, se recomienda construir disipadores de energía, siempre y cuando estas estructuras no constituyan riesgos de represamientos u obstrucciones.

El diseño del badén también deberá contemplar uñas de cimentación tanto a la entrada como a la salida de la estructura, dichas uñas

deberán desplantarse preferentemente sobre material resistente a procesos erosivos.

En los Anexos: Lámina Nº 06, se aprecia una sección típica de badén con protección tanto en la entrada como en la salida.

c) Pendiente longitudinal del badén

El diseño hidráulico del badén debe adoptar pendientes longitudinales de ingreso y salida de la estructura de tal manera que el paso de vehículos a través de él, sea de manera confortable y no implique dificultades para los conductores y daño a los vehículos.

d) Pendiente transversal del badén

Con la finalidad de reducir el riesgo de obstrucción del badén con el material de arrastre que transporta curso natural, se recomienda dotar al badén de una pendiente transversal que permita una adecuada evacuación del flujo.

Se recomienda pendientes transversales para el badén entre 2 y 3%.

e) Borde libre

El diseño hidráulico del badén también debe contemplar mantener un borde libre mínimo entre el nivel del flujo máximo esperado y el nivel de la superficie de rodadura, a fin de evitar probables desbordes que afecten los lados adyacentes de la plataforma vial.

Generalmente, el borde libre se asume igual a la altura de agua entre el nivel de flujo máximo esperado y el nivel de la línea de energía, sin embargo, se recomienda adoptar valores entre 0.30 y 0.50m.

4.1.1.4.2 Diseño hidráulico

Para el diseño hidráulico se idealizará el badén como un canal trapezoidal con régimen uniforme.

Este tipo de flujo tiene las siguientes propiedades:

a) La profundidad, área de la sección transversal, velocidad media y gasto son constantes en la sección del canal.

b) La línea de energía, el eje hidráulico y el fondo del canal son paralelos, es decir, las pendientes de la línea de energía, de fondo y de la superficie del agua son iguales. El flujo uniforme que se considera es permanente en el tiempo. Aún cuando este tipo de flujo es muy raro en las corrientes naturales, en general, constituye una manera fácil de idealizar el flujo en el badén, y los resultados tienen una aproximación práctica adecuada.

La velocidad media en un flujo uniforme cumple la ecuación de Manning, que se expresa por la siguiente relación:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \qquad (50)$$

$$R = A / P$$

Donde el gasto viene dado por la siguiente relación:

$$Q = VA \qquad (51)$$

Donde:

Q: Caudal (m^3/s)

V: Velocidad media de flujo (m/s)

A: Área de la sección hidráulica (m^2)

P: Perímetro mojado (m)

R: Radio hidráulico (m)

S: Pendiente de fondo (m/m)

n: Coeficiente de Manning (Ver Tabla Nº 09)

4.1.1.5 PUENTES

4.1.1.5.1 Aspectos generales

Los puentes son las estructuras mayores que forman parte del drenaje transversal de la carretera y permiten salvar o cruzar un obstáculo natural, el cual puede ser el curso de una quebrada o un río.

Es importante tener en cuenta que un puente no será estable si no lo es el tramo fluvial comprometido. El río es por naturaleza esencialmente móvil y cambiante. En consecuencia, el estudio de un puente que interactúa con un río no puede independizarse del correspondiente estudio de Hidráulica Fluvial. La estabilidad fluvial, lograda durante cientos o miles de años por el río, puede verse seriamente alterada por la construcción de un puente.

La profundidad del estudio hidráulico tiene que depender de ciertas características del puente en particular, como podrían ser: su importancia dentro de la red vial, consecuencias de su falla, costo, tipo de estructura, riesgos aceptables, etc. A las que debe añadirse las correspondientes al río.

En el presente Manual se definirá como puente a la estructura cuya luz sea mayor o igual a 6.0 m, siguiendo lo establecido en las especificaciones AASHTO LRFD.

4.1.1.5.2 Consideraciones para el diseño

En este ítem se procederá a describir las consideraciones generales para el desarrollo de los estudios de hidráulica fluvial de puentes sobre cauces naturales. Asimismo, se describirá en forma general las técnicas más apropiadas para el diseño hidráulico y la información básica para la obtención de los parámetros hidráulicos.

Cabe señalar que el buen funcionamiento hidráulico, no sólo depende de un análisis correcto y del uso adecuado de las fórmulas matemáticas correspondientes; si no también de un conocimiento cabal de las condiciones hidráulicas locales en la cual se fundamenta su diseño.

a) Información básica

En este ítem, se establecerá recomendaciones generales para la ejecución de los estudios de hidráulica fluvial para puentes, que incluye, aspectos topográficos, ejecución de muestreos para la determinación de diámetros representativos del lecho y criterios para la estimación de la rugosidad del lecho.

a.1) Topografía – Batimetría del cauce y zonas adyacentes

El levantamiento topográfico que se requiere, debe abarcar el tramo involucrado donde se proyectará el puente, recomendándose que dicho levantamiento topográfico debe comprender lo siguiente:

- En ríos con amplias llanuras de inundación donde el puente produzca contracción del flujo de avenida el levantamiento abarcará 12 veces el ancho del cauce principal aguas arriba del eje propuesto y 6 veces hacia aguas abajo.
- En ríos donde el puente no produzca contracción del flujo de avenida y ofrezca una pendiente pronunciada el levantamiento topográfico abarcará 8 veces el ancho del cauce principal aguas arriba del eje propuesto y 4 veces hacia aguas abajo. El levantamiento topográfico no debe ser menor a 150 m aguas arriba y 150 m aguas abajo del eje del puente propuesto.
- En caso que el eje del puente propuesto se ubique cerca de la desembocadura con un río principal, lago o mar el levantamiento topográfico deberá incluir la zona de confluencia.

Sin embargo, el requerimiento mínimo para el levantamiento topográfico puede extenderse o limitarse, sin perjudicar los objetivos del proyecto.

Entonces, se recomienda que el levantamiento topográfico debe incluir la estructura existente, niveles de agua actuales, marcas de agua en la estructura existente, toma del perfil longitudinal del curso natural, secciones transversales del curso natural espaciados no mayor a 0.5 veces el ancho del cauce principal del curso natural y otros aspectos y/o singularidades de relevancia para el estudio hidráulico, teniendo en cuenta además la forma irregular que generalmente presentan las secciones transversales de los cauces naturales, el levantamiento topográfico deberá representar la zona en estudio adecuadamente de tal manera que permita identificar puntos altos, bajos e irregularidades del lecho como islotes, zonas de depresión asociadas a socavación, etc.

Para estudios en regiones de selva de nuestro país, el levantamiento topográfico - Batimétrico deberá abarcar las áreas de inundación asociadas a las crecidas de los cursos naturales muy comunes en esta zona, es decir el levantamiento topográfico deberá cubrir toda la zona afectada por este fenómeno relevante para el estudio.

a.2) Ubicación del puente

La elección de la ubicación del puente debe ser la más óptima, desde el punto de vista hidráulico, geotécnico y de diseño Vial; es decir debe ser tal, que el curso natural no afecte su estabilidad y a su vez el puente no produzca cambios morfológicos en el curso natural.

De preferencia en los proyectos de carreteras, es recomendable que la ubicación del puente sea definido en la etapa inicial de un estudio; para ello, los especialistas en Trazo - Diseño Vial, Hidráulica y Geotecnia; evaluaran las condiciones existentes tanto aguas arriba, como aguas abajo, en una longitud no menor a 300 m. (a partir de los cruces o bados existentes). Esta actividad permitirá programar: los levantamientos topográficos para el modelamiento hidráulico, requerimientos de estudios de suelos, ubicación de las prospecciones geotécnicas, toma de muestra de los sedimentos, u otro que sea necesario y pueda preverse oportunamente.

Los aspectos que deben ser tenidos en cuenta en relación a la ubicación de puentes, se resalta los siguientes:

- Forma de las cuencas tributarias,
- Estabilidad fluvial del tramo fluvial comprometido,
- Grado de sinuosidad de los cauces existentes y presencia de lecho abandonados,
- Características topográficas de los terrenos y forma de los cauces,
- Cobertura vegetal existente,
- Características geológicas o singulares, tales como afloramientos rocosos, existencia de gravas, arenas, etc.

- Obras de drenaje existentes aguas arriba y debajo de la obra objeto del estudio y su posible influencia sobre la misma,
- Características de los cauces principales tales como, sus Secciones, alineamiento, los obstáculos, la vegetación existente y la naturaleza de los acarreos,
- Calidad aparente de los materiales sobre los cuales se va colocar las obras de drenaje principales,
- Evidencias de corrosión en estructuras metálicas existentes o desgaste en estructuras de concreto.

A continuación, se presentan los procesos morfológicos asociados al diseño de puentes y que deben ser tomados en cuenta para su diseño y emplazamiento.

- Evolución de meandros: El cauce es único pero en forma de curvas. La ondulación en planta se acompaña de una asimetría en las secciones transversales. Ésta geometría del río evoluciona de manera compleja por lo que el puente debe ubicarse en la zona de mayor estabilidad.

- Cauces trenzados: Los ríos que presentan cauces trenzados se caracterizan por formar cauces secundarios en el interior del cauce principal. Generalmente, estos cursos presentan pendientes fuertes, gran transporte sólido y lechos de material grueso. Es importante tomar en cuenta la configuración en planta de este tipo de río para el emplazamiento del puente, ya que cambia con el nivel de agua y con el tiempo, donde la sobre deposición de sedimentos genera flujos en dirección de las orillas que son afectadas paulatinamente por erosión, causando la presencia de barras e islotes con cauces ramificados de tendencia a incrementar su ancho.

- Cauces avulsionados: Las avulsiones son fenómenos que deben tomarse en cuenta al momento de elegir la ubicación del puente, dado que consisten en el abandono súbito del curso principal por otro

aleatorio, originado por la sedimentación de un tramo de río, esto produce una elevación del lecho, forzando al río a adoptar un curso diferente pero más cómodo.

- Erosión en curvas: No se recomienda la ubicación de un puente sobre el desarrollo de curvas exteriores, debido a que las velocidades en las curvas exteriores son significativamente mayores produciendo procesos de erosión que pueden afectar su estabilidad.

- Efectos de remanso: No se recomienda la ubicación del puente en un tributario cerca de la confluencia con un río principal, pues los súbitos cambios de elevaciones crean efectos de remanso que pueden conducir a la agradación del lecho en esta zona.

a.3) Muestreo y caracterización del material del lecho

El objetivo del muestreo y caracterización del material del lecho es la determinación del tamaño representativo que englobe todo el espectro de tamaños presentes en él.

El muestreo del material de cauce deberá ser representativo, para determinar su gravedad específica y análisis granulométrico. Las muestras del material del cauce deben ser tomadas al menos en cuatro puntos, dos en el eje del puente, y a 0.5B y B metros aguas arriba, donde B es el ancho promedio del río. En cada punto se deben tomar tres muestras: en la superficie, a 1.5 veces el tirante promedio del río, y a una profundidad intermedia, siempre y cuando las condiciones de excavación y la presencia de agua lo permiten.

La elección del tamaño representativo para el cálculo de la socavación en cauces naturales, usualmente se realiza de la siguiente manera:

- Obteniendo el D50 de toda la distribución granulométrica, comúnmente considerado como el diámetro representativo de toda la distribución.
- También se utiliza el diámetro medio de la distribución mediante la siguiente relación.

$$D_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i \Delta p_i}{100} \qquad (52)$$

Donde:

D_i: Es el tamaño de la partícula en que el i(%) indica el porcentaje en peso de las fracciones de las partículas cuyo tamaño es menor o igual a ese diámetro D_i.

Δp_i: Es el porcentaje en peso del material cuyo tamaño cae dentro del intervalo cuya marca de clase es D_i, para i = 1…n intervalos.

a.4) Avenida de Diseño o Caudal Máximo y Períodos de Retorno

Para realizar el estudio hidráulico de puentes, en primer lugar se debe realizar el estudio hidrológico con el objetivo de obtener la Avenida de Diseño o el caudal máximo en condiciones de crecida.

Para obtener la Avenida de Diseño o el caudal máximo en la sección de interés de un cauce natural (río o quebrada) además de los métodos de análisis regional e hidráulico (sección-pendiente y modelamientos), existen dos formas de más comunes de obtenerlo; la primera consiste en la aplicación de teorías estadísticas a series históricas de caudales máximos (método hidrológico) registrados en el tramo fluvial de interés o cercano a el; la segunda forma, se refiere a los métodos indirectos mediante el uso de relaciones precipitación escorrentía (método hidrometeorológico), a partir de información pluviométrica registrada en el área o cuenca hidrográfica de interés.

El desarrollo de las metodologías mencionadas, se muestra en el Capítulo III del Manual.

La Avenida de Diseño o caudal máximo está asociado a un período de retorno específico y este a su vez depende del riesgo de falla y vida útil de la obra. En el Capítulo III del Manual se presentan valores

del período de retorno determinados en función a los factores señalados. En base a ello, se recomienda lo siguiente:

- Para obtener la avenida de diseño en el tramo fluvial de emplazamiento del puente, se deberá compatibilizar el período de retorno del evento hidrológico, con el riesgo admisible y la vida útil de la obra, este último obviamente, dependerá del tipo de material constitutivo del puente En caso de que el puente se construya en una ciudad con alta densidad de población, o se ubique medianamente aguas abajo de ésta, sobre un río de amplias llanuras de inundación, el período de retorno debe ser superior a 100 años.
- Para la estimación de la profundidad de socavación, el período de retorno mínimo deberá ser igual al utilizado en el diseño del puente y para un caudal de no más de 500 años de periodo de retorno que es el caudal para verificar la estabilidad de la cimentación del puente. En ese caso, se considera que se trata de un evento extremo.

a.5) Gálibo o Altura libre.

El gálibo se define como el espacio libre entre el nivel máximo del flujo de crecida y el nivel inferior del tablero del puente proyectado.

El objetivo del gálibo es dejar pasar las fluctuaciones de flujo cuando la corriente interactúa con la estructura proyectada producto de la sobrelevación del flujo, por efectos de remanso, transporte de materiales flotantes como ramas, palizadas, troncos e incluso árboles y otros materiales flotantes que transporta la corriente.

En nuestro país, la variación de las condiciones geográficas y la actividad humana sobre las cuencas hacen que los cursos naturales además de descargas líquidas también se produzcan transporte de sólidos de fondo (material de acarreo), transportes en suspensión y en flotación como ramas, palizadas y hasta árboles.

Es muy común que en los ríos de nuestro país haya abundante transporte de sólidos debido al carácter torrentoso de los mismos,

con manifestada erosión de los suelos en la partes altas de las cuencas por actividad humana, muchas veces muy alejadas de los principios del uso racional de los recursos naturales.

Por tanto, el diseño de los puentes exige la consideración de un gálibo conveniente para dar paso no sólo al flujo (líquido y sólido) sino también a los materiales flotantes.

En la etapa de diseño de puentes, se recomienda lo siguiente:

- Cuando existe evidencia que la corriente transporta material sólido, troncos, palizada u otros objetos voluminosos, el gálibo mínimo asociado al nivel de aguas máximas deberá ser, 2.5 m.
- En el caso que la corriente sea relativamente limpia, se considerará un gálibo de 2.0 m por encima del nivel de aguas máximas extraordinarias.
- En el caso de ríos navegables, la altura del gálibo se sujetará a lo establecido en el Manual de Diseño Geométrico – DG-2001.

a.6) Coeficiente de rugosidad de cauces naturales (n de Manning)

Para obtener el coeficiente de Manning, se requiere de la experiencia del especialista para realizar las estimaciones, que puede apoyarse en antecedentes de casos similares, tablas y publicaciones técnicas disponibles, sobre la base de los datos recopilados en la etapa de campo.

En el presente ítem, se dan a conocer recomendaciones prácticas para la estimación del coeficiente de rugosidad en cauces naturales y se describen a continuación.

- En la Tabla Nº 09, se presentan valores del coeficiente de rugosidad de Manning donde el valor del coeficiente de rugosidad depende de varios factores asociados a la vegetación, geomorfología y características geométricas propias de los cauces naturales.

- Cowan propone un método, según el cual el cálculo del coeficiente de rugosidad, puede estimarse mediante la siguiente relación:

$$n = m_5 (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \qquad (53)$$

n_0 : Rugosidad base para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea.

n_1 : Rugosidad adicional debida a irregularidades superficiales del perímetro mojado a lo largo del tramo en estudio.

n_2 : Rugosidad adicional equivalente debida a variación de forma y de dimensiones de las secciones a lo largo del tramo en estudio.

n_3 : Rugosidad equivalente debida a obstrucciones existentes en el cauce.

n_4 Rugosidad adicional equivalente debida a la presencia de vegetación.

m_5 : Factor de corrección para incorporar efecto de sinuosidad del cauce o presencia de meandros.

En la Tabla Nº 12, se aprecian los valores correspondientes a las variables utilizadas por Cowan.

TABLA Nº 12: Tabla de Cowan para determinar la influencia de diversos factores sobre el coeficiente n

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material Involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en Roca		0.025
	Grava Fina		0.024
	Grava Gruesa		0.028
Grado de Irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente Alternante		0.050
	Frecuentemente Alternante		0.010-0.015
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
Grado de los Efectos por Meandro	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente: Hidráulica de Tuberías y Canales, Arturo Rocha.

Cuando los lechos de los cauces naturales están constituidos por material pedregoso, donde el sedimento es representado por un diámetro medio, se recomienda el uso de la ecuación de Strickler para la estimación de n_0.

$$n_0 = 0.038D^{1/6} \qquad (54)$$

D : Diámetro representativo de la rugosidad superficial (m)

El diámetro D es equivalente al diámetro D65, D90 o D95 dependiendo del acorazamiento del lecho. Particularmente, cuando los sedimentos ofrecen una granulometría gruesa y extendida, el diámetro medio de la coraza es cercano al D90 o D95 obtenido de la curva granulométrica original del lecho.

- Dentro de las publicaciones técnicas se tiene la publicación Water Supply Paper 1949 del US Geological Survey que presenta fotografías de diferentes corrientes naturales, indicando para cada caso el valor del coeficiente de rugosidad de Manning, calibrado con mediciones de terreno. Esta publicación es una buena referencia y guía para estimar los coeficientes de rugosidad en cauces naturales.

Las recomendaciones presentadas en los párrafos anteriores permiten la estimación del coeficiente de rugosidad asumiendo que el cauce natural presenta una rugosidad homogénea, sin embargo, en la naturaleza, los cauces naturales presentan secciones

transversales que no tienen una rugosidad uniforme u homogénea, ofreciendo una rugosidad compuesta.

Cuando la rugosidad global o rugosidad compuesta de la sección varía con el tirante de agua, se debe, a que a distintas profundidades intervienen zonas de la sección con diferentes rugosidades. Este es el caso de los cursos naturales donde el lecho está constituido de un cierto tipo de material y las márgenes por otro tipo, usualmente con presencia de vegetación en las zonas de inundación.

Para evaluar la rugosidad compuesta, se propone el método de Einstein y Banks, quienes demostraron mediante experimentos que los valores de la rugosidad están asociados a distintos sistemas independientes entre sí y que pueden superponerse linealmente. Es decir, que el área de la sección transversal del curso natural es separable y se supone que para cada subsección es válida la ecuación de Manning y que la velocidad media en la sección es uniforme. Entonces el coeficiente de rugosidad global generado por m subsistemas está dado por:

$$n_c = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{m} n_i^{3/2} x_i}{x} \right\}^{2/3} \qquad (55)$$

n_c : Coeficiente de rugosidad global o compuesta de la sección total.

n_i : Coeficiente de rugosidad asociado a la subsección i.

x_i : Perímetro mojado de la subsección i.

x : Perímetro mojado de la sección total.

i = 1,2,…m subsecciones.

a.7) Fajas Marginales

(Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos – Ley Nº 29338, Art. 113º y 114º)

Las fajas marginales son bienes de dominio público hidráulico. Están conformadas por las áreas inmediatas superiores a las riberas de las fuentes de agua, naturales o artificiales. Las dimensiones en una o ambas márgenes son fijadas por la Autoridad Administrativa del Agua, y se realiza de acuerdo los siguientes criterios:

a. La magnitud e importancia de las estructuras hidráulicas de las presas, reservorios, embalses, canales de derivación, puentes, entre otros.

b. El espacio necesario para la construcción, conservación y protección de las defensas ribereñas y de los cauces.

c. El espacio necesario para los usos públicos que se requieran.

d. La máxima crecida o avenida de los ríos, lagos, lagunas y otras fuentes naturales de agua. No se considerarán las máximas crecidas registradas por causas de eventos excepcionales.

a.8) Evaluación de obras existentes e información adicional

La evaluación de obras existentes en el curso natural es muy importante para el diseño definitivo de una nueva estructura, porque permite verificar que la obra proyectada no provoque alteraciones desde el punto de vista de la hidráulica fluvial sobre obras existentes o viceversa, como cambios bruscos de pendiente que produzcan erosión, sedimentación, efectos de remanso, formación de nuevos cauces, etc. Dicha evaluación comprenderá también el comportamiento hidráulico estructural de las obras existentes, información relevante a ser tomada en cuenta para el diseño de la estructura proyectada.

Además de la evaluación de las obras existentes en el cauce, es imprescindible y necesario conocer, las características locales del cauce, como áreas inundables, puntos críticos de desborde, frecuencia de inundación, épocas donde incrementa su caudal, marcas de agua dejadas por avenidas anteriores, puntos críticos donde se presenta erosión y sedimentación, material que acarrea la corriente, entre otras informaciones necesarias para el diseño, lo cual

se puede conseguir a través de consultas a pobladores de mas antigüedad en el lugar del proyecto.

El objetivo principal de los datos recopilados en campo es proporcionar al especialista una visión completa del tramo en estudio, para la ubicación de los puentes o para la protección de riberas.

4.1.1.5.3 PARÁMETROS HIDRÁULICOS PARA EL DISEÑO DE PUENTE

Los parámetros hidráulicos asociados al diseño de puentes son los siguientes:

a) Perfil de flujo

El perfil de flujo permitirá obtener el nivel alcanzado por el agua para el caudal de diseño. El cálculo del perfil de flujo deberá incluir la presencia del puente proyectado, debido a que cuando el flujo interactúa con la estructura, se produce una sobreelevación del nivel de agua a la entrada del puente y una depresión del nivel de agua en la salida, este comportamiento es normal ya que el agua debe ganar energía potencial a fin de que pueda atravesar por la sección contraída. Una vez conocido los niveles de agua, el especialista puede establecer la altura mínima que ofrecerá el puente.

b) Socavación

La socavación es un fenómeno hidrodinámico que es la causa más frecuente de falla que afecta las cimentaciones de los puentes. Dicho fenómeno es una combinación de distintos procesos, unos que se producen a largo plazo y otros transitorios por el paso de avenidas.

El proceso de socavación en un puente se analiza como erosión potencial total y es de carácter estimativo, la cual combina la socavación producida en la sección del puente y sus inmediaciones, causada por el estrechamiento del cauce debido a su construcción y la socavación local que se produce en las inmediaciones de los pilares y estribos rodeados por la corriente del río. Sin embargo, cabe

indicar que estos procesos de socavación son inherentes a la presencia del puente sobre el curso natural, porque existen otros procesos de socavación que ocurren de manera independiente a la presencia del puente y son la socavación general y la socavación en curvas que también deberán ser tomados en cuenta al momento de la estimación de la socavación potencial total.

4.1.1.5.4 CÁLCULO HIDRÁULICO

El cálculo hidráulico de un puente significa en primer lugar determinar la capacidad hidráulica de la sección de escurrimiento, es decir si el caudal de diseño pasa adecuadamente a través de él, luego determinar la sobreelevación del nivel de agua provocada por la presencia del puente y estimar el nivel de socavación potencial total en la zona de los apoyos.

a) Cálculo de niveles de agua

Para el estudio de la capacidad hidráulica y el cálculo de la sobreelevación del nivel de agua, se realiza un cálculo en régimen permanente gradualmente variado, la cual permite calcular niveles de agua cuando la geometría fluvial es irregular.

El modelo matemático utilizado corresponde a un flujo unidimensional, no uniforme, permanente y de lecho fijo. El modelo se basa en la aplicación de la Ecuación de la Energía:

$$Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + E \qquad (56)$$

Donde:

$Z_n + P_n$: Nivel del pelo de agua en los extremos del tramo (m)

V_n : Velocidad media en la sección mojada en los extremos del tramo (m)

α_1, α_2 : Coeficiente de la no-uniformidad de distribución de las velocidades en la sección mojada.

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

E : Total de pérdidas de energía en el tramo del curso de agua considerado en el cálculo, de una longitud L (m).

En la ecuación anterior, los subíndices 1 y 2 se refieren a dos secciones distintas, la sección 1 ubicada aguas arriba de la sección 2.

En la solución numérica iterativa de la ecuación, la incógnita es el nivel de agua $Z_1 + P_1/\gamma$ en la sección 1 y es dato el nivel de agua en la sección 2, $Z_2 + P_2/\gamma$. Se procede desde aguas abajo hacia aguas arriba cuando el flujo es subcrítico, mientras que se procede en forma inversa cuando el flujo es supercrítico.

El cálculo iterativo se puede realizar mediante dos métodos, el primero es el método del paso directo y el segundo es el método del paso estándar.

Un modelo muy empleado en nuestro medio es el HEC –RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System), actualmente muy utilizado para calcular parámetros hidráulicos para diseño de obras de cruce en cauces naturales desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers.

A continuación, se presentan las consideraciones para obtener el perfil de flujo.

a.1) Consideraciones

a) En una sección debe existir un tirante conocido.

- Si el flujo es subcrítico, se debe conocer la sección aguas abajo.
- Si el flujo es supercrítico, se debe conocer la sección aguas arriba.

b) Se considera que el flujo es gradualmente variado y permanente.

c) En el tramo no existe variación de caudal. Si existe variación de caudal, debe incluirse aguas arriba en cada tramo.

d) La pendiente de fondo es pequeña (menor a 10º)

b) ESTIMACION DE LA SOCAVACIÓN

b.1) Procesos de socavación asociados al diseño de puentes

En el presente ítem se describirá los procesos de socavación inherentes al diseño de puentes.

En nuestro país la causa hidráulica más frecuente de fallo de puentes es la socavación, que tiene lugar en la zona de sus apoyos, la cual afecta las cimentaciones, ya sea por su insuficiente nivel de desplante o por construcción inadecuada.

La socavación es un proceso que se produce a largo y corto plazo o transitorio, como en el caso de la ocurrencia de avenidas.

Generalmente los fallos ocurren cuando se producen las avenidas, sin embargo, también se presentan con procesos que ocurren a largo plazo.

La estimación de la profundidad de socavación para el diseño de puentes debe tomar en cuenta los siguientes aspectos; la socavación que ocurre independientemente de la presencia del puente como socavación general, socavación en curvas, etc., la socavación que ocurre en la sección del puente debido al estrechamiento del cauce por la presencia del puente (socavación por contracción) y la socavación que ocurre en la zona de sus apoyos (socavación local de pilares y estribos rodeados por la corriente).

La suma de las componentes de la socavación, permite obtener la socavación potencial total, mediante expresiones que consideran socavaciones máximas por el lado de la seguridad.

Se recomienda que el valor estimado para la profundidad de socavación potencial total, sea consecuente con lo observado en la etapa de campo, respecto a los materiales que subyacen en el lecho del cauce y sobre la base de los ensayos de laboratorio de las muestras extraídas de las calicatas, pozos exploratorios y de la información obtenida de sondeos geofísicos. Esto, debido a que la estimación de la profundidad de socavación, se realiza mediante métodos empíricos que conllevan en algunos casos a obtener resultados que no son reales.

La profundidad de socavación parte de suponer que ésta depende de variables que caracterizan al flujo, al material presente en el lecho del cauce y a la geometría del puente. Por ello, existe mucha incertidumbre sobre el uso de las ecuaciones y sobre que ecuación representa mejor las condiciones reales del curso natural y del puente.

Existe poca información sobre modelos teóricos para estimar la profundidad de socavación, debido al alto grado de incertidumbre y a la complejidad de las variables involucradas, por ello, se recurre a los resultados de investigaciones experimentales de laboratorio basadas en el análisis dimensional, que como se ha mencionado anteriormente, dan resultados muchas veces muy conservadores y contradictorios. Las ecuaciones disponibles en la actualidad son envolventes a resultados obtenidos a modelos físicos de laboratorio.

El software HEC RAS versión 3.1.1 (2003) además de permitir realizar la hidráulica en la zona del puente también permite realizar la estimación de la profundidad de socavación en el puente, por contracción y la socavación local en pilares y estribos usando las ecuaciones recomendadas en HEC-18, 2001. Sin embargo, se deja establecido que la obtención de la sección hidráulica del puente y la estimación de la socavación en sus apoyos, especialmente en nuestro medio no se debe limitar al uso del HEC RAS y debe aplicarse en forma responsable luego de ser calibrado, donde el juicio y criterio ingenieril prevalecen.

b.2.) SOCAVACIÓN GENERAL

Para fines de estimación con el objetivo de diseño de puentes es usual adoptar un criterio conservador que consiste en calcular la máxima profundización posible del lecho, bajo una condición hidráulica dada.

La máxima profundización del cauce ocurre cuando se alcanza la condición de transporte crítico, donde la velocidad de flujo se reduce a tal punto en que la corriente no puede movilizar y arrastrar más material del lecho y a su vez no existe transporte de material desde aguas arriba.

Por lo tanto, cuando se produce la avenida, la sección geométrica del cauce se modifica dando lugar a una nueva sección, la cual obviamente está socavada, donde el lecho queda en condiciones de arrastre crítico o de transporte incipiente.

A continuación se describen algunos métodos para la estimación de la profundidad de socavación general bajo la condición en que la velocidad de escurrimiento es igualada por la velocidad crítica de arrastre y estimación de socavación general por contracción del cauce.

b.2.1) Método de Velocidad Crítica y Agua Clara

Este método utiliza el criterio del principio de movimiento de un fondo granular bajo una corriente permanente, igual al criterio de Shields y la hipótesis de agua clara, es decir que la corriente no transporta sedimentos.

La profundidad máxima de socavación general se alcanza cuando la velocidad crítica es igualada por la velocidad media de la sección, donde la velocidad crítica está en función del parámetro de tensión crítica adimensional, de la fórmula de Strickler para el coeficiente de rugosidad de Manning y las características del material del lecho.

$$V_{cr} = 21\left(\frac{Rh}{D_{50}}\right)^{1/6}\sqrt{0.056\frac{(\gamma_s - \gamma)}{\gamma}D} \qquad (57)$$

Donde:

V_{cr} : Velocidad crítica en la sección (m/s).

Rh : Radio hidráulico de la sección (m).

D_{50} : Diámetro correspondiente al 50 % en la curva granulométrica (m).

D : Diámetro característico del lecho (m).

γ_s : Peso específico del suelo (T/m^3).

γ : Peso específico del agua (T/m^3).

Para la obtención del diámetro característico D del suelo erosionado puede emplearse el D_{84} que toma en cuenta el acorazamiento del lecho.

b.2.2) Método de Lischtvan - Levediev

El método propuesto por Lischtvan-Levediev es el más usado en nuestro país para el cálculo de la socavación general incluyendo el efecto de la contracción de un puente. Se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente (Vr) y la velocidad media erosiva (Ve). La velocidad erosiva no es la que da inicio al movimiento de las partículas en suelos sueltos, sino la velocidad mínima que mantiene un movimiento generalizado del material del fondo. Si el suelo es cohesivo, es la velocidad que es capaz de levantar y poner el sedimento en suspensión. La velocidad erosiva está en función de las características del sedimento de fondo

y de la profundidad del agua. La velocidad real está dada principalmente en función de las características del río: pendiente, rugosidad y tirante o profundidad del agua.

El método se basa en suponer que el caudal unitario correspondiente a cada franja elemental en que se divide el cauce natural (Figura Nº 07) permanece constante durante el proceso erosivo y puede aplicarse, con los debidos ajustes, para casos de cauces definidos o no, materiales de fondo cohesivos o friccionantes y para condiciones de distribución de los materiales del fondo del cauce homogénea o heterogénea.

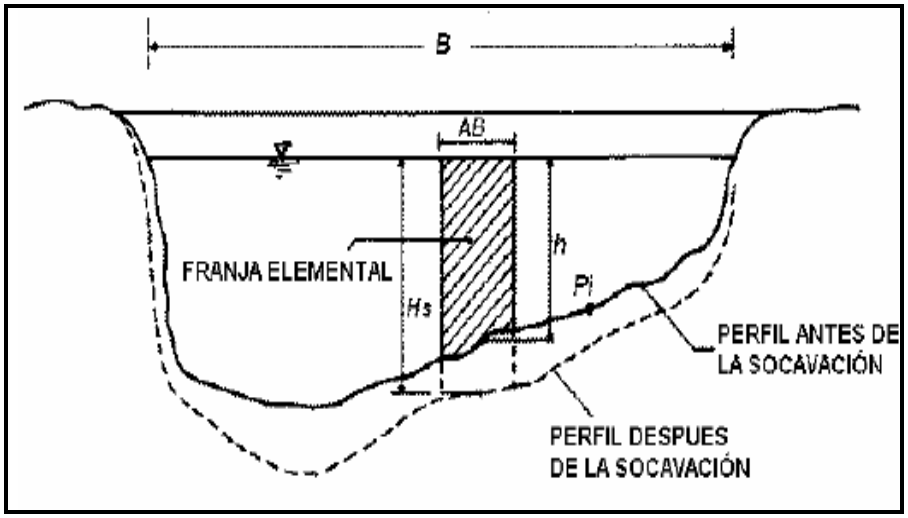


FIGURA Nº 07: Sección transversal del cauce

(Fuente: Juarez Badillo E. y Rico Rodríguez A. (1992)).

a) Para suelos granulares

Se tiene la siguiente ecuación:

$$H_S = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta D_m^{0.28}} \right]^{1/1+z} \qquad (58)$$

La expresión anterior no considera el efecto de la contracción del flujo debida a la presencia de estribos y pilares, ni el peso específico del agua durante la creciente, por lo que debe corregirse mediante unos factores de ajuste cuando se trata de evaluar un puente.

El factor de corrección por contracción μ es menor que 1 y contribuye al incremento de la profundidad de socavación.

En la siguiente tabla se muestra el factor de corrección por contracción del cauce μ.

TABLA Nº 13 : Factor de corrección por contracción del cauce μ

V (m/s)	Luz libre (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
<1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
>4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

(FUENTE: Juárez Badillo E. y rico Rodríguez A., 1992)

V : Velocidad media en la sección transversal.

μ : 1.0, si no hay obstáculos.

Para puentes de una sola luz, la luz libre es la distancia entre estribos. Para puentes de varios tramos, la luz libre es la mínima distancia entre dos pilares consecutivos, o entre el pilar y estribo más próximos.

Adicionalmente, el efecto del peso específico del agua durante la creciente se considera en otro factor de corrección φ que es mayor o igual que la unidad y su efecto es reducir la profundidad de socavación.

$\varphi = 1.0$, si $\gamma_m = 1.0$ T/m^3 (agua clara)

γ_m : Peso específico de la muestra agua sedimento.

$\varphi = -0.54 + 1.5143\gamma_m$, si $\gamma_m >$ 1.0 T/m^3 (Lecho móvil)

(Coeficiente de correlación o de ajuste = 0.9983, (Higuera C. y Pérez G., 1989).)

La ecuación final para el cálculo de la socavación considerando los coeficientes de corrección por contracción y peso específico de agua, es la siguiente:

$$H_S = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta \mu \varphi D_m^{0.28}} \right]^{\frac{1}{1+z}} \qquad (59)$$

Donde:

$H_s - h$: Profundidad de socavación (m)

h : Tirante de agua (m)

D_m : Diámetro característico del lecho (mm)

β : Coeficiente de frecuencia.

μ : Factor de corrección por contracción del cauce.

φ : Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.

b) Para suelos cohesivos

Considerando los coeficientes de corrección por contracción y peso específico del agua durante crecientes, se tiene:

$$H_S = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.60 \beta \mu \varphi \gamma_s^{1.18}} \right]^{\frac{1}{1+x}} \qquad (60)$$

Donde:

$H_s - h$: Profundidad de socavación (m)

h : Tirante de agua (m)

γ_s : Peso específico del sedimento del lecho (T/m^3)

β : Coeficiente de frecuencia.

μ : Factor de corrección por contracción del cauce.

φ : Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.

b.2.3) Método de Straub

La siguiente expresión se usa para tener un estimativo del posible descenso que sufrirá el fondo del cauce debido a una reducción en su sección transversal.

$$H_S = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{0.642} h_1 \qquad (61)$$

Donde:

$H_s - h_1$: Profundidad de socavación (m)

B_1 : Ancho de la superficie libre del cauce aguas arriba de la contracción (m)

B_2 : Ancho de la superficie libre del cauce en la contracción (m)

h_1 : Tirante de agua hacia aguas arriba de la contracción (m)

b.2.4) Método de Laursen

Considera los casos de socavación en lecho móvil o en agua clara. Es el método mas usado en los Estados Unidos de América, (HEC-18, 1993, 1995).

- **Cálculo de la socavación por contracción en lecho móvil**

Se usa una versión modificada de la ecuación de Laursen de 1960 (HEC 18, 1993, 1995 y Laursen E. M., 1960). La ecuación asume

que el material del lecho es transportado en la sección aguas arriba del puente

$$\frac{H_S}{h_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{\frac{6}{7}} \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{k_1} \qquad (62)$$

Donde:

$H_s - h_2$: Profundidad media de socavación por contracción (m)

H_s : Profundidad media del flujo en el cauce en la sección contraída del puente después de la socavación (m)

h_1 : Profundidad media del flujo en el cauce principal y laderas que transportan sedimentos aguas arriba del puente (m)

h_2 : Profundidad media del flujo en la sección contraída del puente antes de la socavación. Puede usarse h_1 en cauces arenosos con lecho móvil, caso en el que el hoyo dejado por la socavación es rellenado con sedimentos (m).

Q_1 : Caudal en la sección aguas arriba del cauce principal y laderas que transportan sedimentos. No incluye flujo sobre las laderas del río con agua clara (m^3/s).

Q_2 : Caudal en la sección contraída del puente y laderas que transportan sedimentos. No incluye flujo sobre las laderas del río con agua clara (m^3/s)

B_1 : Ancho del cauce principal y laderas en la sección aguas arriba que transportan sedimentos (m)

B_2 : Ancho neto del cauce principal y laderas que transportan sedimentos en la sección contraída sustrayendo el ancho de las pilas (m)

k_1 : Exponente en función del modo de transporte de sedimento, de la velocidad de corte aguas arriba del puente y de la velocidad de caída del material del lecho.

TABLA Nº 14: Valores del coeficiente κ_1

V_*/w	k_1	Modo de transporte del sedimento de lecho
< 0.50	0.59	Mucho del material en contacto con el lecho
0.50 a 2.0	0.64	Algo de material de lecho suspendido
> 2.0	0.69	Mucho material del lecho suspendido

(FUENTE: HEC-18., 1993)

La velocidad de corte se expresa como sigue:

$$V_* = \sqrt{gh_1 S_1} \qquad (63)$$

Donde:

V_* : Velocidad de corte en el cauce principal o ladera en la sección aguas arriba (m/s)

w : Velocidad de caída para D_{50} según la Figura Nº 08 (m/s)

g : Aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2)

S_1 : Gradiente hidráulico en la sección aguas arriba del puente (m/m)

D_{50} : Diámetro de la partícula de lecho en una mezcla cuyo 50% es menor (m)

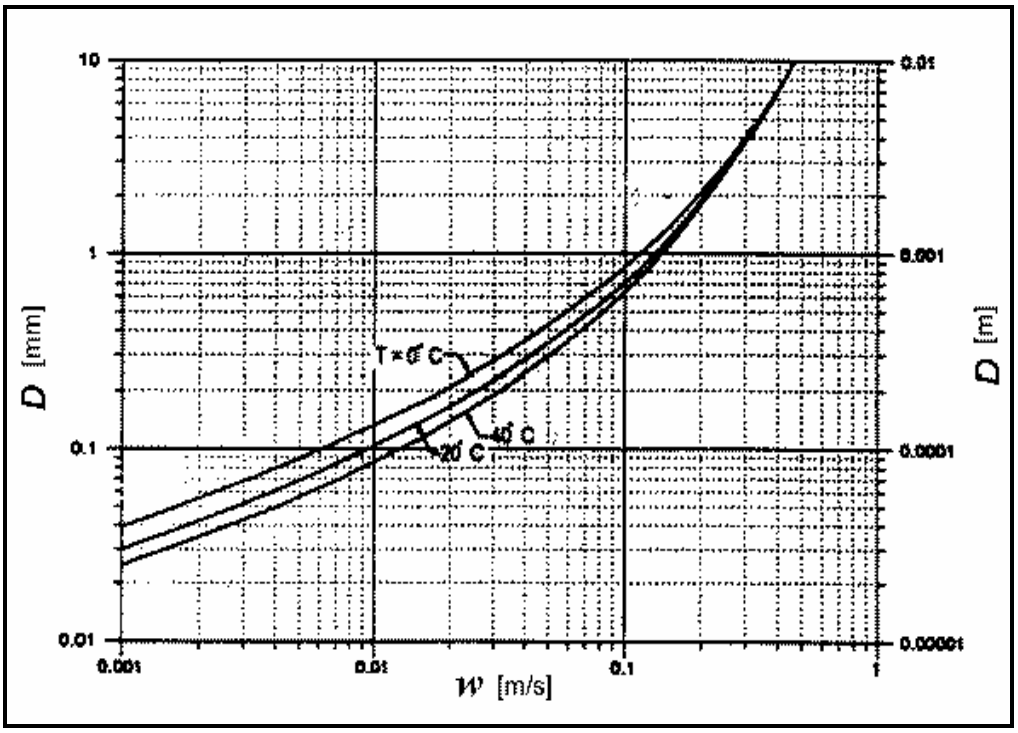


FIGURA Nº 08: Velocidad de caída (w) para partículas de arena.
(Fuente: HEC – 18., 1993).

- **Cálculo de la socavación por contracción en agua clara**

Se usa la siguiente ecuación dada por Laursen.

$$H_S = \left(\frac{0.025 Q_2^2}{D_m^{2/3} B_2^2} \right)^{\frac{3}{7}} \qquad (64)$$

La ecuación anterior es una simplificación de la siguiente ecuación también sugerida por Laursen:

$$H_S = \left(\frac{n^2 Q^2}{K_s (G_s - 1) D_m W^2} \right)^{\frac{3}{7}} \qquad (65)$$

Donde:

K_s : Parámetro de Shields igual a 0.039

G_s : Gravedad específica del material del lecho igual a 2.65

n : Coeficiente de rugosidad de Manning igual a 0.041 $D_m^{1/6}$

$H_s - h_2$: Profundidad media de socavación por contracción (m)

H_s : Profundidad media del flujo en el cauce en la sección contraída del puente después de la socavación (m)

h_2 : Profundidad existente en la sección contraída del puente antes de la socavación (m)

Q_2 : Caudal a través del puente o en las laderas sin transporte de sedimentos (m^3/s)

D_m : Diámetro medio efectivo del material mas pequeño del lecho o en la zona de inundación que no es transportado por el flujo. Si no se tienen datos precisos, $D_m=1.25D_{50}$ en (m)

B_2 : Ancho efectivo del cauce en el puente descontando el ancho de los pilares (m)

b.3) SOCAVACIÓN LOCAL

En este ítem se describirán algunos métodos para la estimación de la profundidad de socavación local que se produce en las zonas de los pilares como en los estribos del puente.

b.3.1) Estimación de la socavación local en pilares

Existen varios métodos para el cálculo de la socavación local alrededor de pilares, pero a la fecha no existe ninguna solución rigurosa ni exacta. La mayoría de las ecuaciones son aplicables para cauces aluviales y no consideran la posibilidad de que materiales más gruesos y de mayor peso, presentes en el lecho, acoracen el hoyo que se produce por la socavación, lo que limitaría su profundidad. En 1965, Breusers propuso que la profundidad de socavación era de 1.4 veces el ancho del pilar. Recientemente, otros investigadores como B. W. Melville, Sutherland y Chang, han reportado que la socavación local máxima es aproximadamente 2.4

veces el ancho del pilar para el caso de pilares circulares. En los estudios hechos, el número de Froude fue menor que 1.0.

Otras formas de pilares diferentes a la circular pueden disminuir este valor o la presencia de desechos puede incrementarlo. El valor de la relación profundidad de socavación al ancho de la pilar (ds/a) puede llegar a 3.0 para números de Froude altos. En conclusión, se sugiere preliminarmente para pilares con punta circular alineadas con el flujo que la constante sea tomada igual a 2.4 para números de Froude menores que 0.8 y a 3.0 para números de Froude mayores que 3.0.

Dentro de los muchos métodos que existen para estimar la profundidad de socavación local en pilares de puentes, se han seleccionado algunos, con la finalidad de ilustrar la gran variedad existente y cuáles son los parámetros involucrados: Laursen y Toch (1953, 1956); adaptación de Neill (1964) al método de Laursen y Toch; Larras (1963); Neill (1964); Arunachalam (1965, 1967); Carsten (1966); Maza Sánchez (1968); Breusers, Nicollet y Shen (1977); Universidad Estatal de Colorado (CSU); y Melville y Sutherland (1988), Froehlich (1991). Entre otros métodos de cálculo reportados en la bibliografía especializada están: Shen, Jain y Fischer, Inglis-Poona, Chitale y Yaroslavtziev.

Para mas detalles, consultar: Breusers, H. N. C., Nicollet, G. y Shen, H. W. 1977; Higuera, C. H. y Pérez G. (1989); M. E. Guevara, A., 1998.

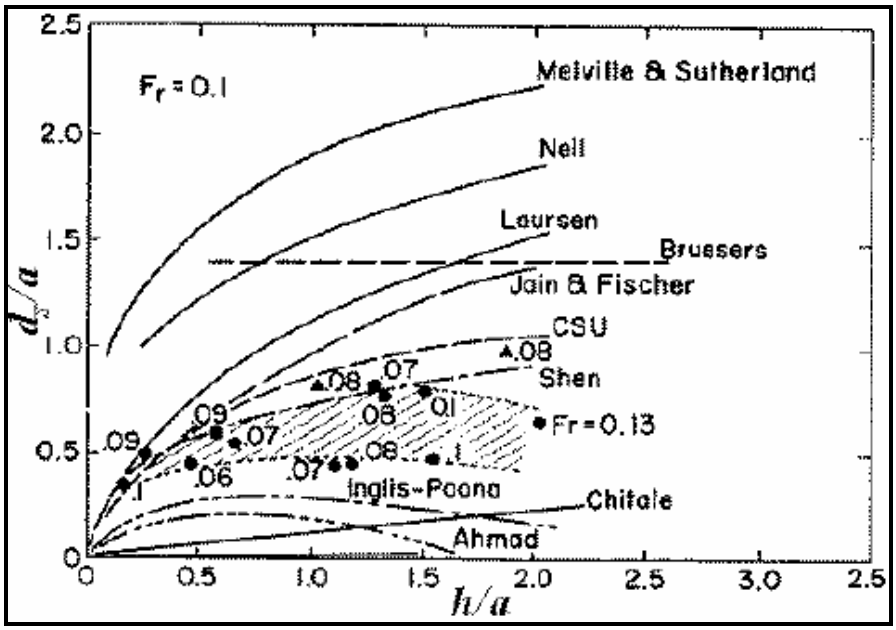


FIGURA Nº 09: Comparación de ecuaciones para el cálculo de la socavación local con socavaciones medidas en campo según Jones.

(Fuente: HEC – 18., 1993).

Cabe anotar que el método desarrollado por la Universidad Estatal de Colorado (CSU) da valores intermedios con relación a otras ecuaciones, tal como se ilustra en la Figura Nº 09 que presenta resultados obtenidos aplicando diferentes fórmulas y algunos obtenidos de mediciones de campo, (HEC 18, 1993).

b.3.1.1) Método de Laursen y Toch (1953,1956)

Este método fue desarrollado en el Instituto de Hidráulica de Iowa y fue confirmado con algunas mediciones en el río Skunk realizadas por P. G. Hubbard, del mismo laboratorio en la década del cincuenta. Se desarrolló bajo condiciones de transporte continuo de sedimentos, (Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., 1992). El método es aplicable para suelos arenosos, no está claro si se puede aplicar para gravas, pero definitivamente no es válido para el caso de boleos.

Laursen y Toch realizaron sus investigaciones observando la máxima socavación que se puede presentar para un tirante dado de la corriente. Ellos observaron que la máxima profundidad de socavación era independiente de la velocidad del flujo pues la socavación no

progresaba al mantener fijo el tirante y aumentar considerablemente la velocidad de la corriente. Este argumento resulta al suponer que un cambio en la velocidad del flujo y en el tamaño de los sedimentos produce un cambio proporcional en el cortante límite, y en la capacidad de transporte de sedimentos en la zona donde se produce la socavación, considerando constantes la profundidad del flujo y la profundidad de socavación. Su mayor interés era la socavación máxima y no dan ningún criterio para el caso de que no exista arrastre en el fondo.

Los resultados fueron presentados en forma gráfica y se resumen en las siguientes ecuaciones.

- **Caso del flujo de agua paralelo al eje mayor del pilar**

$$y_s = K_f K_g a \quad \textbf{(66)}$$

Donde:

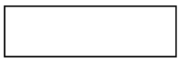
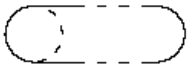
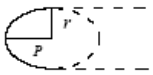
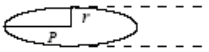
y_s : Profundidad de socavación local medida a partir del fondo de cauce (m)

K_f : Coeficiente que depende de la forma de la nariz del pilar (Figura Nº 10)

K_g : Coeficiente que depende de la relación H_s / a (Figura Nº 11)

H_s : Profundidad de agua después de producida la socavación por contracción (m)

a : Ancho del pilar (m)

FORMA DE LA NARIZ	COEFICIENTE *Kf* DE SCHNEIBLE
RECTANGULAR *l / a = 4* 	1.00
SEMICIRCULAR 	0.90
ELIPTICA $\frac{P}{r}=\frac{2}{1}$ $\frac{P}{r}=\frac{3}{1}$ 	0.81
	0.75
LENTICULAR $\frac{P}{r}=\frac{2}{1}$ $\frac{P}{r}=\frac{3}{1}$ 	0.81
	0.69

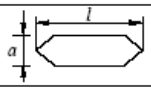
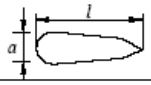
FORMA DE LA NARIZ	SEGÚN TISON
BISELADA *l / a = 4* 	0.78
PERFIL HIDRODINAMICO *l / a = 4* 	0.75

FIGURA Nº 10: Coeficiente K_f. Método de Laursen y Toch.

(Fuente: Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., 1992).

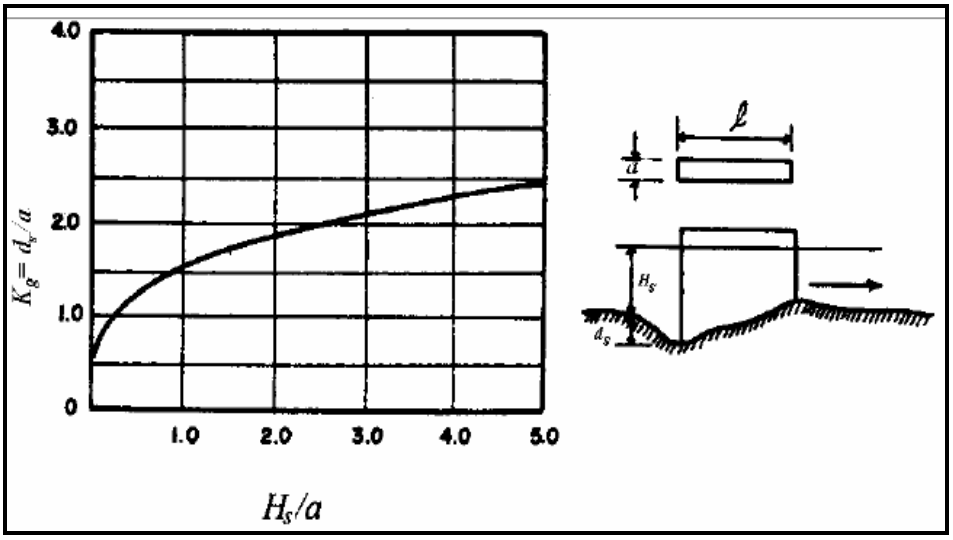


FIGURA Nº 11: Coeficiente K_g. Método de Laursen y Toch.

(Fuente: Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., 1992).

- **Caso de flujo de agua con ángulo de ataque al eje de mayor dimensión del pilar**

$$y_s = K_g K_\phi a \qquad (67)$$

Donde:

K_ϕ : Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo y de la geometría del pilar (Figura Nº 12)

En este caso la profundidad de socavación no depende de la forma del pilar

R. Ettema (1990) plantea que las curvas de la Figura Nº 12 sugeridas por Laursen y Toch en 1956, presentan una inconsistencia asociada con los ángulos de ataque de 0° y 90°, puesto que considera que el efecto del coeficiente K_Φ debe ser el mismo si se toma un ángulo de ataque de 90° y el ancho del pilar, o si se considera un ángulo de 0° y el largo del pilar. Lo único claro es que las investigaciones fueron hechas tomando en cuenta el ancho del pilar y así debe usarse el gráfico. También, critica el hecho de que los coeficientes de corrección por forma del pilar y por ángulo de ataque se usen en forma combinada cuando fueron resultado de experiencias independientes.

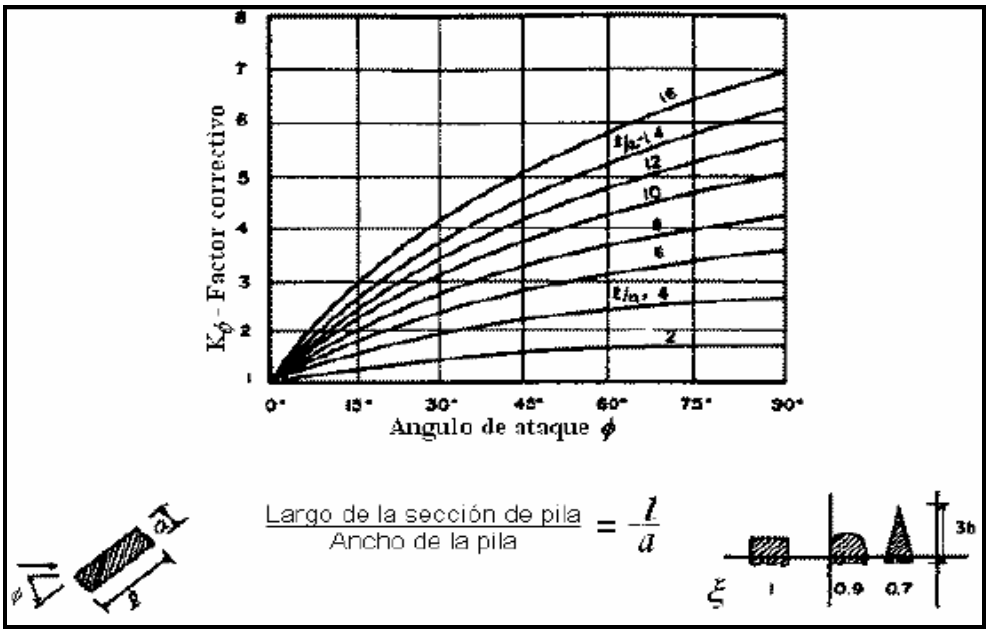


FIGURA Nº 12: Coeficiente K_ϕ. Métodos de Laursen y Toch, Breusers, Nicollet y Shen, y Melville y Sutherland.

(Fuente: Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A., 1992).

b.3.1.2) Método de Neill (1964)

La ecuación resultante del ajuste de datos experimentales obtenidos por Laursen y Toch para socavación en pilares circulares y rectangulares, fue expresada por Neill en la siguiente forma, (Breusers, H. N. C., Nicollet, G. y Shen, H. W., 1977):

$$y_s = 1.5(a')^{0.7} h^{0.3} \qquad (68)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación medida a partir del fondo de cauce (m)

a' : Ancho proyectado del pilar (m)

h : Profundidad del flujo aguas arriba del pilar (m)

Se considera que esta ecuación proporciona la máxima profundidad de socavación que se espera para cualquier velocidad.

Para pilares de nariz redondeada, el coeficiente puede ser 1.2 en vez de 1.5 en la ecuación anterior.

b.3.1.3) Método de Larras (1963)

Larras propone una ecuación teórica – práctica deducida a partir de mediciones llevadas a cabo en varios puentes, después de haberse producido la avenida. Larras se concentró en la máxima profundidad de socavación para condiciones próximas a la velocidad crítica del movimiento de sedimentos.

$$y_s = 1.05 K a^{0.75}$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación medida a partir del fondo de cauce (m)

a : Ancho del pilar (m)

$K = K_f K_\phi$

Luego:

$$y_s = 1.05 K_f K_\phi a^{0.75} \qquad (69)$$

Donde:

K_f : Factor de corrección por forma del pilar (Tabla Nº 15)

K_ϕ : Factor de corrección por el ángulo de ataque de la corriente (Tabla Nº 16)

En forma aproximada K = 1.0 para pilares cilíndricos y K= 1.4 para pilares rectangulares.

TABLA Nº 15: Factor de corrección K_f por forma del pilar. Métodos de Larras y Melville y Sutherland

en planta	Largo/ancho de la pila	K_f				
		Chatou	Iowa	Tison	Escande	Venkatadri
Circular	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	
Lenticular	2.0		0.97			
	3.0		0.76			
	4.0	0.73		0.67		
	7.0			0.41		
Perfil hidrodinámico o Joukowski	4.0	0.86				
	4.1			0.76		
	4.5				0.76	
Elíptica	2.0		0.91			
	3.0		0.83			
Ojival	4.0	0.92		0.86		
Circular doble	4.0	0.95				
Oblonga	1.0		1.00			
	1.5		1.00			
	2.0		1.00			
	3.0		1.00			
	4.0	1.03		1.00		
Rectangular chaflanada	4.0			1.01		
Rectangular	0.25		1.30			
	4.0			1.40		
	4.5				1.25	
	5.3			1.40		
	9.3			1.40		
Nariz triangular a 60°						0.75
Nariz triangular a 90°						1.25
Nariz parabólica						0.56

(Fuente: Higuera C. y Pérez G., 1989 y Melville B. W., 1988)

TABLA Nº 16: Factor de corrección K_ϕ por ángulo de ataque del flujo. Método de Larras

Forma de la pila en planta	Largo/ancho de la pila	K_ϕ					
		0°	10°	15°	20°	30°	45°
	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lenticular	2.0	0.91				1.13	
	3.0	0.76	0.98	1.02	1.24		
	4.0	0.76		1.12		1.50	2.02
Perfil hidrodinámico	4.0	0.86		1.09		1.40	1.97
	4.5					1.36	
Elíptica	2.0	0.91				1.13	
	3.0	0.83	0.98	1.06	1.24		
Ojival	4.0	0.92		1.18		1.51	
Oblonga	2.0	1.00				1.17	
	3.0	1.00	1.02	1.13	1.24		
	4.0	1.00		1.15		1.52	
	4.5					1.60	
Rectangular	2.0	1.11		1.38		1.56	1.65
	4.0	1.11		1.72		2.17	2.43
	4.0(x)	1.11		1.99		2.94	3.28
	4.5					2.09	
	6.0	1.11		2.20		2.69	3.05
	8.0	1.11		2.23		3.03	3.64
	10.0	1.11		2.48		3.43	4.16

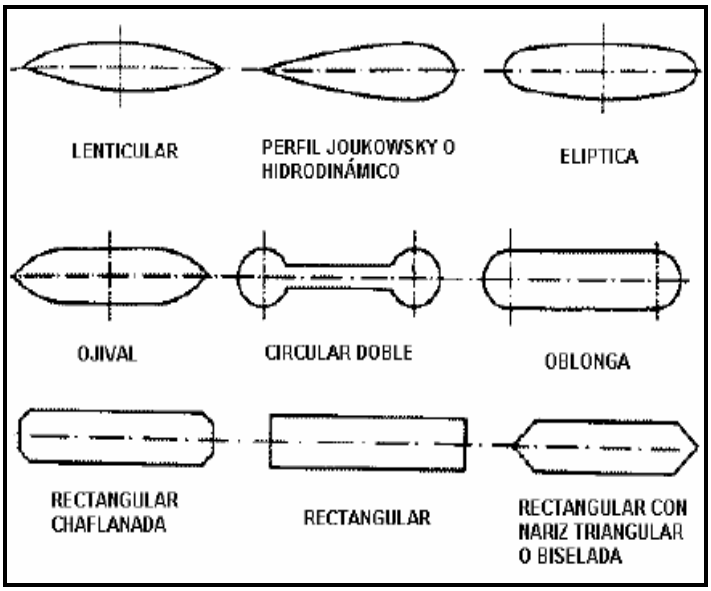


FIGURA Nº 13: Formas usuales de pilares. Método de Larras. (Fuente: Higuera C. y Pérez G., 1989).

b.3.1.4) Método de Arunachalam (1965, 1967)

Arunachalam realizó una modificación de la ecuación de Englis – Poona (1948) y propuso la siguiente expresión, (Breusers, H. N. C., Nicollet, G. y Shen, H. W., 1977):

$$y_s = 1.334q^{2/3}\left[1.95\left(\frac{1.334q^{2/3}}{a}\right)^{-1/6} - 1\right] \qquad (70)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación (m)

q : Caudal unitario aguas arriba del puente (m^3/s-m)

a : Ancho del pilar (m)

b.3.1.5) Método de Carsten (1966)

Carsten propuso la siguiente expresión para condiciones de socavación en lecho móvil, (Shen H. W., Schneider V. R., 1969):

$$y_s = 0.546a\left(\frac{N_s - 1.25}{N_s - 5.02}\right)^{\frac{5}{6}} \qquad (71)$$

$$N_s = \frac{V}{\sqrt{\Delta g D}}$$

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w}$$

Donde:

N_s : Número del sedimento

Δ : Peso específico relativo cuyo valor para cuarzos es 1.65

D : Tamaño del sedimento

a : Ancho del pilar (m)

La ecuación puede usarse en cualquier sistema de unidades compatibles y es de las pocas que involucra el efecto del tamaño del sedimento.

b.3.1.6) Método de Maza-Sánchez (1968)

Es un método aplicable para lechos cubiertos por arena y grava. El método se basa en el uso de curvas elaboradas a partir de resultados experimentales de laboratorio efectuadas en la División de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en México. Las curvas se obtuvieron experimentando con materiales entre 0.17 mm y 0.56 mm de diámetro. La socavación obtenida a partir de estas curvas para partículas con diámetro medio de 1.3 mm es mayor a la obtenida experimentalmente.

Los parámetros que intervienen en el método son: profundidad de flujo, ancho del pilar, número de Froude y el ángulo de ataque del flujo sobre la estructura. El diámetro de las partículas no se toma en cuenta. A continuación se detalla los pasos a seguir mediante este método.

- Cálculo del cuadrado del número de Froude de la corriente, Fr^2

$$F_r^2 = \frac{V^2}{gH_s} \qquad (72)$$

Donde:

H_s : Profundidad del agua hacia aguas arriba del pilar antes de la socavación local

V : Velocidad media de la corriente frente al pilar

$$V_r = \frac{\alpha h^{5/3}}{H_s} \qquad (73)$$

- Evaluación del factor de corrección f_c que considera el ángulo de ataque de la corriente

TABLA Nº 17: Factor de corrección f_c. Método de Maza-Sánchez

ϕ	0°	15°	30°	45°
f_c	1.0	1.25	1.40	1.45

Si el pilar se encuentra sesgado con respecto al flujo y $Fr^2<0.06$, $f_c=1.0$.

Si el pilar se encuentra sesgado con respecto al flujo y $Fr^2\geq0.06$, se trabaja con la siguiente expresión:

$$F_r^2 = f_c \frac{V^2}{gH_s} \qquad (74)$$

- Cálculo de la relación H_s/a'

a' : Ancho del pilar proyectado sobre un plano normal a la dirección de la corriente

- Selección de la curva a usar dependiendo de la forma del pilar, (Figura Nº 14, Figura Nº 15 o Figura Nº 16)
- Cálculo de la profundidad de socavación

Con el número de Froude corregido según sea el caso, se ingresa en las abscisas de la gráfica respectiva hasta interpolar la curva de H_s/a' y se lee en las ordenadas el valor de H_T/a' del cual se despeja el valor de y_s.

$$y_s = H_T - H_S \qquad (75)$$

Donde:

H_T : Profundidad de la sección socavada desde el nivel de la superficie del flujo

y_s : Profundidad de socavación medida desde el fondo de cauce.

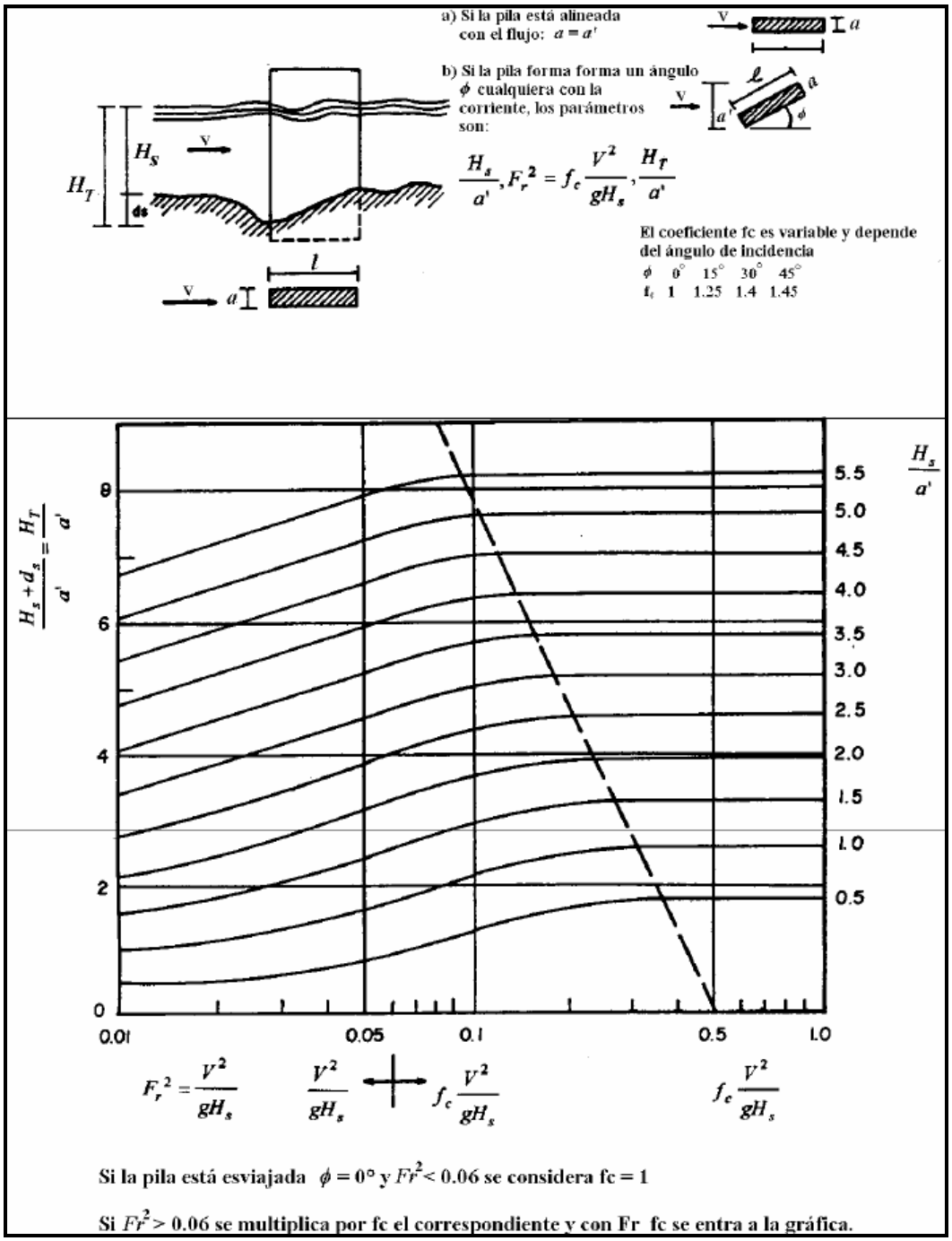


FIGURA Nº 14: Cálculo de la socavación local en un pilar rectangular.

(Fuente: Maza Alvarez, J. A., 1987).

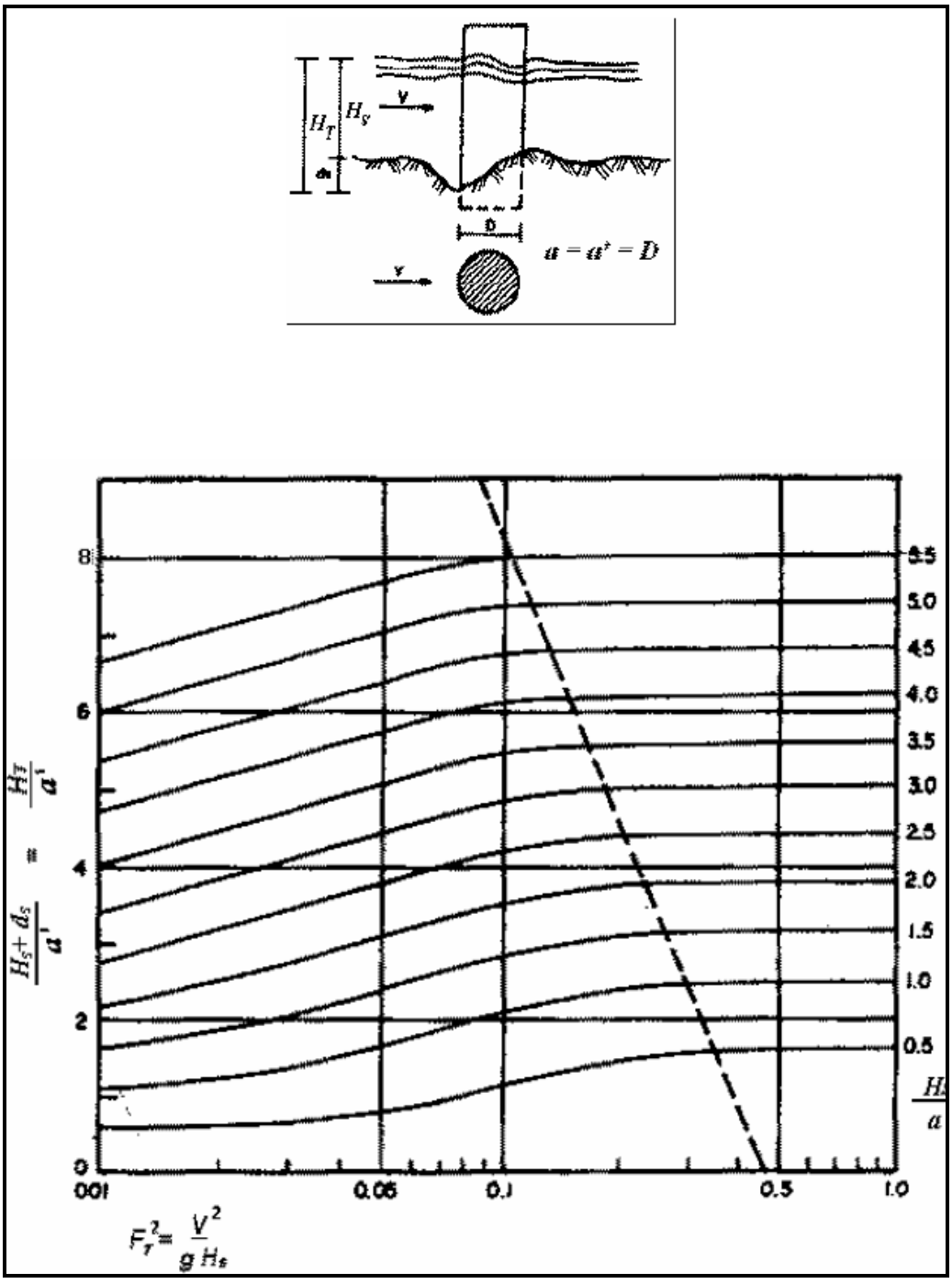


FIGURA Nº 15: Cálculo de la socavación local para un pilar circular.

(Fuente: Maza Alvarez, J. A., 1987).

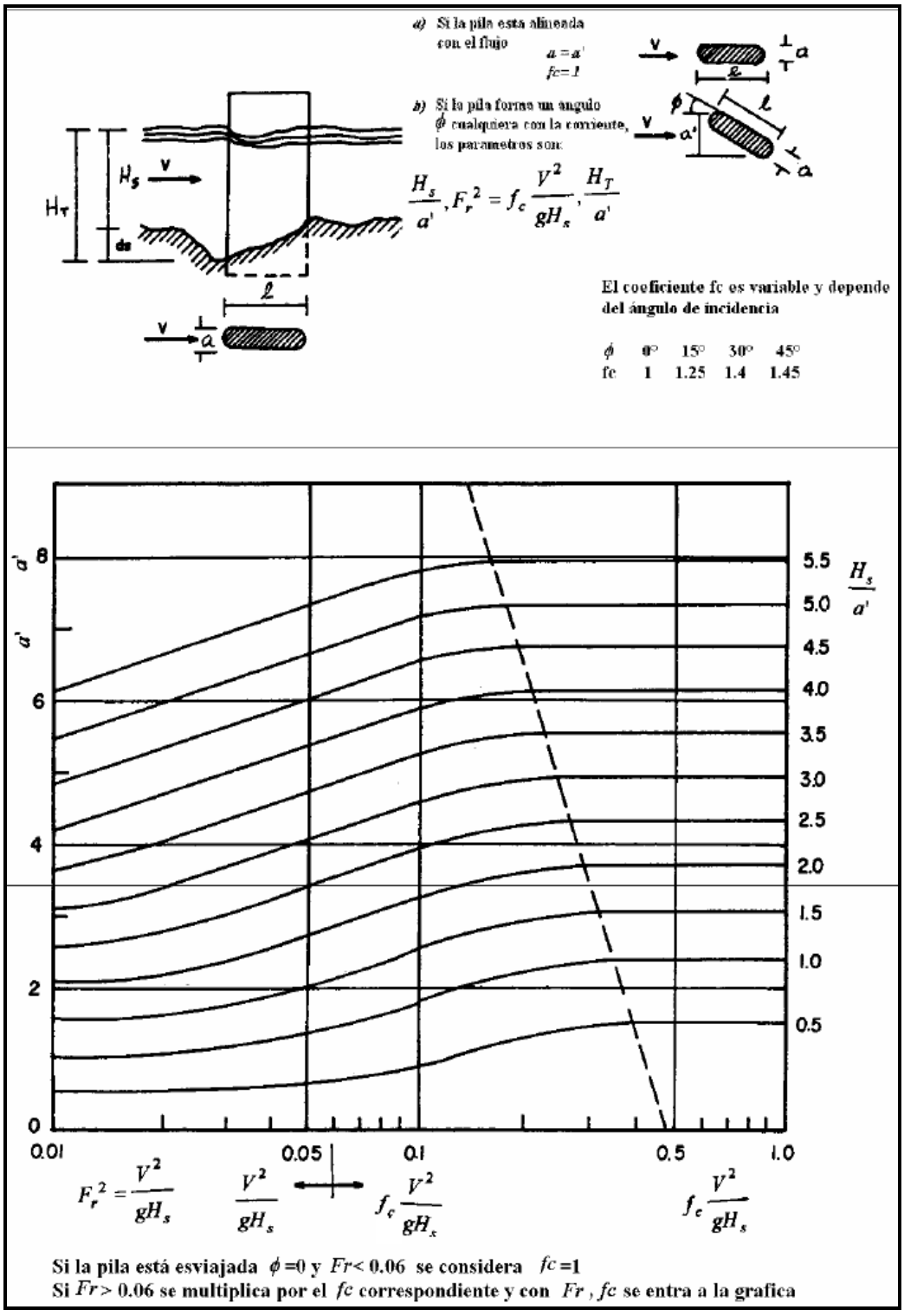


FIGURA Nº 16: Cálculo de la socavación local para un pilar de sección elongada.

(Fuente: Maza Alvarez, J. A., 1987).

b.3.1.7) Método de Breusers, Nicollet y Shen (1977)

H. N. C. Breusers, en 1965, propone una sencilla ecuación basada en estudios con varillas de sondeo en corrientes, en la que la profundidad de socavación depende únicamente del ancho del pilar.

$$y_s = 1.4a \qquad (76)$$

Donde:

y_s : Profundidad máxima de socavación medida desde el nivel medio del lecho (m)

a : Diámetro del pilar circular (m)

En la década de los setenta Breusers, Nicollet y Shen propusieron lo siguiente, (H. N. C. Breusers, 1984)

$$y_s = af_1\left(\frac{V}{V_c}\right).f_2\left(\frac{h}{a}\right).f_3(forma).f_4\left(\phi\frac{l}{a}\right) \qquad (77)$$

Donde:

y_s : Profundidad máxima de socavación medida desde el nivel medio del lecho

a : Ancho del pilar

V : Velocidad media del flujo

V_c : Velocidad crítica para inicio del movimiento de partículas de fondo

h : Profundidad del agua

ϕ : Ángulo de ataque

l : Longitud del pilar

f_1, f_2, f_3 y f_4 son coeficientes en función de:

- $f_1\left(\frac{V}{V_c}\right) = 0$, para $\frac{V}{V_c} \le 0.5$

$$f_1\left(\frac{V}{V_c}\right) = 2\left(\frac{V}{V_c} - 0.5\right), \text{ para } 0.5 \le \frac{V}{V_c} \le 1.0$$

$$f_1\left(\frac{V}{V_c}\right) = 1.0, \text{ para } \frac{V}{V_c} \ge 1.0$$

La condición más común es esta última, cuando $\frac{V}{V_c} \ge 1.0$.

- $f_2\left(\frac{h}{a}\right) = 2.0 \tanh\left(\frac{h}{a}\right)$, para valores altos de h/a, f_2 tiende a 2.0.

- $f_3(forma)$: 1.00 para pilares circulares o de nariz circular, 0.75 para pilares de forma hidrodinámica y 1.30 para pilares rectangulares.

- $f_4\left(\phi\frac{l}{a}\right)$, se obtiene de la Figura Nº 12.

b.3.1.8) Método de Melville y Sutherland (1988)

El método fue desarrollado en la Universidad de Auckland (Nueva Zelanda) y está basado en curvas envolventes a datos experimentales obtenidos en su mayoría de ensayos de laboratorio. Según R. Ettema (1990), el método propuesto por B. W. Melville para profundidades de socavación de equilibrio en pilares, resulta mejor que otros métodos recomendados en algunas guías para diseño de los Estados Unidos de América, ya que toma en cuenta la influencia de parámetros como caudal, sedimentos del lecho y condiciones del pilar, en la obtención de la socavación.

Sin embargo, R. Ettema, también argumenta que por tratar de considerar los efectos más significativos sin un reconocimiento adecuado de las incertidumbres sobre las condiciones bajo las cuales la socavación se presenta, el método puede llegar a ser en algunos casos muy conservador. Estima también, que el método adolece de problemas relacionados con el uso conjunto de los factores de corrección por ángulo de ataque y por la forma del pilar y

por la manera como se considera el efecto de la velocidad del flujo y del tamaño de los sedimentos. R. Ettema se inclina por usar la expresión simplificada ys = 2.4a.

La estimación de la profundidad de socavación según el método propuesto por B. W. Melville (1988), está basada en la máxima que es posible obtener en un pilar de forma cilíndrica, la cual es 2.4 veces su ancho. De acuerdo con el método, esta profundidad máxima se reduce afectándola por ciertos factores que consideran condiciones de agua clara, posibilidad de acorazamiento, profundidades pequeñas del agua, tamaño del sedimento, forma y alineamiento del pilar.

$$y_s = aK_iK_hK_DK_\sigma K_fK_\phi \qquad (78)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación local

a : Ancho del pilar

K_i : Factor de corrección por intensidad del flujo

K_h : Factor de corrección por profundidad del flujo

K_D : Factor de corrección por tamaño del sedimento

K_σ : Factor de corrección por gradación del sedimento

K_f : Factor de corrección por forma del pilar

K_ϕ : Factor de corrección ángulo de ataque del flujo

Donde:

$K_D = 1.0$, si $a/D_{50} > 25$

$K_D = 0.57\log(2.24\,a/D_{50})$, si $a/D_{50} < 25$

$K_h = 1.0$, si $h/a > 2.6$

$K_h = 0.78\,(h/a)^{0.255}$, si $h/a < 2.6$

$K_\Phi = K_f = 1.0$ para pilares con formas cilíndricas

$K_\sigma = 1.0$, según recomendación del autor del método hasta que no se tengan mejores investigaciones.

El método se presenta en la Figura Nº 17 y requiere de los siguientes parámetros:

V : Velocidad de flujo

h : Profundidad de flujo

σ_g : Desviación estándar de los sedimentos (Ecuación 96)

D : Diámetro de la partícula de sedimento

V_c : Velocidad crítica

V_a : Velocidad de acorazamiento

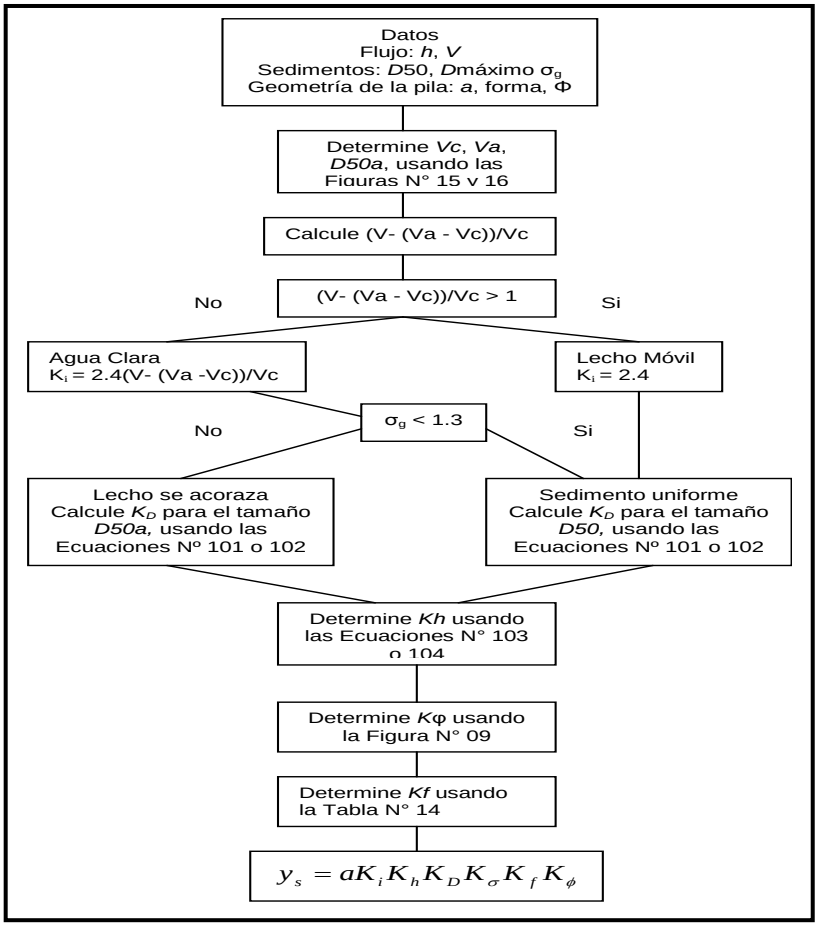


FIGURA Nº 17: Diagrama de flujo para determinar la profundidad de socavación local.
(Fuente: Melville, B. W., 1988).

A continuación en la Figura Nº 18, se muestra un diagrama de flujo que permite establecer la velocidad de acorazamiento, tal como lo propone B. W. Melville en su método para calcular la socavación local en pilares.

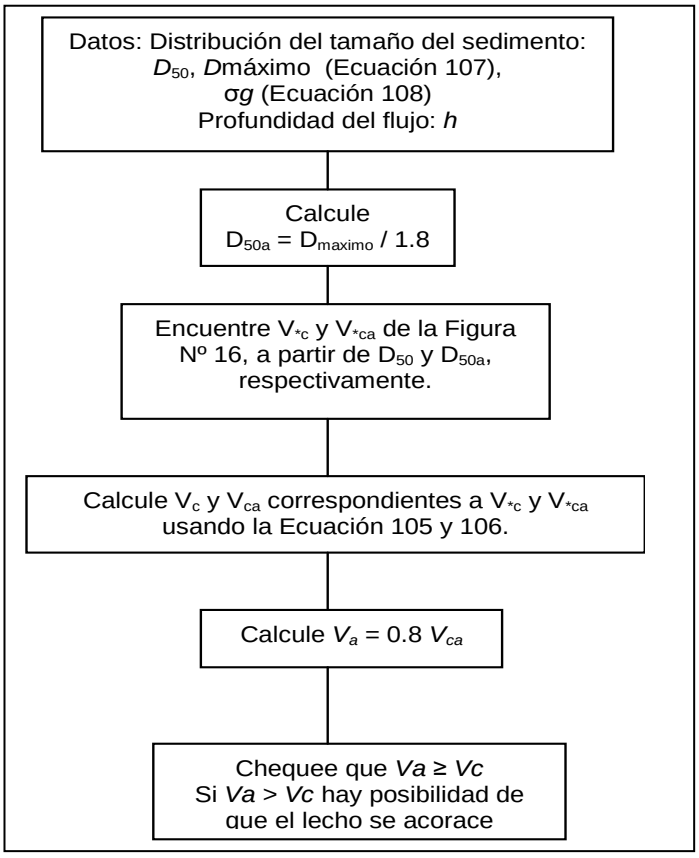


FIGURA Nº 18: Diagrama de flujo para determinar la velocidad límite de acorazamiento V_a .
(Fuente: Melville, B. W., 1988).

Además:

$$V_c = 5.75 V_{*c} \log\left(5.53 \frac{h}{D_{50}}\right) \qquad (79)$$

$$V_* = \sqrt{gRS}$$

Donde:

D_{50} : Diámetro 50 del material del lecho.

D_{50a} : Diámetro 50 del lecho acorazado

$D_{máximo}$: Tamaño representativo máximo del sedimento.

$$D_{máximo} = \sigma_g^m D_{50}$$

$$\sigma_g = \frac{D_{84}}{D_{50}}$$

m es un exponente que es función del $D_{máximo}$ escogido de la Tabla Nº 18

TABLA Nº 18: Valor de $D_{máximo}$

Valor de $D_{máximo}$ asumido	m
D_{90}	1.28
D_{95}	1.65
D_{98}	2.06
D_{99}	2.34

Fuente: Melville, B. W., 1988.

V_{*c} : Velocidad cortante crítica correspondiente a D_{50}

V_{*ca} : Velocidad cortante crítica de acorazamiento a D_{50a}

V_c : Velocidad crítica correspondiente a V_{*c}

V_{ca} : Velocidad crítica de acorazamiento correspondiente a V_{*ca}

V_a : Velocidad crítica de acorazamiento

La Va calculada debe ser mayor que Vc para que haya la posibilidad de acorazamiento. En caso de que Va < Vc, la solución simple está en asumir que Va = Vc y que el material del lecho se comporta como si fuera uniforme y que por lo tanto no se acoraza.

b.3.1.9) Método de Froehlich (1991)

Una ecuación desarrollada por el Dr. David Froehlich es usada por el programa HEC-RAS (1998) como una alternativa a la ecuación de la Universidad Estatal de Colorado (CSU).

$$y_s = 0.32 K_f (a')^{0.62} h^{0.47} F_r^{0.22} D_{50}^{-0.09} + a \qquad \textbf{(80)}$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación local (m)

K_f : Factor de corrección por forma del pilar. Tabla Nº 19.

a' : Ancho proyectado del pilar con relación al ángulo de ataque del flujo (m)

a : Ancho del pilar adicionado como un factor de seguridad (m)

h : Profundidad de flujo aguas arriba del pilar (m)

F_r : Numero de Froude en la sección aguas arriba del pilar

D_{50} : Diámetro de la partícula del lecho en una mezcla cuyo 50% es menor (m)

Para pilares con nariz de forma circular alineadas con el flujo, se tiene:

$y_s \leq 2.4a$, para $F_r \leq 0.8$

$y_s \leq 3.0a$, para $F_r > 0.8$

Si la profundidad de socavación se analiza para un caso particular, Froehlich sugiere que no se adicione el factor de seguridad “a” al final de la ecuación. El programa HEC-RAS siempre adiciona este factor de corrección.

TABLA Nº 19: Factor de corrección K_f

Forma de la pila	K_f
Punta cuadrada	1.3
Pila con punta circular	1.0
Pila con punta aguda o triangular	0.7

b.3.1.10) Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU)

Existe una ecuación desarrollada por la Universidad Estatal de Colorado (CSU) para el cálculo de la socavación local en pilares tanto en agua clara como en lecho móvil. Esta ecuación fue desarrollada con base en análisis dimensional de los parámetros que

afectan la socavación y análisis de datos de laboratorio. Es el método más usado en los Estados Unidos de América (HEC-18, 1993, 1995) y es una de las dos que usa el programa HEC-RAS (1998).

$$\frac{y_s}{h} = 2.0 K_f K_\phi K_c K_a \left(\frac{h}{a}\right)^{0.65} F_r^{0.43} \qquad (81)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación local (m).

h : Profundidad de flujo aguas arriba del pilar (m).

K_f : También denominado K_1 es el factor que toma en cuenta la forma del pilar. Tabla Nº 20.

K_ϕ : También denominado K_2 es el factor que toma en cuenta el ángulo de ataque del flujo. Tabla Nº 21 o ecuación (99).

K_c : También denominado K_3 es el factor que toma en cuenta la forma del lecho. Tabla Nº 22, usualmente igual a 1.10.

K_a : También denominado K_4 es el factor que toma el acorazamiento del sedimento del lecho (Ecuación (100) y Tabla Nº 23). Este factor fue introducido posteriormente en la versión corregida de HEC-18 (1993) publicada en 1995.

a : Ancho del pilar (m)

l : Longitud del pilar (m)

F_r : Número de Froude en la sección aguas arriba del pilar igual a $V / \sqrt{gh}$.

V : Velocidad media del flujo directamente aguas arriba del pilar

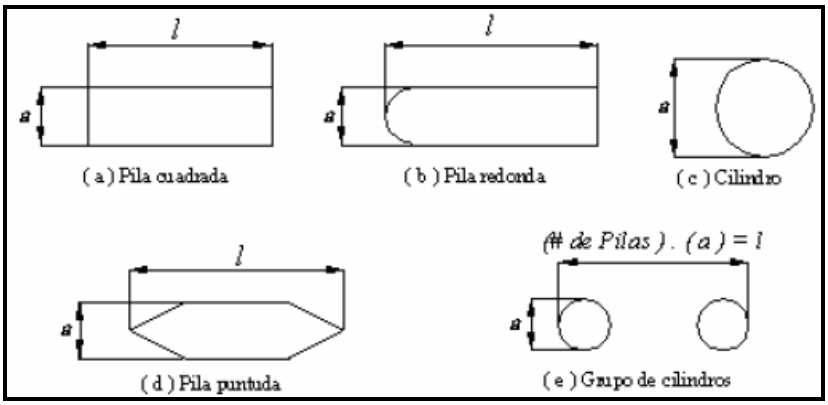


FIGURA Nº 19: Formas típicas de pilares de puentes.
(Fuente: HEC-18, 1993).

TABLA Nº 20: Factor de corrección por la forma del pilar K_f. Método de CSU

Forma de la pila	K_f
Nariz cuadrada	1.1
Nariz redonda	1.0
Cilíndrica	1.0
Punta aguda	0.9
Grupo de cilindros	1.0

(Fuente: HEC-18, 1993).

El factor de corrección Kf se determina usando la tabla anterior cuando el ángulo de ataque es menor que 5°. En otro caso, Kφ domina para ángulos mayores por lo que Kf debe ser tomado igual a 1.0. Kf debe usarse solamente cuando las condiciones del flujo influyen sobre toda la longitud de la pila pues el factor de corrección podría ser menor en otros casos.

TABLA Nº 21: Factor de corrección por el ángulo de ataque del flujo K_Φ. Método de CSU

Ángulo de ataque	$l/a = 4$	$l/a = 8$	$l/a = 12$
0°	1.0	1.00	1.0
15°	1.5	2.00	2.5
30°	2.0	2.75	3.5
45°	2.3	3.30	4.3
90°	2.5	3.90	5.0

(Fuente: HEC-18, 1993).

Si l/a es mayor que 12, se usan los valores correspondiente a $l/a = 12$ como máximos.

$$K_\phi = \left(\cos\phi + \frac{l}{a} sen\phi \right)^{0.65} \qquad (82)$$

TABLA Nº 22: Factor de corrección por la forma del lecho K_c. Método de CSU

Condición del lecho	Altura de la duna H [pies]	K_c
Socavación en agua clara	N/A	1.1
Lecho plano y antidunas	N/A	1.1
Dunas pequeñas	$2 < H < 10$	1.1
Dunas mediana	$10 < H < 30$	1.1 a 1.2
Dunas grandes	$H > 30$	1.3

(Fuente: HEC-18, 1993).

Se recomienda usar un valor de Kc igual a 1.1 considerando que el lecho tiende a ser plano durante crecientes.

El factor de corrección Ka disminuye la profundidad de socavación por acorazamiento del hoyo de socavación para materiales del lecho con D50 mayor o igual a 2 mm o D95 mayor o igual a 20 mm (D50 ≥ 0.002 m o D95 ≥ 0.02 m).

TABLA Nº 23: Criterios para adoptar K_a.

$D_{50} < 2$ mm o $D_{95} < 20$ mm	$K_a = 1.0$
$D_{50} \geq 2$ mm y $D_{95} \geq 20$ mm	$K_a = 0.4(V_R)^{0.15}$

(Fuente: HEC-18, 2001).

$$K_a = 0.4(V_R)^{0.15} \qquad (83)$$

$$V_R = \left[\frac{V_1 - V_{icD50}}{V_{cD50} - V_{icD95}} \right] > 0 \qquad (84)$$

$$V_{icDx} = 0.645 \left(\frac{D_x}{a} \right)^{0.053} V_{cDx} \qquad (85)$$

Donde:

V_R : Relación de velocidad

V_1 : Velocidad de aproximación inmediatamente aguas arriba del pilar (m/s)

V_{icDx} : Velocidad de aproximación requerida para iniciar socavación en el pilar para el tamaño Dx de las partículas de sedimento (m/s)

V_{icD95} : Velocidad de aproximación requerida para iniciar socavación en el pilar para el tamaño D95 de las partículas de sedimento (m/s)

V_{icD50} : Velocidad de aproximación requerida para iniciar socavación en el pilar para el tamaño D50 de las partículas de sedimento (m/s)

V_{cDx} : Velocidad crítica para iniciar movimiento de partículas de tamaño Dx del material del lecho (m/s)

V_{cD50} : Velocidad crítica para iniciar movimiento de partículas de tamaño D50del material del lecho (m/s)

a : Ancho del pilar (m)

Además:

$$V_{cDx} = 6.19 h^{1/6} D_x^{1/3} \qquad (86)$$

D_x : Tamaño de la partícula de tal manera que el x por ciento del material del lecho es más fino. (m)

h : Profundidad del agua aguas arriba del pilar sin incluir la socavación local. (m)

Se debe tener en cuenta que el valor mínimo de K_a es 0.4.

b.3.2) Estimación de la socavación local en estribos

Existen algunos métodos para la determinación de la socavación local en estribos, entre ellos podemos mencionar: Liu, Chang y Skinner, Laursen, Artamonov, Froehlich, Hire y Melville. Sin embargo, la incertidumbre existente con relación a la aplicabilidad y a los

resultados de las ecuaciones es mayor que para el caso de la socavación local en pilares.

Todas las ecuaciones existentes tienen limitaciones de tipo práctico. Por ejemplo, las ecuaciones han sido desarrolladas para cauces de lecho arenoso y no tienen en cuenta la posibilidad de acorazamiento. Las ecuaciones para el cálculo de la socavación local en estribos se basan en información de laboratorio y muy poca información de campo existe para su verificación. Casi todas las ecuaciones dan como resultado valores muy conservadores de socavación debido a que consideran que el estribo está en el cauce principal formado por lechos aluviales y asumen que el caudal de agua obstruido es proporcional a la longitud del estribo, lo cual raramente ocurre en la realidad.

El especialista debe determinar la ecuación que mejor se ajusta a las condiciones de un puente en particular.

La socavación local en los estribos depende entre otros de la forma del estribo, las características del sedimento, la forma de la sección transversal, la profundidad del flujo en el cauce principal y en las márgenes, el caudal que es interceptado por el estribo y retorna al cauce principal, el alineamiento del cauce, el tiempo de duración de la creciente, etc., factores que no se reflejan debidamente en las ecuaciones existentes.

La socavación local en estribos puede ser en agua clara o en lecho móvil (vivo), dependiendo en muchos casos si el estribo se ubica en las márgenes o si está dentro del cauce principal.

La socavación local en estribos depende de la interacción del flujo obstruido por el estribo y el terraplén de la carretera y el flujo en el cauce principal. El caudal que retorna al cauce principal no es una función simple de la longitud de la estructura y es precisamente la longitud del estribo que se opone al paso del agua, el parámetro mas importante que interviene en el cálculo de la profundidad de la socavación local. Socavación más severa ocurre cuando la mayor

parte del flujo de las márgenes es obstruido y obligado a pasar abruptamente por la sección del puente. Menos socavación ocurre si el flujo obstruido en las márgenes regresa gradualmente al cauce principal en el puente.

Un método simple para determinar la longitud del estribo que se opone al paso del agua es superponer la estructura del puente a la del cauce aguas arriba y ver que tanto cada estribo obstruye el paso del agua. Esto resulta válido para puentes por construir, pero no es así cuando el puente ya está construido y el cauce natural está afectado por los terraplenes de acceso. En este caso, se recurre a comparar una sección de aguas arriba con la sección del puente, las que pueden ser diferentes en el ancho del cauce principal y estar afectadas por los terraplenes de aproximación, por lo que en vez de superponerlas mecánicamente, es mejor analizar el comportamiento real del flujo y determinar a criterio la dimensión real de obstrucción. Para ello, hay que definir en el campo cuales son los extremos del cauce principal. Esto se determina por observación directa de cambios de pendiente en la sección transversal, cambios en el color del suelo o en la vegetación o cualquier otro indicio que lleve a diferenciar el cauce principal del cauce de inundaciones.

La Figura Nº 20 ilustra algunos de los casos que se pueden presentar dependiendo de la ubicación del estribo y de los niveles de inundación tanto en la zona del puente como en la sección transversal aguas arriba.

L_1 : Longitud entre el borde del cauce principal y la pared del estribo (izquierdo o derecho)

L_2 : Longitud entre el borde del cauce principal y el punto de intersección del agua con la margen.

L : Longitud del estribo que se opone al paso del agua.

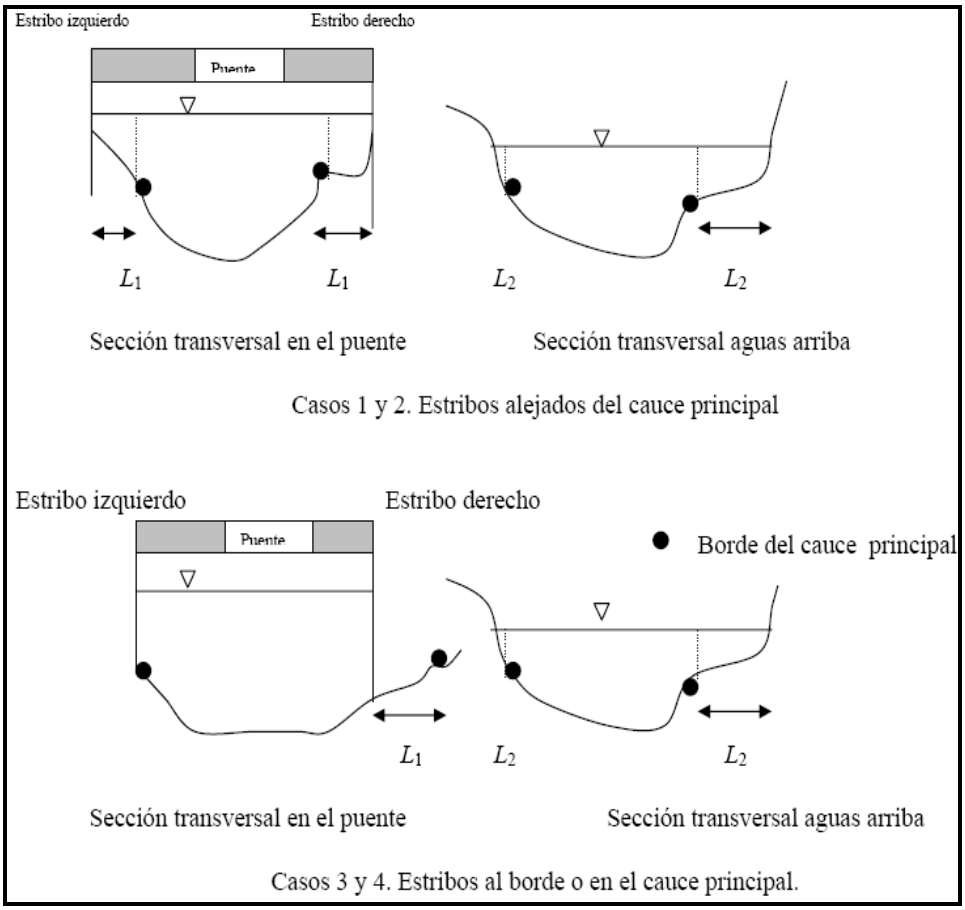


FIGURA Nº 20: Algunos casos de obstrucción de estribos

Las longitudes se consideran positivas cuando se miden desde el borde del cauce principal hacia el exterior y negativas si se miden hacia el interior del cauce.

- Caso 1: Estribo izquierdo, $L_1 > L_2$

$L = L_2 - L_1$, es negativo y por lo tanto el estribo no obstruye el paso del agua, se asume $L = 0$

- Caso 2: Estribo derecho, $L_2 > L_1$

$L = L_2 - L_1$

- Caso 3: Estribo izquierdo, $L_1 = 0$

$L = L_2 - L_1 = L_2$

- Caso 4: Estribo derecho, L_1 negativo

$$L = L_2 - (-L_1)$$

$$L = L_2 + L_1$$

b.3.2.1) Método de Liu, Chang y Skinner

El método se basa en una ecuación resultante de estudios de laboratorio y análisis dimensional, realizada en 1961 y se aplica para las siguientes condiciones que se ilustran en la Figura Nº 21.

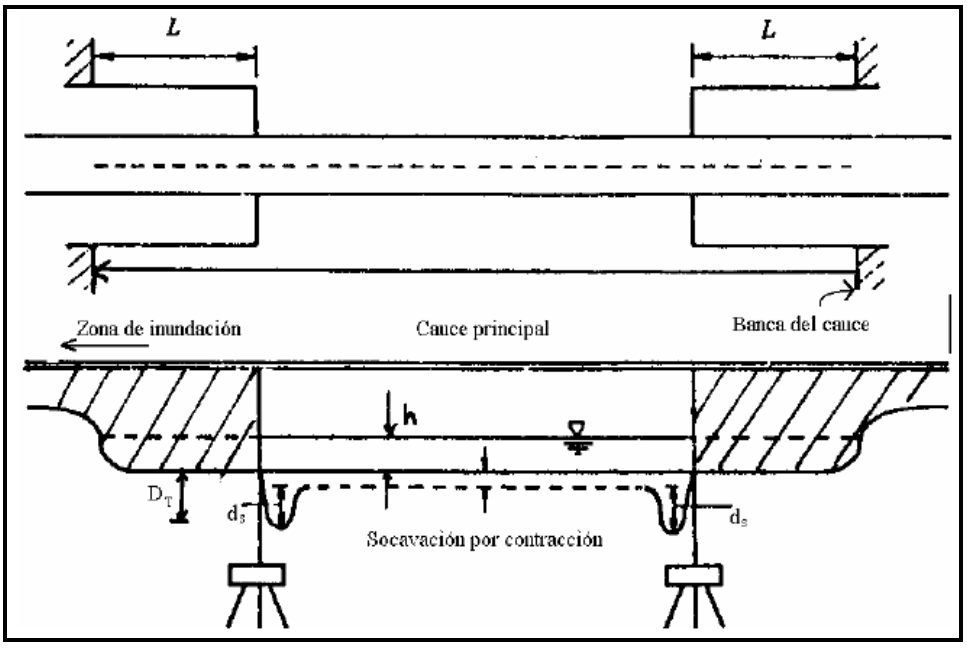


FIGURA Nº 21: Estribos que se prolongan hasta el cauce principal y no existe flujo en la zona de inundación.

(Fuente: HEC-18, 1993).

Consideraciones:

- Socavación en lecho móvil.
- Estribos que se proyectan dentro del cauce principal
- No existe flujo sobre las llanura de inundación
- El largo del estribo es menor que 25 veces la profundidad media del agua (L/h < 25)
- Flujo subcrítico

- Lecho del cauce arenoso
- Las ecuaciones debe ser ajustadas por un factor de corrección K_θ para considerar el ángulo de ataque del flujo (Ecuación 123).
- Los valores de las profundidades de socavación deben ser incrementados en un 30% cuando se presentan dunas en el cauce de aproximación al estribo.
- Si existe lecho plano o lecho con antidunas, las ecuaciones deben aplicarse tal como se exponen a menos que las antidunas ocurran en el estribo, caso para el cual la profundidad de socavación debe incrementarse en un 20%.

$$\frac{y_s}{h} = K_f \left(\frac{L}{h}\right)^{0.4} F_r^{0.33} \qquad (87)$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}}$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación de equilibrio medida desde el nivel medio del lecho hasta el fondo del hoyo de la socavación (m)

h : Profundidad media del flujo aguas arriba en el cauce principal (m)

L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua (m)

F_r : Número de Froude en la sección de aguas arriba

V : Velocidad media del flujo aguas arriba

K_f : Coeficiente de corrección por forma del estribo. Es igual a 1.10 para estribos con pared inclinada hacia el cauce y 2.15 para estribos con pared vertical.

b.3.2.2) Método de Artamonov

Este método permite determinar no solamente la profundidad de socavación que se produce al pie de estribos sino también al pie de espolones o espigones. Depende de los siguientes factores:

- Porción de caudal que es interceptado por la estructura al meterse dentro de la corriente Q_1 o Q_2 (ver Figura Nº 22).
- Talud que tienen los lados del estribo (mH:1.0V)
- Ángulo entre el eje longitudinal del puente y la corriente (θ).

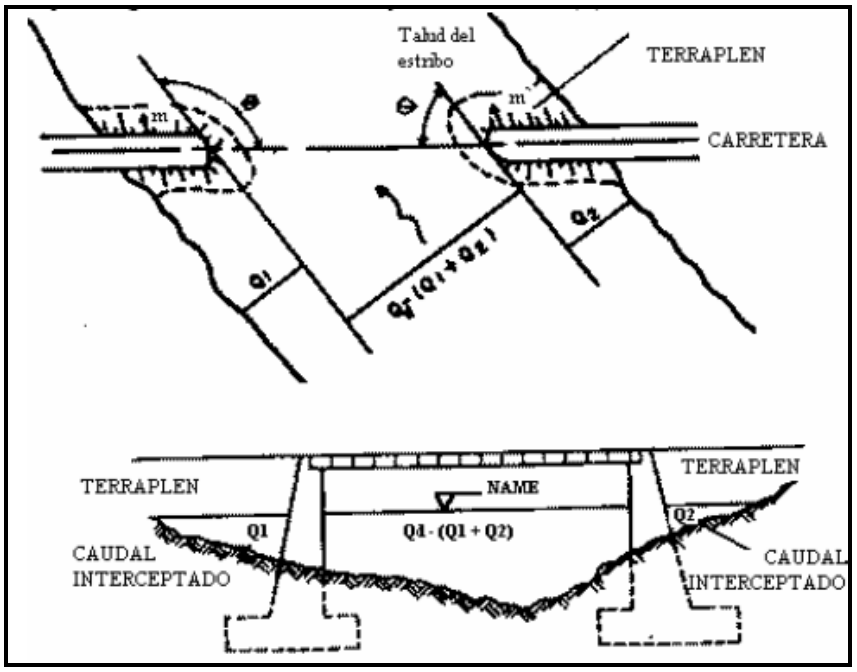


FIGURA Nº 22: Intersección del flujo por los estribos. Método de Artamonov
(Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992).

$$H_T = K_\theta K_Q K_m h \qquad (88)$$

Donde:

H_T : Profundidad del agua al pie del estribo o espigón medida desde la superficie libre de la corriente.

K_θ : Coeficiente que depende del ángulo que forma la corriente con el eje longitudinal del puente (Ver Tabla Nº 24).

K_Q : Coeficiente que depende de la relación entre el gasto teórico interceptado por el estribo Q_1 o Q_2 y el caudal total Q_d que escurre por la sección transversal. (Ver Tabla Nº 25)

K_m : Coeficiente que depende del talud que tienen los lados del estribo (Ver Tabla Nº 26).

h : Tirante de agua en la zona cercana al estribo o al espigón antes de la socavación.

TABLA Nº 24: Coeficiente de corrección K_θ.

θ	20°	60°	90°	120°	150°
K_θ	0.84	0.94	1.00	1.07	1.19

(Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992).

TABLA Nº 25: Coeficiente de corrección K_Q.

Q_1/Q_d	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
K_Q	2.00	2.65	3.22	3.45	3.67	3.87	4.06	4.20

(Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992).

TABLA Nº 26: Coeficiente de corrección K_m.

Talud m	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
K_m	1.00	0.91	0.85	0.83	0.61	0.50

mH:1V

(Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992).

La siguiente ecuación se usa cuando el puente no está sesgado respecto al flujo (θ = 90º) y la pared de los estribos es vertical:

$$H_T = K_Q h \qquad (89)$$

b.3.2.3) Método de Laursen

Laursen propuso dos ecuaciones basándose en el razonamiento sobre el cambio en las relaciones de transporte debido a la aceleración del flujo causada por el estribo, una para socavación en

lecho móvil y otra para socavación en agua clara aplicables para las siguientes condiciones (HEC-18, 1993):

- Estribos que se proyectan dentro del cauce principal.
- Estribos con pared vertical.
- No existe flujo sobre las llanuras de inundación.
- El largo del estribo es menor que 25 veces la profundidad media del agua (L/h < 25).
- Las ecuaciones dan profundidades de socavación máximas e incluyen los efectos de la socavación por contracción, por lo que para estas ecuaciones no se debe incluir el efecto de la contracción del cauce para obtener la socavación total.
- Se recomienda que las ecuaciones se apliquen para valores máximos de y_s/h igual a 4.0.
- Las ecuaciones dadas por Laursen se resuelven por tanteos.
- Las ecuaciones deben ser ajustadas por un factor de corrección K_θ para considerar el efecto del ángulo de ataque del flujo, (Ecuación 111).

a.1) Socavación en lecho móvil

$$\frac{L}{h} = 2.75 \frac{y_s}{h} \left[\left(\frac{y_s}{11.5h} + 1 \right)^{1.7} - 1 \right] \qquad (90)$$

a.2) Socavación en agua clara

$$\frac{L}{h} = 2.75 \frac{y_s}{h} \left[\left(\frac{\left(\frac{y_s}{11.5h} + 1 \right)^{7/6}}{\left(\frac{\tau}{\tau_c} \right)^{0.5}} - 1 \right) \right] \qquad (91)$$

Donde:

h : Profundidad media del flujo aguas arriba en el cauce principal.

L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua.

τ : Esfuerzo cortante en el lecho hacia aguas arriba del estribo.

τ_c : Esfuerzo cortante crítico para D_{50} del material del lecho aguas arriba.

Las dos ecuaciones anteriores son aplicables para estribos con pared vertical por lo que las profundidades de socavación resultantes deben afectarse por un factor de corrección K_f para tener en cuenta el efecto de otras formas.

K_f : 0.9 para estribos con aleros inclinados 45º, 0.8 para estribos con pared inclinada hacia el cauce.

b.3.2.4) Método de Froehlich

La ecuación dada por Froehlich está basada en análisis dimensional y en análisis de regresión de laboratorio para 170 mediciones de socavación en lecho móvil. HEC-18 (1993) recomienda su uso para socavación tanto en lecho móvil como en agua clara, para estribos que se proyectan dentro del cauce principal o no y para flujo concentrado en el cauce principal o combinado con flujo sobre las zonas de inundación.

a) Socavación en agua clara y en lecho móvil

La ecuación de Froehlich que a continuación se expone es muy utilizada en los Estados Unidos de América.

$$\frac{y_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e}\right)^{0.43} F_{re}^{0.61} + 1 \qquad (92)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación (m)

h_e : Profundidad media del flujo (profundidad hidráulica) en la zona de inundación obstruida por el estribo aguas arriba del puente (m).

K_f : Coeficiente que depende de la forma del estribo. Tabla Nº 27, Figura Nº 23.

K_θ : Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo . Ecuación (111), Figura Nº 24.

L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua proyectada normalmente al flujo (m).

F_{re} : Número de Froude en la sección de aproximación obstruida por el estribo.

TABLA Nº 27: Coeficiente por forma del estribo K_f. Método de Froehlich

Descripción	K_f
Estribo con pared vertical	1.00
Estribo con pared vertical y aletas	0.82
Estribo con pendiente hacia el cauce	0.55

(Fuente: HEC-18., 1993).

$$K_\theta = (\theta/90)^{0.13} \qquad (93)$$

Donde:

θ : Ángulo de inclinación del estribo. (Figura Nº 19)

$(\theta < 90^o)$, si el estribo está inclinado hacia aguas abajo

$(\theta > 90^o)$, si el estribo está inclinado hacia aguas arriba

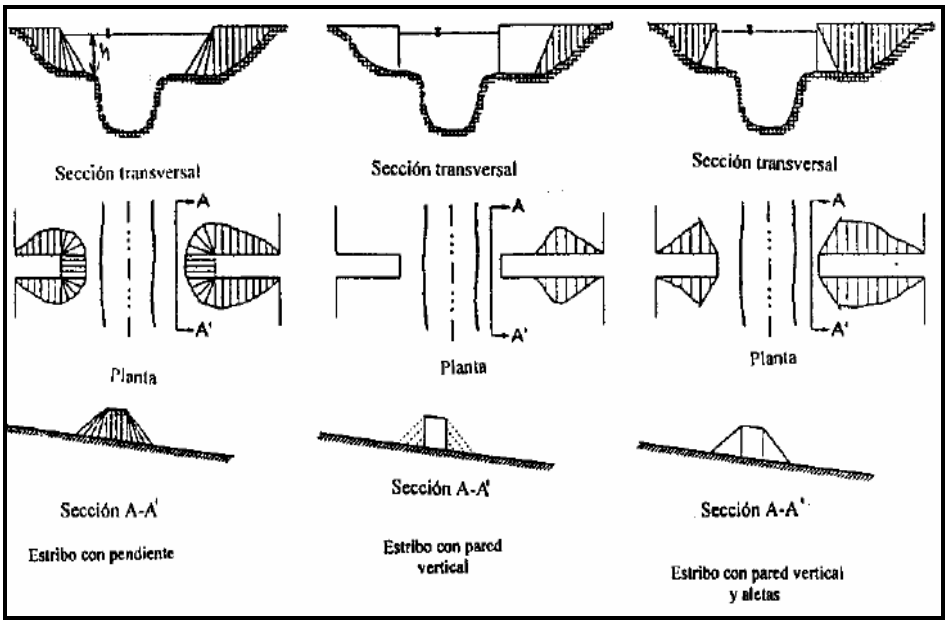


FIGURA Nº 23: Formas comunes de estribos. Método de Froehlich. (Fuente: HEC-18., 1993).

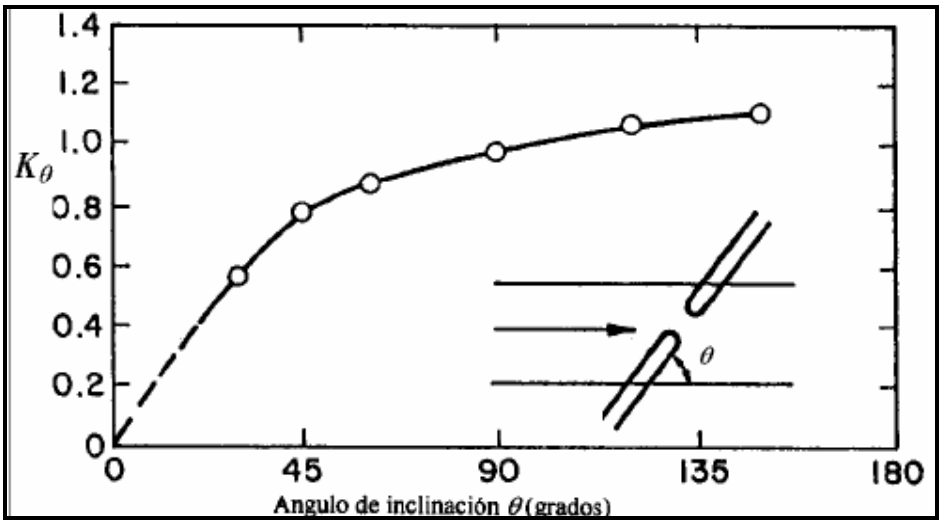


FIGURA Nº 24: Factor de corrección K_θ . Método de Froehlich (Fuente: HEC-18., 1993).

$$h_e = A_e / L$$

$$F_{re} = \frac{V_e}{\sqrt{g h_e}}$$

$$V_e = \frac{Q_e}{A_e} \qquad (94)$$

Donde:

V_e : Velocidad del flujo obstruido por el estribo y los accesos al puente en la sección de aguas arriba (m/s)

Q_e : Caudal obstruido por los estribos o accesos, medido aguas arriba del puente (m3/s)

A_e : Área de flujo de la sección aguas arriba obstruida por los estribos (m2)

b) Socavación en agua clara

Froehlich también propone una ecuación únicamente para condiciones de socavación en agua clara pero tiende a dar valores muy bajos y no se ha verificado con datos de campo, por lo que HEC-18 (1993) no recomienda su uso. Esta ecuación implica que el material del lecho del río tenga un $D_{50} \geq 7.6$ cm y que la desviación estándar geométrica del sedimento σ_g sea mayor a 1.5. Se presenta el método a efectos de comparación de resultados con otros métodos.

$$\frac{y_s}{h_e} = 0.78 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e}\right)^{0.63} F_{re}^{1.16} \left(\frac{h_e}{D_{50}}\right)^{0.43} \sigma_g^{-1.87} + 1 \qquad (95)$$

$$\sigma_g = \left(\frac{D_{84}}{D_{16}}\right)^{0.5}$$

Donde:

σ_g : Desviación estándar geométrica del material.

Nota: El número 1 al final de las dos ecuaciones propuestas por Froehlich es un factor de seguridad que hace que las ecuaciones predigan profundidades de socavación mayores que aquellas medidas por experimentos. Este factor de seguridad debe ser usado en el diseño.

b.3.2.5) Método de Melville

B. W. Melville propuso un método basándose en el análisis dimensional y desarrollo de relaciones entre parámetros dimensionales usando líneas de mejor ajuste de datos provenientes de ensayos de laboratorio realizados en la Universidad de Auckland en Nueva Zelanda, (Melville B. W., 1992).

El método no ha sido verificado en campo y no considera al igual que en otros casos efectos debidos a la no rectangularidad del cauce, irregularidades en el lecho, flujo sobre las planicies de inundación durante las crecientes, ni distribución no uniforme del flujo lateral. Esto hace que el método de valores de profundidades de socavación muy grandes especialmente cuando los estribos son muy largos. Además, no considera los efectos del tamaño ni de la gradación del sedimento, por lo que puede resultar muy conservador para tamaños grandes y sedimentos bien graduados. Tampoco considera el caso de estribos en suelos cohesivos.

B. W. Melville considera los casos de estribos cortos y largos y propone las siguientes ecuaciones de tipo general:

- Estribos Cortos

Cuando la longitud del estribo y zonas de aproximación que se oponen al paso del flujo es menor que la profundidad del flujo (L < h).

Se ha demostrado en laboratorio que para estribos cortos el modelo de flujo que causa la socavación no cambia con relación a la profundidad del flujo y que por lo tanto la profundidad de socavación es función principalmente de la longitud del estribo.

$$\frac{y_s}{L} = K_i K_h K_D K_\sigma K_f K_\theta K_g \qquad (96)$$

- Estribos Largos

Cuando la longitud del estribo y zonas de aproximación que se oponen al paso del flujo es mayor a 25 veces la profundidad del flujo. (L > 25h).

La información obtenida en laboratorio confirma que para estribos largos la profundidad de socavación local depende de la profundidad de flujo.

$$\frac{y_s}{h} = K_i K_h K_D K_\sigma K_f K_\theta K_g \qquad (97)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación (m)

L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del flujo (m)

h : Profundidad del flujo al pie del estribo (m)

K_i : Factor de corrección por intensidad del flujo que tiene en cuenta la velocidad del flujo y la velocidad crítica para inicio del movimiento del sedimento.

K_h : Factor de corrección por profundidad del flujo.

K_L : Factor de corrección por longitud del estribo.

K_D : Factor de corrección por tamaño del sedimento.

K_σ : Factor de corrección por gradación del sedimento.

K_f : Factor de corrección por forma del estribo.

K_θ : Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo.

K_g : Factor de corrección por la geometría del cauce de aproximación.

La Tabla Nº 28 incluye los factores de corrección por forma del estribo en la cual el estribo de pared vertical se ha tomado como referencia. La Figura Nº 25 presenta los valores del coeficiente K_θ para diferentes ángulos de ataque del flujo.

TABLA Nº 28: Valores del factor de corrección K_f

Forma del estribo	K_f
Estribo de pared vertical angosta	1.00
Estribo de pared vertical con punta semicircular.	0.75
Estribo con aletas a 45°	0.75
Estribo de pared inclinada (H:V)	
0.5:1.0	0.60
1.0:1.0	0.50
1.5:1.0	0.45

(Fuente: Melville, W. B., 1992).

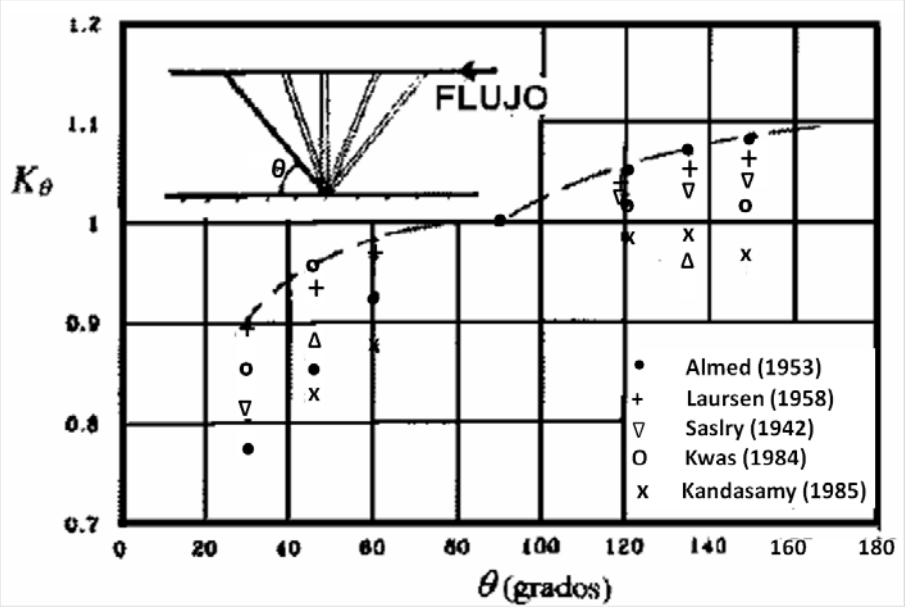


FIGURA Nº 25: Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo K_θ .
(Fuente: Melville, W. B., 1992).

$K_L = 10$, para estribos largos.

$K_h = 2$, para estribos cortos.

$K_i = 1$, considerando que las mayores profundidades de socavación ocurren bajo condiciones de lecho móvil.

Los datos encontrados por W. B. Melville para tener en cuenta la influencia del tamaño y la gradación del sedimento son inconsistentes por lo que sugiere que para propósitos prácticos K_D y K_σ sean tomados igual a 1.0. Esto significa que las profundidades de socavación obtenidas se aplican para sedimentos uniformes.

Existe algo de información sobre la influencia de la geometría del cauce de aproximación sobre la profundidad de socavación pero más investigación se requiere para poderlo cuantificar debidamente. Por lo tanto, B. W. Melville (1992), sugiere que en principio K_g se considere igual a 1.0, lo que implica que la profundidad de socavación en un cauce único sería igual a la profundidad de socavación en un estribo localizado en un cauce compuesto. Este valor es muy conservador especialmente para el caso de estribos largos.

Conclusiones al Método de Melville

Finalmente, considerando todas las limitaciones en la cuantificación de ciertos factores existentes hasta la fecha de realización de las investigaciones, B. W. Melville, propone las siguientes ecuaciones de diseño que corresponden a envolventes de los datos de laboratorio. Por las razones anteriores, los resultados de su aplicación son bastante conservadores.

- Estribos cortos (L<h)

$$y_s = 2K_f L \qquad (98)$$

$$y_s máx = 2L \qquad (99)$$

Las anteriores ecuaciones consideran que el ángulo de ataque del flujo pierde importancia para el caso de estribos cortos.

- **Estribos de longitud intermedia (h ≤ L ≤ 25h)**

En este caso, la forma y la longitud del estribo, el ángulo de ataque y la profundidad de flujo, tienen importancia sobre la profundidad de socavación, tal como reflejan las siguientes ecuaciones:

$$y_s = 2K_f^* K_\theta^* (hL)^{0.5} \qquad (100)$$

$K_f^* = K_f$, para $L \leq 10h$

$K_f^* = K_f + (1 - K_f)(0.1\left(\frac{L}{h}\right) - 1.5)$, para $10h < L < 25h$

$K_f^* = 1.0$, para $L \geq 25h$

$K_\theta^* = K_\theta$, para $L \geq 3h$

$K_\theta^* = K_\theta + (1 - K_\theta)(1.5 - 0.5\left(\frac{L}{h}\right))$, para $1h < L < 3h$

$K_\theta^* = 1.0$, para $L \leq h$

- **Estribos largos (L > 25h)**

$$y_s = 10K_\theta h \qquad (101)$$

$$y_s máx = 10h \qquad (102)$$

Las ecuaciones anteriores consideran que la forma del estribo pierde importancia cuando el estribo es largo.

b.3.2.6) Método HIRE

HEC-18 (1993), incluye otra ecuación desarrollada a partir de datos del Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos para la socavación que se produce en la punta de los espigones o espolones construidos en el río Mississippi. La ecuación HIRE es por lo tanto aplicable cuando el estribo penetra en el cauce principal.

$$y_s = 4h\left(\frac{K_f}{0.55}\right)K_\theta F_r^{0.33} \qquad (103)$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación (m)

h : Profundidad media del flujo al pie del estribo en el cauce principal, considerando la sección transversal inmediatamente aguas arriba del puente (m)

F_r : Número de Froude basado en la velocidad y profundidad al pie justo aguas arriba del estribo.

K_f : Factor de corrección por forma del estribo. Tabla Nº 27.

K_θ : Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo. (Ecuación 123).

b.4) RERUMEN DE METODOLOGIAS Y FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN

Finalmente en la Tabla Nº 29 se presenta un resumen de las metodologías usualmente utilizadas en nuestro medio para la estimación de la socavación general, socavación por contracción y socavación local en estribos y pilares.

TABLA Nº 29: Fórmulas para el cálculo de la socavación general, por contracción y Local en estribos y pilares

MÉTODO Y FECHA	ECUACIÓN	TIPO DE SOCAVACIÓN	CONSIDERACIONES
Velocidad Crítica y Agua Clara	$V_{cr} = 21\left(\frac{Rh}{D_{50}}\right)^{1/6}\sqrt{0.056\frac{(\gamma_s-\gamma)}{\gamma}D}$ Vcr: Velocidad crítica en la sección, m/s. Rh: Radio hidráulico en la sección, m. D50: Diámetro correspondiente al 50%, m. D: Diámetro característico del lecho, m.	Socavación general	Este método utiliza el criterio del principio de movimiento de un fondo granular bajo una corriente permanente, igual al criterio de Shields y la hipótesis de agua clara, es decir que la corriente no transporta sedimentos.
Lischvan Lebediev	**a) Para suelos granulares:** $H_S = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68\beta\mu\varphi D_m^{0.28}}\right]^{\frac{1}{1+z}}$ **b) Para suelos cohesivos:** $H_S = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.60\beta\mu\varphi\gamma_s^{1.18}}\right]^{\frac{1}{1+x}}$ Hs-h: Profundidad de socavación, m. h: Tirante de agua, m. Dm: Diámetro característico del lecho, m. B,μ,φ: Factores.	Socavación general incluyendo contracción por efecto del puente.	Método propuesto por Lischtvan – Lebediev, se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente y la velocidad media erosiva.
Straub	$H_S = \left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{0.642} h_1$ Hs-h1: Profundidad de socavación, m. B1: Ancho de la superficie libre del cauce aguas arriba de la contracción, m. B2: Ancho de la superficie libre del cauce en la contracción, m. h1: Tirante de flujo, m.	Socavación por efecto de sección contraída	Desarrollada para tener un estimativo del posible descenso que sufrirá el lecho debido a una reducción en su sección transversal.
Laursen (1995)	**a) Socavación por contracción en lecho móvil:** $\frac{H_S}{h_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{\frac{6}{7}}\left(\frac{B_1}{B_2}\right)^{k_1}$ Hs-h2: Profundidad media de socavación por contracción, m. Hs: Profundidad media del flujo, m. h1: Profundidad media de flujo en el cauce principal, aguas arriba del puente, m. h2: Profundidad media de flujo en la sección contraída, m. Q1: Caudal aguas arriba, m3/s. Q2: Caudal en la sección contraída, m3/s. B1: Ancho del cauce aguas arriba, m. B2: Ancho del cauce en la sección contraída, restando ancho de pilares, m. K1: Exponente en función del modo de transporte de sedimentos **b) Socavación por contracción en agua clara**: $H_S = \left(\frac{0.025Q_2^2}{D_m^{2/3}B_2^2}\right)^{\frac{3}{7}}$ Dm: Diámetro medio efectivo del material del lecho, m.	Socavación general incluyendo contracción por efecto del puente.	Considera los casos de socavación por efecto de contracción en lecho móvil o en agua clara. Es el método mas usado en los EUA(HEC-18, 1993, 1995)

Laursen y Toch (1953, 1956)	**a) Flujo paralelo al eje mayor del pilar:** $y_s = K_f K_g a$ ys: Profundidad de socavación local, m. Kf: Coeficiente función de forma del pilar. Kg: Coeficiente función de Hs/a. a: Ancho del pilar, m. **b) Flujo esviado respecto al eje mayor del pilar:** $y_s = K_g K_\phi a$ Kφ: Coeficiente función del ángulo de ataque del flujo .	Socavación local en pilares	Método desarrollado en el Instituto de Hidráulica de Iowa, se desarrolló bajo condiciones de transporte continuo de sedimentos.
Neill (1964)	$y_s = 1.5(a')^{0.7} h^{0.3}$ ys: Profundidad de socavación, m. a': Ancho proyectado del pilar, m. h: Tirante de flujo aguas arriba del pilar, m.	Socavación local en pilares	Ecuación resultante del ajuste de datos experimentales obtenidos por Laursen y Toch para socavación en pilares circulares y rectangulares.
Larras (1963)	$y_s = 1.05 K a^{0.75}$ ys: Profundidad de socavación, m. K: Coeficiente función de Kf y Kg. a: Ancho del pilar, m.	Socavación local en pilares	Ecuación para estimar máxima profundidad de socavación en condiciones próximas a la velocidad crítica de movimiento de sedimentos.
Arunachalam (1965)	$y_s = 1.334 q^{2/3} \left[1.95 \left(\frac{1.334 q^{2/3}}{a} \right)^{-1/6} - 1 \right]$ ys: Profundidad de socavación, m. q: Caudal unitario aguas arriba del puente, m3/s-m. a: Ancho del pilar, m.	Socavación local en pilares	Ecuación modificada de la propuesta por Englis – Poona (1948).
Carsten (1966)	$y_s = 0.546 a \left(\frac{N_s - 1.25}{N_s - 5.02} \right)^{\frac{5}{6}}$ ys: Profundidad de socavación, m. Ns: Número del sedimento. a: Ancho del pilar, m.	Socavación local en pilares	Ecuación para condiciones de socavación en lecho móvil.
Maza – Sánchez (1968)	$y_s = H_T - H_S$ ys: Profundidad de socavación, m. HT: Profundidad de la sección socavada desde el nivel de la superficie del flujo, m. Hs: Profundidad de agua hacia aguas arriba del pilar antes de la socavación local, m	Socavación local en pilares	Ecuación aplicable para lechos cubiertos por arena y grava. El método se basa en el uso de curvas elaboradas a partir de resultados experimentales de laboratorio efectuadas en la División de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en México.
Breusers, Nicollet y Shen (1984)	$y_s = a f_1\left(\frac{V}{V_c}\right) . f_2\left(\frac{h}{a}\right) . f_3(forma) . f_4\left(\phi \frac{l}{a}\right)$ ys: Profundidad de socavación, m. a: Ancho del pilar, m. V: Velocidad media del flujo, m/s. Vc: Velocidad crítica de inicio de movimiento de partículas de fondo, m/s. h: Tirante de agua, m. Ø: Ángulo de ataque del flujo.	Socavación local en pilares	Ecuación basada en estudios experimentales con varillas de sondeos en corrientes.

Melville y Sutherland **(1988)**	$y_s = aK_iK_hK_DK_\sigma K_fK_\phi$ ys: Profundidad de socavación, m. a: Ancho del pilar, m. Ki : Factor de corrección por intensidad de flujo. Kh: Factor de corrección por profundidad de flujo. K_D : Factor de corrección por tamaño de sedimento. Kσ: Factor de corrección por gradación de sedimento. Kf: Factor de corrección por forma del pilar. KΦ: Factor de corrección por ángulo de atauq del flujo.	Socavación local en pilares	El método fue desarrollado en la Universidad de Auckland (Nueva Zelanda) y está basado en curvas envolventes a datos experimentales obtenidos en su mayoría de ensayos de laboratorio.
Froehlich **(1991)**	$y_s = 0.32K_f(a')^{0.62}h^{0.47}F_r^{0.22}D_{50}^{-0.09} + a$ ys: Profundidad de socavación, m. Kf: Factor de corrección por forma del pilar. a': Ancho proyectado del pilar, m. a: Ancho del pilar, m. h: Profundidad de flujo aguas arriba del pilar, m. Fr: Número de Froude, aguas arriba del pilar. D50: Diámetro de la partícula del lecho, m.	Socavación local en pilares	Ecuación desarrollada por el Dr. David Froehlich es usada por el programa HEC-RAS (1998) como una alternativa a la ecuación de la Universidad Estatal de Colorado (CSU).
CSU	$\frac{y_s}{h} = 2.0K_fK_\phi K_cK_a\left(\frac{h}{a}\right)^{0.65}F_r^{0.43}$ ys: Profundidad de socavación, m. h: Profundidad de flujo aguas arriba del pilar, m. Kf: Factor de corrección por forma del pilar. KΦ: Factor de corrección por ángulo de atauq del flujo. Kc: Factor de corrección por forma del lecho. Ka: Factor de corrección por acorazamiento del lecho. a: Ancho del pilar, m. Fr: Número de Froude, aguas arriba del pilar.	Socavación local en pilares	Ecuación desarrollada por la Universidad Estatal de Colorado (CSU) para el cálculo de la socavación local en pilares tanto en agua clara como en lecho móvil. Esta ecuación fue desarrollada con base en análisis dimensional de los parámetros que afectan la socavación y análisis de datos de laboratorio. Es el método más usado en los Estados Unidos de América (HEC-18, 1993, 1995) y es una de las dos que usa el programa HEC-RAS (1998).
Liu, Chang y Skinner	$\frac{y_s}{h} = K_f\left(\frac{L}{h}\right)^{0.4}F_r^{0.33}$ ys: Profundidad de socavación, m. h: Profundidad de flujo en el cauce principal, m. L: Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua, m. Fr: Número de Froude, aguas arriba. Kf: Coeficiente de corrección por forma de estribo.	Socavación local en estribos	El método se basa en una ecuación resultante de estudios de laboratorio y análisis dimensional, realizada en 1961. Toma en cuenta socavación en lecho móvil. Estribos se proyectan dentro del cauce principal. No existe flujo en la llanura de inundación. Flujo subcrítico. Lecho del cauce arenoso

Artamonov	$$H_T = K_\theta K_Q K_m h$$ H_T : Profundidad de agua al pie del estribo. Kθ : Coeficiente función del ángulo que hace la corriente con el eje longitudinal del puente. KQ : Coeficiente función de la relación de gasto. Km: Coeficiente función del talud que los lados del estribo. h : Tirante de agua en la zona cercana al estribo.	Socavación local en estribos	Ecuación que permite determinar no solamente la profundidad de socavación que se produce al pie de estribos sino también al pie de espolones o espigones.
Laursen	**a) Socavación en lecho móvil:** $$\frac{L}{h} = 2.75\frac{y_s}{h}\left[\left(\frac{y_s}{11.5h}+1\right)^{1.7} - 1\right]$$ **b) Socavación en agua clara:** $$\frac{L}{h} = 2.75\frac{y_s}{h}\left[\frac{\left(\frac{y_s}{11.5h}+1\right)^{7/6}}{\left(\frac{\tau}{\tau_c}\right)^{0.5}} - 1\right]$$ ys: Profundidad de socavación, m. h: Profundidad de flujo aguas arriba en el cauce principal L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua. ζ : Esfuerzo cortante en el lecho hacia aguas arriba del estribo. ζc : Esfuerzo cortante crítico.	Socavación local en estribos	Ecuación que se basa en el razonamiento sobre el cambio en las relaciones de transporte debido a la aceleración del flujo causado por el estribo, para socavación en lecho móvil y en agua clara. Entre las consideraciones se tiene: - Estribos que se proyectan dentro del cauce principal. - Estribos con pared vertical. - No existe flujo sobre llanuras de inundación.
Froehlich	**a) Socavación en agua clara y en lecho móvil:** $$\frac{y_s}{h_e} = 2.27K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e}\right)^{0.43} F_{re}^{0.61} + 1$$ ys: Profundidad de socavación, m. he: Profundidad media de flujo en la zona de inundación obstruida por el estribo aguas arriba del puente, m. Kf: Coeficiente de corrección por forma de estribo. Kθ : Coeficiente función del ángulo de ataque. L : Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua, m. Fre: Número de Froude en la sección de aproximación obstruida por el estribo.	Socavación local en estribos	Ecuación basada en análisis dimensional y en análisis de regresión de laboratorio para socavación en lecho móvil y en agua clara, para estribos que se proyectan dentro del cauce o no y para flujo concentrado en el cauce principal o combinado con flujo en las llanuras de inundación.
Hire (1993)	$$y_s = 4h\left(\frac{K_f}{0.55}\right)K_\theta F_r^{0.33}$$ ys: Profundidad de socavación, m. h: Profundidad de flujo aguas arriba en el cauce principal, m. Fr: Número de Froude basado en la velocidad y profundidad al pie justo aguas arriba del estribo. Kf: Coeficiente de corrección por forma de estribo. Kθ : Coeficiente función del ángulo de ataque.	Socavación local en estribos	Ecuación desarrollada a partir de los datos obtenidos de otra ecuación del US ARMY de los EUA para la socavación que se produce en la punta de los espigones construidos en el río Mississippi.

4.1.1.5.5 OBRAS DE PROTECCIÓN

a) ENROCADOS

Para el diseño del enrocado existen varios métodos, en esta sección se presentarán algunos métodos para el cálculo del tamaño de la piedra de protección.

1) Método de Maynord

Maynord propone las siguientes relaciones para determinar el diámetro medio de las rocas a usarse en la protección.

$$d_{50} = C_1(yF^3) \qquad (104)$$

$$F = C_2\left(\frac{V}{\sqrt{gy}}\right)$$

Donde:

d_{50} : Diámetro medio de las rocas

y : Profundidad de flujo

V : Velocidad media del flujo.

F : Número de Froude

C_1 y C_2 : Coeficientes de corrección.

Los valores recomendados de C_1 y C_2 se muestran a continuación:

$$C_1\begin{cases} 0.28 & Fondo \quad plano \\ 0.28 & Talud \quad 1V:3H \\ 0.32 & Talud \quad 1V:2H \end{cases}$$

$$C_2\begin{cases} 1.5 & Tramos \quad en \quad curva \\ 1.25 & Tramos \quad rectos \\ 2.0 & Extremos \quad de \quad espigones \end{cases}$$

2) Método del U. S. Department of Transportation

Este método propone las siguientes relaciones para el cálculo del diámetro medio de las rocas.

$$d_{50}^{I} = \frac{0.001V^{3}}{y^{0.5}K_{1}^{1.5}}\text{, en sistema inglés} \qquad (105)$$

$$K_1 = \left[1 - \left(\frac{sen^2\theta}{sen^2\phi}\right)\right]^{0.5}$$

$$C = C_{sg}C_{sf}$$

$$C_{sg} = \frac{2.12}{(\gamma_s - 1)^{1.5}}$$

$$C_{sf} = \left(\frac{FS}{1.2}\right)^{1.5}$$

$$d_{50} = Cd_{50}^{I}$$

Donde:

d_{50} : Diámetro medio de las rocas

V : Velocidad media del flujo.

y : Profundidad de flujo

K_1 : Factor de corrección

θ : Ángulo de inclinación del talud

ϕ : Ángulo de reposo del material del enrocado.

C : Factor de corrección

γ_s : Peso específico del material del enrocado

FS : Factor de seguridad

En la Tabla Nº 30 se muestra los valores del factor de seguridad FS.

TABLA Nº 30: Selección del factor de seguridad

CONDICIÓN	RANGO DEL FS
Flujo uniforme, tramos rectos o medianamente curvos (radio de la curva/ancho del cauce > 30). Mínima influencia de impacto de sedimentos y material flotante.	**1.0 – 1.2**
Flujo gradualmente variado, curvatura moderada (10 < radio de la curva/ancho del cauce < 30). Moderada de impacto de sedimentos y material flotante.	**1.3 – 1.6**
Flujo rápidamente variado, curvas cerradas (radio de la curva/ancho del cauce < 10), flujos de alta turbulencia, flujo de turbulencia mixta en estribos de puentes. Efecto significativo de impacto de sedimentos y material flotante.	**1.6 – 2.0**

3) Método del Factor de Seguridad

El método de factor de seguridad se deriva sobre la base de los conceptos de momentos alrededor de un punto de apoyo de una roca que se apoya en otra.

3.1) Enrocado para el talud

Para el cálculo del tamaño del fragmento de roca según el método del factor de seguridad se tiene las siguientes ecuaciones:

$$V_d = \left(\alpha V_1^2 + 2g\Delta h\right)^{0.5} \qquad (106)$$

Donde:

V_d : Velocidad del flujo en las inmediaciones del estribo

α : Coeficiente de velocidad

V_1 : Velocidad aguas arriba del puente

g : Aceleración de la gravedad

Δh : Diferencia entre el nivel de agua, aguas arriba y aguas abajo del estribo.

Luego de obtener la velocidad V_d, se procede a obtener la velocidad de referencia V_r y el ángulo de las líneas de corriente λ a partir del cociente de la pérdida del nivel de agua con respecto a la longitud del estribo en base a los gráficos de Lewis (Richardson, 1990).

Con la velocidad de referencia V_r y el ángulo λ, se procede a obtener los parámetros dados en las siguientes relaciones:

$$\eta_0 = \frac{0.3V_r^2}{(S_s - 1)gd_{50}} \qquad (107)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left\{\frac{\cos(\lambda)}{\frac{2sen\theta}{\eta_0 \tan\phi} + sen(\lambda)}\right\} \qquad (108)$$

$$\eta_1 = \eta_0\left(\frac{1 + sen(\lambda + \beta)}{2}\right) \qquad (109)$$

Donde:

V_r : Velocidad de referencia

S_s : Gravedad específica de la partícula se asume igual a 2.65

d_{50} : Diámetro medio de las rocas

θ : Ángulo de inclinación del talud

ϕ : Ángulo de reposo del material del enrocado.

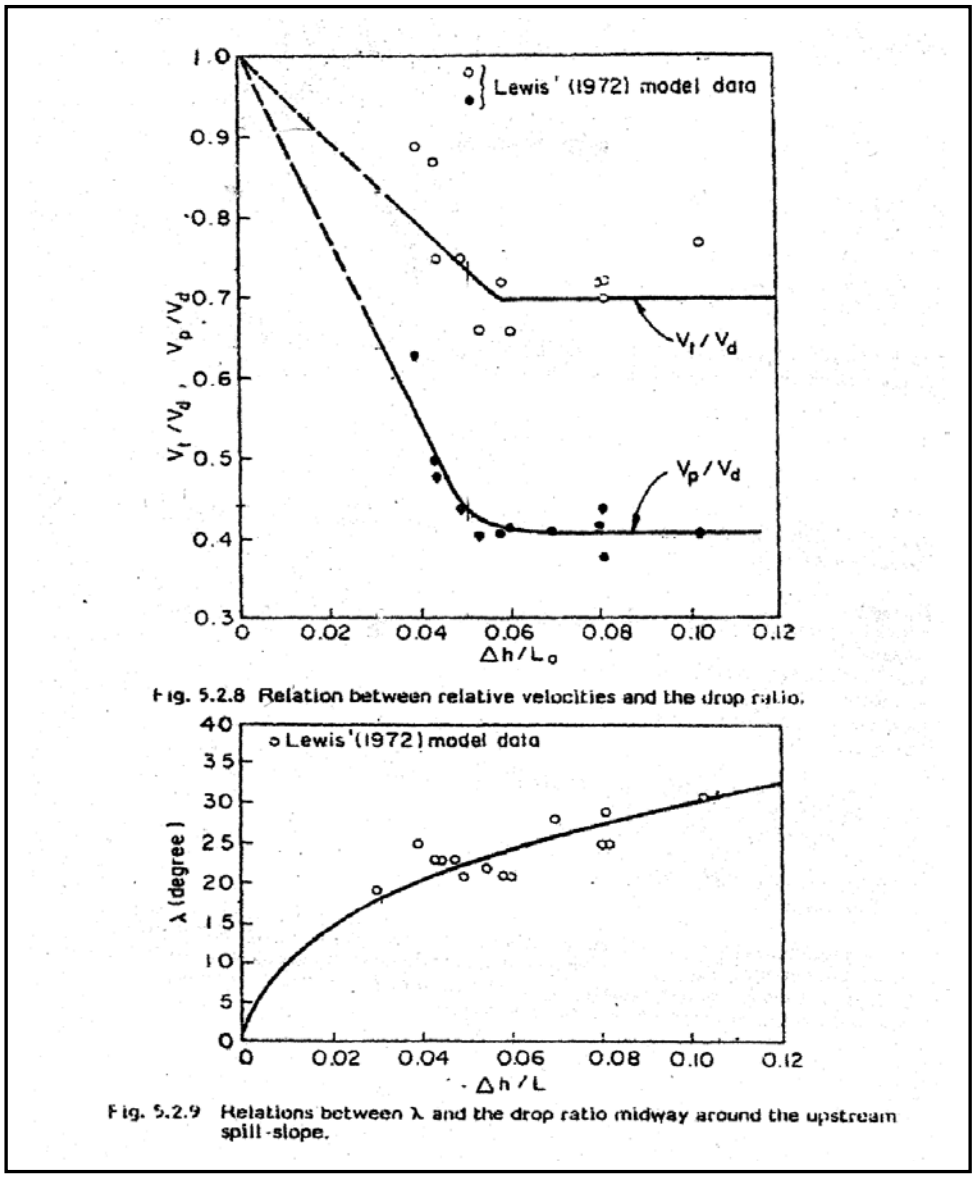


Fig. 5.2.8 Relation between relative velocities and the drop ratio.

Fig. 5.2.9 Relations between λ and the drop ratio midway around the upstream spill-slope.

FIGURA Nº 26: Gráficos de Lewis.

(Fuente: Separatas proporcionadas por el Dr. Kuroiwa, Z. J., 1996).

Luego de obtener los parámetros anteriores, se procede a calcular de manera iterativa el factor de seguridad hasta alcanzar el valor de diseño de enrocados que es aproximadamente 1.5, mediante la siguiente ecuación:

$$SF_0 = \frac{\cos\theta \tan\phi}{\eta_1 \tan\phi + sen\theta \cos\beta} \qquad (110)$$

3.2) Enrocado para pie de talud

En el pie de talud, el ángulo λ es aproximadamente igual a cero, debido a que el lecho del río fuerza a las líneas de corriente a discurrir en forma paralela al mismo.

Haciendo $\lambda = 0$, las relaciones anteriores se simplifican:

$$\eta_0 = \frac{0.3V_r^2}{(S_s - 1)gd_{50}} \qquad (111)$$

$$\beta = \tan^{-1}\left\{\frac{\eta_0 \tan\phi}{2sen\theta}\right\} \qquad (112)$$

$$\eta_1 = \eta_0\left(\frac{1 + sen\beta}{2}\right) \qquad (113)$$

$$SF_0 = \frac{\cos\theta \tan\phi}{\eta_1 \tan\phi + sen\theta\cos\beta} \qquad (114)$$

3.3) Diseño del filtro

En esta sección se tratará acerca del filtro de material granular, el cual se coloca como un “cama de apoyo” entre el material base y el enrocado, es una grava que previene el flujo a través de los intersticios del enrocado.

La función del filtro es no permitir la migración de finos del material subyacente (material base) ni pasar a través de la capa superior (enrocado), para asegurar esto, se deben cumplir las siguientes relaciones:

$$\frac{d_{15}(Filtro)}{d_{85}(Base)} < 5 < \frac{d_{15}(Filtro)}{d_{15}(Base)} < 40$$

Además:

$$\frac{d_{50}(Filtro)}{d_{50}(Base)} < 40$$

Asimismo, existen filtros constituidos por geotextil cuyas especificaciones se presentan en las Especificaciones Generales

para Construcción de Carreteras (EG 2000) aprobados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En los Anexos: Lámina Nº 07, se aprecia una sección típica de enrocado para protección de estribos de puentes y márgenes de río.

b) GAVIONES

Los gaviones son cajas de alambre galvanizado armadas insitu y se rellenan con piedras, usualmente obtenidas del lecho del río. Con la superposición de estos elementos se logra la conformación de muros tipo gravedad de características permeables y flexibles. Dentro de las ventajas de este tipo de elemento de protección, se menciona que resulta una buena solución en lugares donde no existe o resulta muy costoso la explotación, traslado y colocación de fragmentos de roca para los enrocados. Asimismo, se indica que requieren de filtros para evitar pérdida de sustrato y hundimiento.

El estudio hidráulico y características geomorfológicas del río en estudio, incidirá en la decisión para seleccionar este tipo de elemento de protección, teniendo presente que una de las principales desventajas que presentan los gaviones, es su vulnerabilidad a golpes, corrosión, oxidación, abrasión, etc, y a los ataques del factor humano que sustraen los alambres, lo cual se da en ocasiones en zonas cercanas a centros poblados.

Como recomendaciones generales para el dimensionamiento de gaviones, desde el punto de vista hidráulico, se tienen las siguientes consideraciones:

- El tamaño de las piedras debe ser suficientemente grandes y homogéneas para que no produzcan pérdidas de material a través de las mallas de los gaviones, recomendándose en lo posible, piedras de tamaño nominal 1.5 veces el tamaño mínimo de la abertura de la malla.

- Las piedras deben seleccionarse, tamizarse y limpiarse antes de rellenar las cajas de gaviones.

- La altura del muro de gaviones debe ser mayor que el nivel de avenida esperado.
- La sección transversal del muro de gaviones debe ser estable.
- El muro de gaviones debe contar con un colchón antisocavante que se extienda horizontalmente sobre la orilla una distancia mínima de 1.5 veces la profundidad de socavación esperada.

b.1) Protección de pilares

La solución más común para la protección de pilares de puentes frente a la erosión, es la colocación de mantos de escollera alrededor del pilar. Dentro de las ventajas, se tiene que es una medida de protección eficaz y versátil, y ofrece facilidad de reposición o flexibilidad por reacomodo de sus elementos ante una erosión imprevista.

Como recomendaciones generales para el dimensionamiento de mantos de escollera, desde el punto de vista hidráulico, se tienen las siguientes consideraciones:

- La colocación del manto de escollera debe efectuarse por lo menos hasta la profundidad que alcanza la socavación general y por contracción y en lo posible hasta una profundidad de tal manera que no se desarrolle la socavación local.
- Para realizar el dimensionamiento de los fragmentos de roca a usar en la escollera existen varios métodos, en el presente Manual se describirá el método de Maza Alvarez y el método del HEC-18.
- La escollera de protección debe contar por lo menos de dos capas de material y deberá estar provisto de un filtro para evitar que el sustrato ascienda entre los intersticios de las rocas.
- La disposición del manto de escollera puede ser efectuado de dos maneras, la primera cubriendo todo el pilar o solamente en el extremo aguas arriba de cada pilar.

- Extender el ancho de la escollera al menos 2.5 veces el ancho del pilar, medido desde la cara externa del pilar en forma de aureola alrededor de éste.
- Previa evaluación, se recomienda realizar trabajos de mantenimiento y reparación del manto de escollera, luego del paso de avenidas.

b.b.1) Método de Maza Alvarez (1989)

La siguiente expresión puede ser usada para encontrar el tamaño de la roca.

$$D_m = \frac{135V}{\gamma_s^{1.03}\left(y^{1/(2+y)} - 0.15V\right)} \qquad (115)$$

Donde:

D_m : Diámetro medio de la roca (m)

V : Velocidad media del flujo (V < 4.5m/s)

y : Tirante de flujo (m)

γ_s : Peso específico del material de protección (Kg/m^3)

b.b.2) Método propuesto en HEC-18 (1993)

Según HEC-18 (1993), el enrocado no es una medida permanente para proteger pilares contra socavación y no debe ser empleado para puentes en construcción, ya que las nuevas estructuras deben proyectarse para ser estables. La siguiente ecuación se usa para encontrar el tamaño de la roca de protección.

$$D_{50} = \frac{0.692(KV)^2}{2g(G_s - 1)} \qquad (116)$$

Donde:

D_{50} : Diámetro medio de la roca (m)

K : Coeficiente de forma del pilar

($K = 1.5$ para pilares con nariz redondeada, $K = 1.7$ para pilares con nariz rectangular)

V : Velocidad de flujo sobre el pilar (m/s)

g : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

G_s : Densidad relativa de la roca, usualmente 2.65.

Para determinar la velocidad sobre el pilar cuando no se tengan valores puntuales, la velocidad media del cauce ($V_m = Q / A$) se multiplica por un coeficiente que va desde 0.9 para pilares ubicados próximos a las llanuras de inundación en ríos rectos hasta 1.7 para pilares próximos a la curvatura externa del río.

4.1.2 DRENAJE LONGITUDINAL DE LA CARRETERA

El agua que fluye a lo largo de la superficie de la plataforma, tanto de la propia carretera como de lo aportado por los taludes superiores adyacentes, debe ser encauzada y evacuada de tal forma que no se produzcan daños a la carretera ni afecte su transitabilidad.

Para evitar el impacto negativo de la presencia del agua, en la estabilidad, durabilidad y transitabilidad, en esta sección se considerará los distintos tipos de obras necesarios para captar y eliminar las aguas que se acumulan en la plataforma de la carretera, las que pueden provenir de las precipitaciones pluviales y/o de los terrenos adyacentes.

a) Período de retorno

El caudal de diseño ha considerarse será según lo indicado en el ítem 3.6 del presente manual.

b) Riesgo de obstrucción

Las condiciones de funcionamiento del drenaje longitudinal se verán afectadas por obstrucción debido al material sólido arrastrado por la

corriente, por ello, debe efectuarse un adecuado diseño, que su vez permita realizar un adecuado mantenimiento.

c) Velocidad máxima del agua

La pendiente longitudinal (i) debe estar comprendida entre la condición de autolimpieza y la que produciría velocidades erosivas, es decir:

$$0.5\ \% < i < 2\ \%$$

La corriente no debe producir daños importantes por erosión en la superficie del cauce o conducto si su velocidad media no excede de los límites fijados en la Tabla Nº 31 en función de la naturaleza de dicha superficie.

TABLA Nº 31: Velocidad máxima del agua

TIPO DE SUPERFICIE	MÁXIMA VELOCIDAD ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierta de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50 *
Concreto	4.50 – 6.00 *

* Para flujos de muy corta duración

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito-MTC.

Si la corriente pudiera conducir material en suspensión (limo, arena, etc.) se cuidará de que una reducción de la velocidad del agua no provoque su sedimentación, o se dispondrán depósitos de sedimentación para recogerlas, los cuales deberán ser de fácil limpieza y conservarse de forma eficaz.

4.1.2.1 Cunetas

Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la

carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial.

Se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinalmente paralela y adyacente a la calzada del camino y serán de concreto vaciadas en el sitio, prefabricados o de otro material resistente a la erosión.

Serán del tipo triangular, trapezoidal o rectangular, siendo preferentemente de sección triangular, donde el ancho es medido desde el borde de la rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la rasante al fondo o vértice de la cuneta.

El encuentro de la superficie de rodadura con el talud interno de la cuneta, debe ser tal que la superficie de rodadura (concreto asfáltico, etc.) no cubra todo el espesor de pared de la cuneta, tal como se aprecia en la figura Nº. 27.

La inclinación del talud interior de la cuneta (V/H) (1:Z_1) dependerá, por condiciones de seguridad, de la velocidad y volumen de diseño de la carretera, Índice Medio Diario Anual IMDA (veh/día); según lo indicado en la Tabla Nº 304.12 del Manual de Diseño geométrico DG-2001.

Tabla 304.12
INCLINACIONES MÁXIMAS DEL TALUD (V:H)
INTERIOR DE LA CUNETA

V.D. (Km/h)	I.M.D.A (VEH./DIA)		
	< 750		> 750
<70	1:02 1:03	(*)	1:03
> 70	1:03		1:04

(*) Sólo en casos muy especiales

La inclinación del talud exterior de la cuneta (V/H) (1:Z_2) será de acuerdo al tipo de inclinación considerada en el talud de corte.

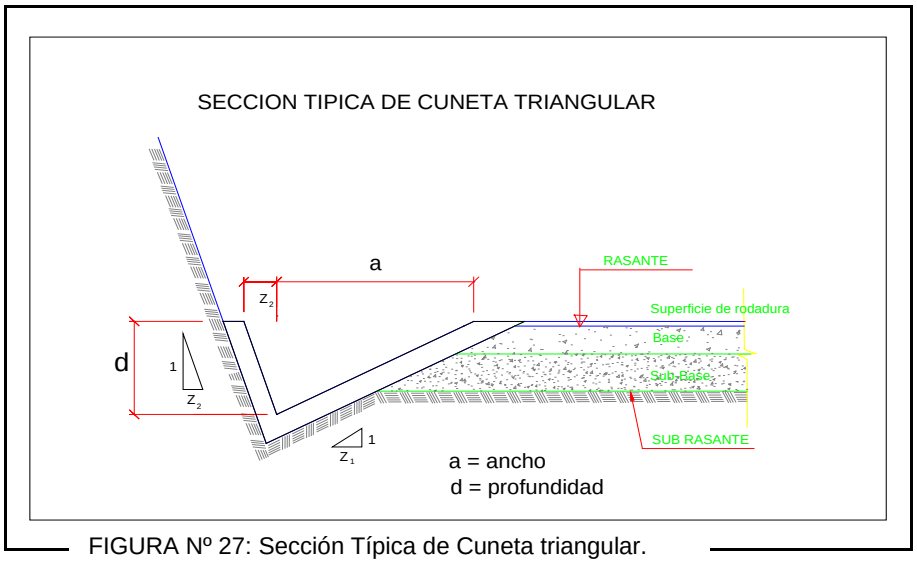


FIGURA Nº 27: Sección Típica de Cuneta triangular.

a) Capacidad de las cunetas

Se rige por dos límites:

- Caudal que transita con la cuneta llena
- Caudal que produce la velocidad máxima admisible

Para el diseño hidráulico de las cunetas utilizaremos el principio del flujo en canales abiertos, usando la ecuación de Manning:

$$Q = A \times V = \frac{\left(AxR_h^{2/3}xS^{1/2}\right)}{n} \qquad (117)$$

Donde:

Q : Caudal (m^3/seg)

V : Velocidad media (m/s)

A : Área de la sección (m^2)

P : Perímetro mojado (m)

R_h : A/P Radio hidráulico (m) (área de la sección entre el perímetro mojado).

S : Pendiente del fondo (m/m)

n : Coeficiente de rugosidad de Manning

- Los valores de Manning (n) más usados, se presentan en la Tabla Nº 09 del presente manual.

- También se utiliza el Coeficiente de Strickler (K) cuya expresión es (1/n) (Ver Tabla Nº 32)

TABLA Nº 32: Valores de K más usados

Cunetas excavadas en el terreno	K = 33
Cunetas en roca	K = 25
Cunetas de concreto	K = 67

Fuente: Ingeniería Vial I de Hugo Morales Sosa

- Velocidades límites admisibles

TABLA Nº 33: Velocidades límites admisibles

TIPO DE SUPERFICIE	VELOCIDAD LÍMITE ADMISIBLE (M/S)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50 *
Concreto	4.50 – 6.00 *

* Para flujos de muy corta duración

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito-MTC.

Ejemplo de diseño de una cuneta triangular típica

- Con talud interior 1:2 y talud exterior 1:2

- Radio hidráulico (R_h) :

$$R_h = \frac{5x\sqrt{H}}{6} \qquad (4.1)$$

$$R_h = \left(\frac{nv}{\sqrt{S}}\right)^{3/2} \qquad (4.2)$$

- Sección mojada (A):

$$A = \frac{5H^2}{4} \qquad (4.3)$$

- Con talud interior 1:1.5 y talud exterior 1:1.5

- Radio hidráulico (R_h) :

$$R_h = \frac{Hx\sqrt{13}}{10} \qquad (4.4)$$

$$R_h = \left(\frac{nv}{\sqrt{S}}\right)^{3/2} \qquad (4.5)$$

- Sección mojada (A):

$$A = \frac{13H^2}{12} \qquad (4.6)$$

Donde:

n : Coeficiente de Manning

K : Coeficiente de Strickler (1/n)

V : Velocidad admisible

S : Pendiente en m/m

Q : Capacidad en m^3/seg

Con estas ecuaciones calculamos la máxima capacidad de las cunetas correspondiente a la velocidad admisible para distintas pendientes.

Procedimiento de cálculo de Rh usando la ecuación (4.1) ó (4.4):

- Elijo una altura H, que sea menor a 0.60m.
- Calcular el radio hidráulico con la ecuación (4.1) ó (4.4), del radio Hidráulico.
- Calcular el área de la sección mojada (A), ecuación (4.3) ó (4.6)
- Calcular el caudal con la ecuación (4.0) de Manning, y si

Q manning > Q de aporte,

Entonces el diseño está terminado. Si ocurre lo contrario, debemos volver al paso 1 y elegir otra altura de cuneta (H).

Procedimiento de cálculo de Rh usando la ecuación (4.2) ó (4.5):

- Calcular el radio hidráulico con la ecuación (4.2) ó (4.5)
- Elijo una altura de cuneta H. (H debe ser menor a 0.60m)
- Calcular el área de la sección mojada (A), ecuación (4.3) ó (4.6)
- Calcular el caudal con la ecuación (4.0) de Manning, y si

Q manning > Q de aporte,

Entonces el diseño está terminado. Si ocurre lo contrario, debemos volver al paso 2 y elegir otra altura de cuneta (H).

b) Caudal Q de aporte

Es el caudal calculado en el área de aporte correspondiente a la longitud de cuneta. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = \frac{CxIxA}{3.6} \qquad \textbf{(118)}$$

(147)

Donde:

Q : Caudal en m^3/s

C : Coeficiente de escurrimiento de la cuenca

A : Área aportante en Km^2

I : Intensidad de la lluvia de diseño en mm/h

c) Dimensiones mínimas

Las dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviales.

De elegir la sección triangular, las dimensiones mínimas serán las indicadas en la Tabla Nº 34.

TABLA Nº 34: Dimensiones mínimas

REGIÓN	PROFUNDIDAD (D) (M)	ANCHO (A) (M)
Seca (<400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000 mm/año)	0.30*	1.20

* Sección Trapezoidal con un ancho mínimo de fondo de 0.30
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito-MTC.

Para lograr el funcionamiento adecuado de la sección hidráulica, se requiere que en los proyectos viales se considere:

- La construcción de una berma exterior de recepción con ancho mínimo de 60 cm (entre la cuneta y pie del talud de corte), con la finalidad de recepcionar la posible caída de materiales del talud superior, los cuales al impactar, deterioran las losas, y colmatan la sección hidráulica.
- Así mismo es necesario establecer la necesidad de mantenimiento de cunetas por lo menos dos veces al año (antes y después del período de lluvia, especialmente en zonas de sierra y selva del país).

Cuando existan limitaciones de ancho de la plataforma se podrá proyectar cunetas con doble función:

- Drenaje, y
- Área de emergencia (berma)

Para los cuales se buscará la solución más adecuada tales como: cunetas cubiertas, berma-cuneta, cuneta tipo batea, etc.

DIMENSIONES MINIMAS DE CUNETA TRIANGULAR TIPICA

REGION	PROFUNDIDAD (d) mts.	ANCHO (a) mts.
Seca (<400mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000mm/año)	0.30*	1.20

*** Sección Trapezoidal con un ancho mínimo de fondo de 0.30m**

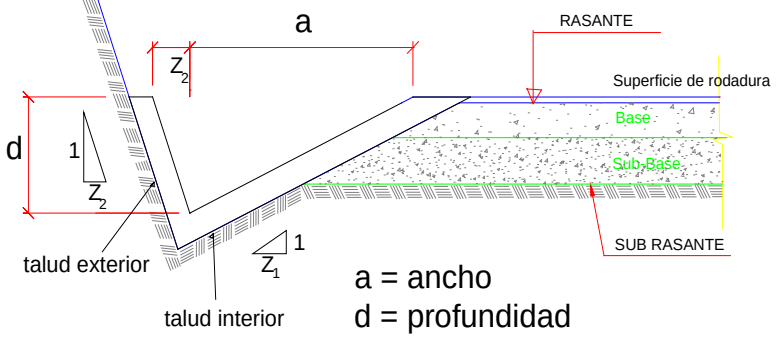


FIGURA Nº 28: Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica.

d) Desagüe de las cunetas

La descarga de agua de las cunetas se efectuará por medio de alcantarillas de alivio. En región seca o poca lluviosa la longitud de las cunetas será de 250m como máximo, las longitudes de recorridos mayores deberán justificarse técnicamente; en región muy lluviosa se recomienda reducir esta longitud máxima a 200m. Salvo justificaciones técnicas, cuando se tenga presencia de áreas agrícolas, viviendas ubicadas sobre el talud inferior de la carretera que pueden ser afectadas por descargas de alcantarillas de alivio. En este aspecto, el proyectista deberá realizar una evaluación exhaustiva para ubicar adecuadamente los puntos de descarga de alcantarillas de alivio sin afectar la propiedad adyacente.

e) Revestimiento de las cunetas

Las cunetas deben ser revestidas, para evitar la erosión de la superficie del cauce o conducto, productos de corrientes de agua que alcancen velocidades medias superiores a los límites fijados en la Tabla Nº 33; o cuando el terreno es muy permeable que permite la filtración hacia el pavimento, y consecuentemente su deterioro. El revestimiento de las cunetas puede ser de concreto, o de ser el caso de mampostería de piedra, previa verificación de velocidades de acuerdo a las pendientes finales del trazo geométrico. Se recomienda un revestimiento de concreto f´c = 175 kg/cm^2 y espesor de 0.075m.

4.1.2.2 Cunetas o zanjas de coronación

Las cunetas o zanjas de coronación son canales que se construyen en la parte superior de los taludes de corte, para recoger las aguas que bajan por las pendientes naturales y conducirlas hacia la quebrada o descarga más próxima del sistema general de drenaje, evitando de este modo la erosión del terreno, especialmente en zonas de pendiente pronunciada.

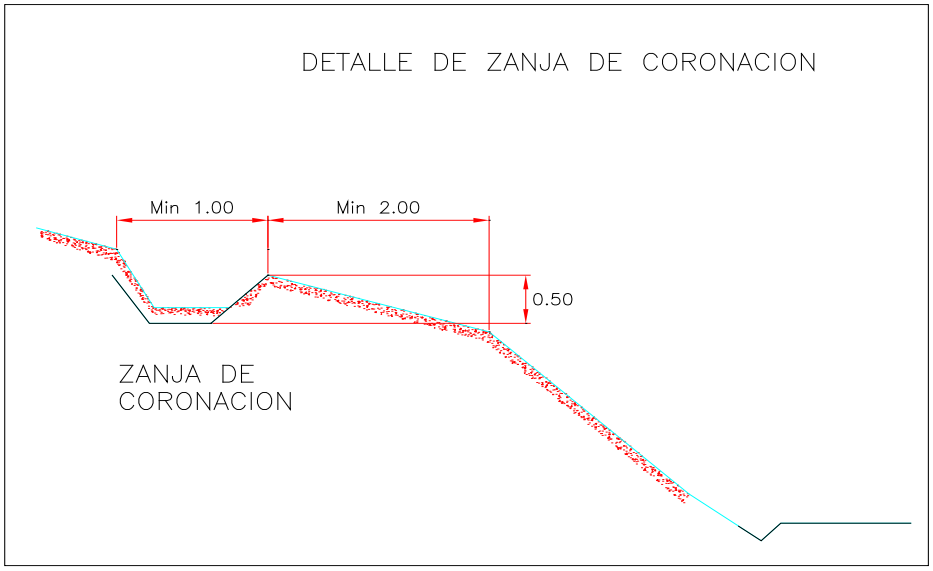


FIGURA Nº 29: Detalle típico de zanja de coronación.

Normalmente son de forma rectangular, pero también pueden ser trapezoidales, si se requiere un mayor tamaño.

Es importante sembrar especies naturales a ambos lados de la cuneta (pastos, ichu, maleza, raíces, árboles, etc); o ramas cortadas amarradas entre sí en forma de estructuras alargadas, las cuales se entierran o se colocan como estacas siguiendo el contorno de un talud), para evitar que el agua erosione bajo la cuneta y ésta se obstruya con sedimentos.

Si la pendiente es mayor que 2%, es necesario que el canal tenga recubrimiento de concreto simple o enrocado, teniendo en cuenta además del área mojada y la rugosidad del canal. Para pendientes mayores, las zanjas deben ser escalonadas con emboquillado de piedra bajo la caída.

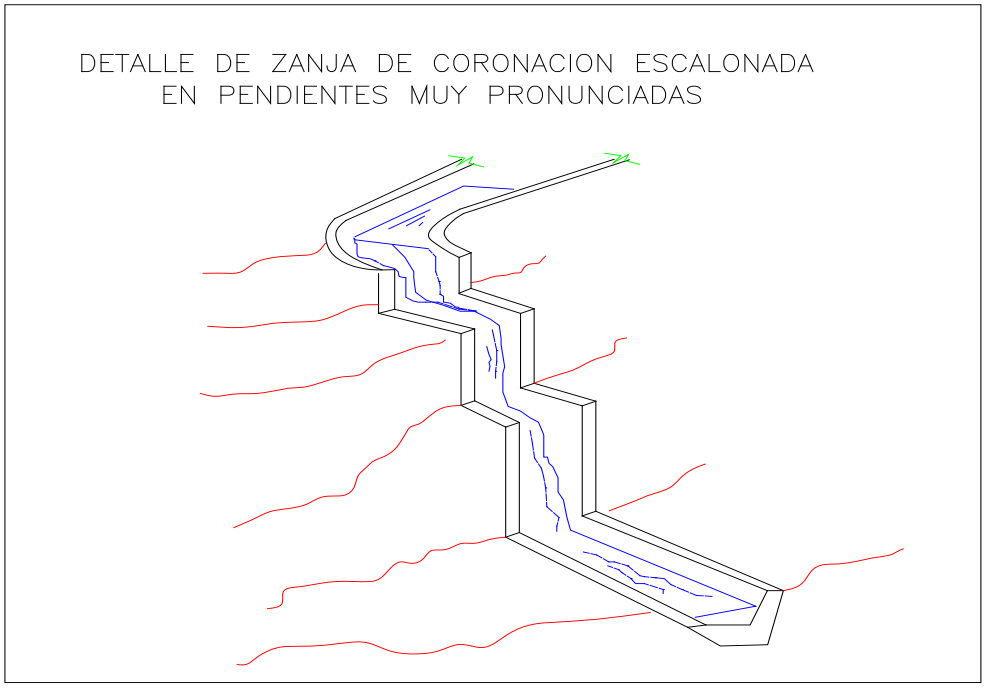


FIGURA Nº 30 : Detalle de zanja de coronación en pendientes muy pronunciadas

No es recomendable colocar estas zanjas, paralelas totalmente a la carretera, porque los tramos finales de la cuneta quedan con una pendiente excesiva, en la que se tienen que ejecutar tramos escalonados, como se observa en la Figura Nº 30, sino por el

contrario, se trazará la cuneta hacia el interior de la quebrada, siguiendo las pendientes admisibles para el tipo de terreno o revestimiento.

Se puede prescindir de las cunetas de coronación en taludes de suelos resistentes a la erosión con declives de 1:2 (V :H) o menores, o cuando durante la construcción se hayan adoptado medidas efectivas de control de la erosión.

4.1.2.3 Zanjas de drenaje

Las zanjas de drenaje son canales que se construyen en la parte inferior de los taludes de relleno en forma longitudinal lateral o transversal al alineamiento de la carretera, para recoger las aguas que bajan por el talud y terrenos adyacentes para conducirlas hacia la quebrada o descarga más próxima del sistema general de drenaje, evitando de este modo la erosión del terreno.

Normalmente son de forma rectangular, pero también pueden ser trapezoidales, si se requiere una mayor dimensión.

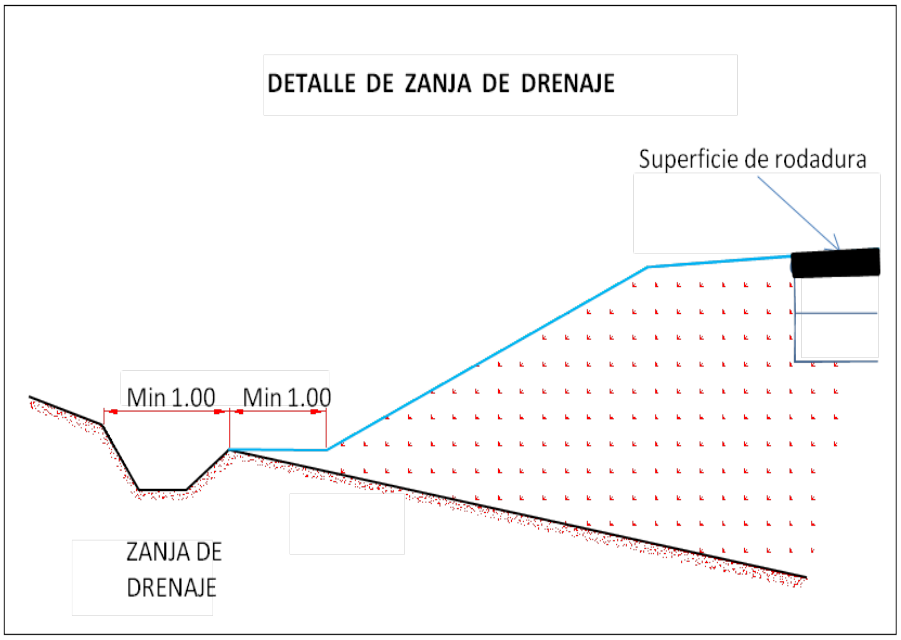


FIGURA Nº 31: Detalle típico de zanja de drenaje

4.1.2.4 Cunetas de banqueta

Son aquellas que se ubican al pie del talud inclinado de cada banqueta, las cuales consisten en la construcción de una o más terrazas sucesivas con el objetivo de estabilizar un talud.

Pueden tener sección triangular, rectangular o trapezoidal, de acuerdo al caudal de escorrentía superficial que transportará y su descarga se efectuará hacia un curso natural o mediante caidas escalonadas hacia las cunetas.

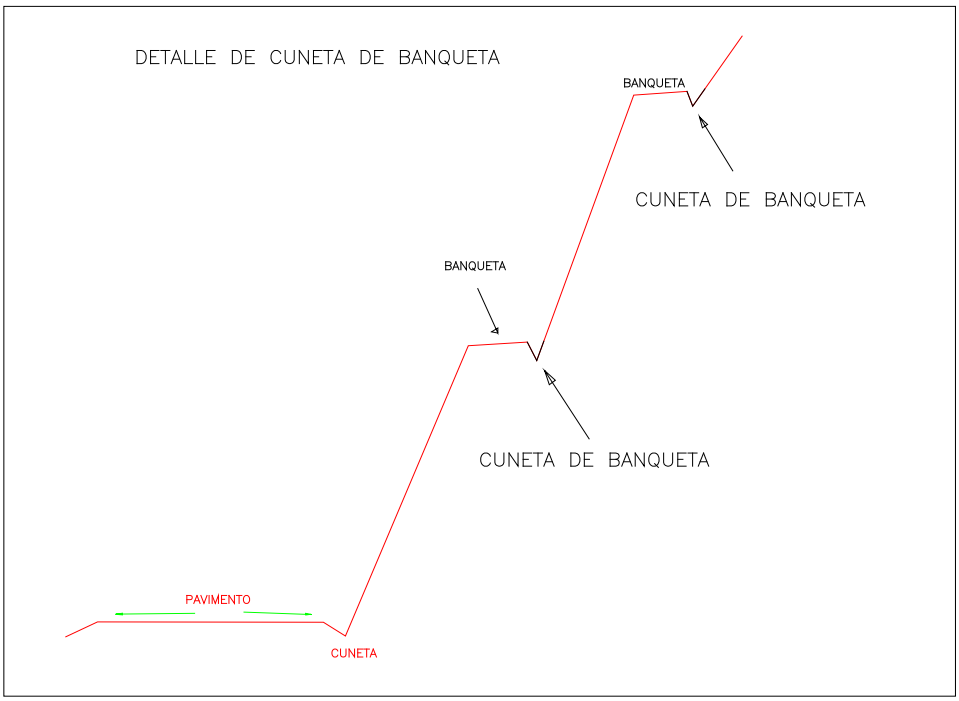


FIGURA Nº 32: Detalle de cuneta de banqueta típica

4.1.2.5 Bordillos

Los bordillos son elementos que interceptan y conducen el agua que por efecto del bombeo discurren sobre la plataforma de la carretera, descargándola mediante aliviaderos en sitios adecuados con el objetivo de evitar la erosión de los taludes de terraplenes que estén conformados por material erosionable.

Se construirán en los terraplenes mayores de 1.5m de altura, ubicándolas longitudinalmente en ambos lados en los terraplenes que se encuentren en tangente, o en la parte interna de los terraplenes en curva horizontal. Asimismo, se ubicarán sobre la corona del talud inferior cuando la carretera se desarrolla en corte a media ladera.

Se emplazarán en el lado exterior de la plataforma y generalmente tienen una sección trapezoidal con base inferior de veinte (20) centímetros, base superior de quince (15) centímetros y altura de cuarenta (40) centímetros, sobresaliendo de la superficie de rodadura quince (15) centímetros.

En los tramos en tangente se dejará un espacio libre para la descarga del escurrimiento hacia aliviaderos adecuadamente ubicados a una distancia de entre cincuenta (50) y cien (100) metros.

Los bordillos pueden ser de concreto, reforzados con varillas de construcción en forma de malla simple de ø3/8" cada 0.20m, tal como se observa en a Figura Nº 33.

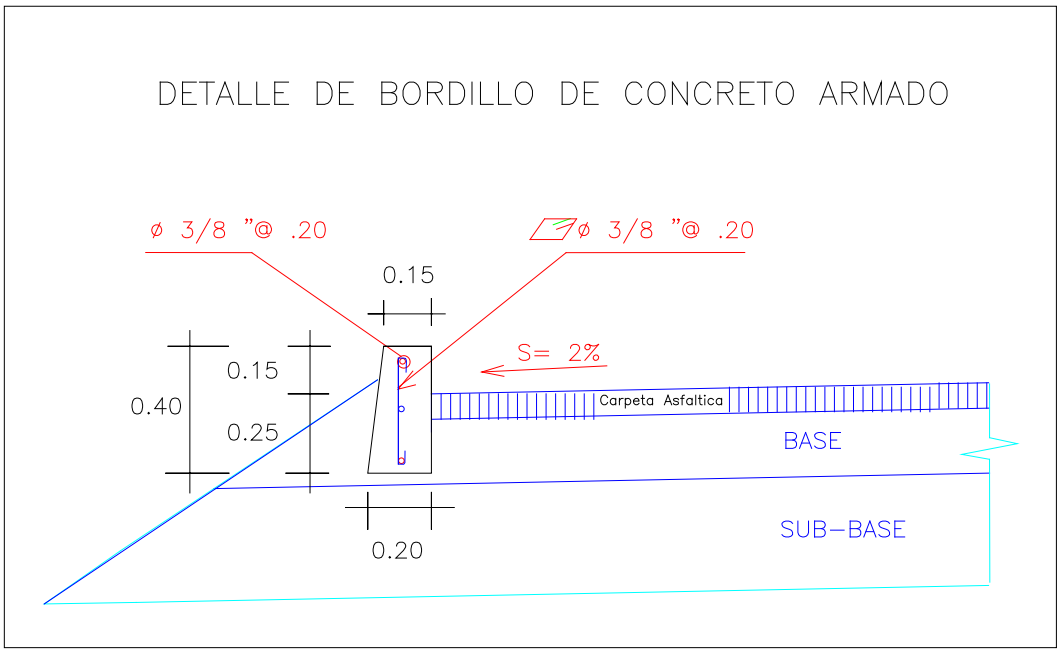


FIGURA Nº 33: Detalle típico de bordillo de concreto armado

4.1.2.6 Canales de drenaje

Un sistema de drenaje superficial de una vía diseñado adecuadamente debe interceptar con efectividad todo el escurrimiento directo superficial y de la cuenca, para conducirla a través de canales y cunetas que tengan el diseño adecuado para su descarga final en los cursos de agua naturales.

En zonas bajas o con depresiones en su topografía, hay acumulaciones de aguas que pueden deberse a diferentes causas: por precipitaciones copiosas, por escurrimiento superficial o por elevación de la napa freática causada por riego o crecida de un río cercano, por tanto para captar y evacuar estas aguas acumuladas, se proyectarán diferentes canales en red de drenaje, dentro del área que presenta estos problemas.

Esta red de drenaje está compuesta por:

- Canales principales, que son los “drenes” o cauces naturales, los cuales se amplían en función del caudal a evacuar.
- Canales secundarios, se proyectan para ampliar la red, y están conectados con los canales principales.
- Canales terciarios, son los canales colectores, estos recogen el agua del área a evacuar y los trasladan hacia los canales secundarios.

Los canales pueden ser de concreto fraguado en el terreno ó de canales prefabricados de concreto.

4.2 DRENAJE SUBTERRANEO

El drenaje subterráneo se proyecta con el objetivo de interceptar, conducir y/o desviar los flujos subsuperficiales (subterráneos) que se encuentren en el suelo de fundación de la carretera y/o provenientes de los taludes adyacentes.

El efecto del agua en el pavimento es perjudicial, por lo que debe ser evacuada a través de los sistemas de drenaje superficial y subterráneo. Debe conocerse tanto su procedencia como su caudal, así como el marco geográfico en que se encuentra. Los efectos desfavorables son múltiples: erosión interna de finos, sifonamiento, tubificación, arrastre y expulsión de finos, acelerando el fallo estructural de la calzada y acortando su vida útil. Para el buen funcionamiento del sistema de subdrenaje se requiere una pendiente adecuada y una buena red de evacuación del agua. Por último, de ser compatible y funcional con el tipo de suelo a drenar (tipo de suelo, permeabilidad, gradación, etc.), se contempla el uso de materiales geotextiles debido a su durabilidad, evitando que las capas drenantes se colmaten y pierdan su funcionalidad.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que la experiencia ha mostrado que para las condiciones siguientes es riesgoso el uso de geotextiles:

- Suelos finos pobremente graduados (es decir, todos los de tamaño uniforme),
- Agua subterránea de alta alcalinidad donde la lentitud del líquido pasando a través del geotextil causa deposiciones de calcio, sodio o precipitaciones de magnesio,
- Alta concentración de sólidos en suspensión en el líquido como en el caso de aguas turbias de ríos que pueden desarrollarse sobre o dentro del geotextil.

4.2.1 Subdrenaje

4.2.1.1 Requerimientos de Obras de Subdrenaje en proyectos viales.

El estudio de subdrenaje, es una actividad que demanda mucha experiencia y certeza en los estudios; dado que las condiciones freáticas son dinámicas, es decir tanto el nivel freático como los flujos

subsuperficiales, varían según la estación del año, comportamiento hidrológico de la zona, tipo de suelo, pendiente, alteración del medio poroso, etc.

La necesidad de obras de subdrenaje en un proyecto vial, no es el resultado de un cálculo matemático de carácter determinísticos, si no está sujeto al comportamiento de múltiples variables aleatorias; por lo tanto, este requerimiento generalmente es estimado y se obtiene a partir de observaciones directas y muestreo del terreno.

En la etapa de campo, se debe evaluar la necesidad de obras de subdrenaje para las condiciones proyectadas de la carretera, y adoptar las precauciones cuando la vía se encuentre cerca o este influenciado por:

- Existencia de lagunas, puquiales, canales sin revestir en la parte alta de la vía.
- Deformaciones, hundimientos y/o asentamientos de la plataforma vial, atribuibles a la presencia del agua en el subsuelo.
- Existencia de cultivos con grandes demanda de agua, como el arroz. Presencia de terrenos de cultivos con riegos por gravedad permanentes o riegos en secano.
- Filtraciones en taludes, presencia de vegetación propio de suelos saturados como el junco, totora, etc.
- Presencia de niveles freáticos en excavaciones a cielo abierto.
- Excavaciones de la plataforma vial, en taludes saturados, etc.

4.2.1.2 Subdrenaje convencional

El subdrenaje está constituido por zanjas excavadas a mano o con retroexcavadora, rellenas de material filtrante y elementos de captación y transporte de agua (tubo perforado).

Generalmente los subdrenes se usan en los siguientes casos:

- Colocado longitudinalmente al pie de los taludes de corte para interceptar filtraciones y flujos subsuperficiales que llegan a la carretera.

- Longitudinalmente en un terraplén, ubicado en la zona donde discurre el agua subterránea.
- Formando parte de un sistema de drenes transversales y longitudinales o dispuestos como una “espina de pescado”, a fin de evacuar el flujo subsuperficial presente en la zona de emplazamiento de la carretera.

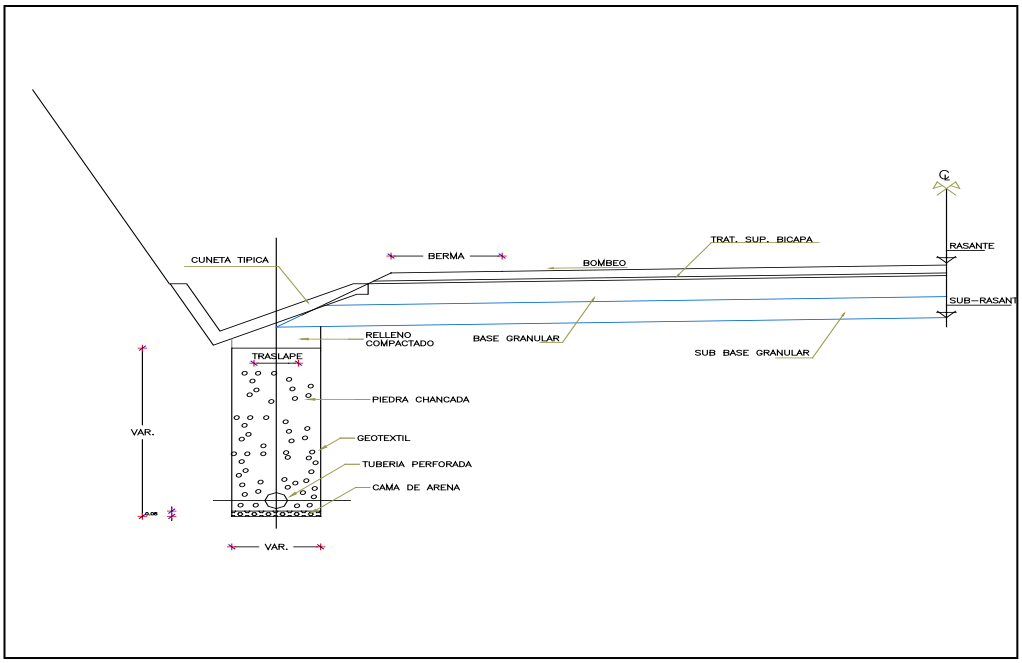


Figura Nº 34 : Sección Típica Subdren

4.2.1.3 Subdrenaje sintético

Debido a la dificultad que existe en algunos casos de obtener materiales naturales para los subdrenes y con el desarrollo de nuevas tecnologías como las mallas sintéticas, se viene usando los subdrenes sintéticos. Estos subdrenes consisten de tres elementos básicos:

a. Red de Malla Sintética (similar Geodren)

La Red de malla sintética está construida de tal manera que se forman unos canales que facilitan el flujo de agua.

b. Geotextil

El geotextil (no tejido) actúa como filtro impidiendo el paso de partículas de suelo hacia la red de malla sintética y permitiendo a su vez el flujo de agua.

c. Tubo colector perforado

En el extremo inferior de la red de malla sintética y envuelto por el geotextil se coloca una manguera perforada PVC especial para este tipo de subdrenes, la cual recoge y conduce el agua colectada por la red de malla sintética.

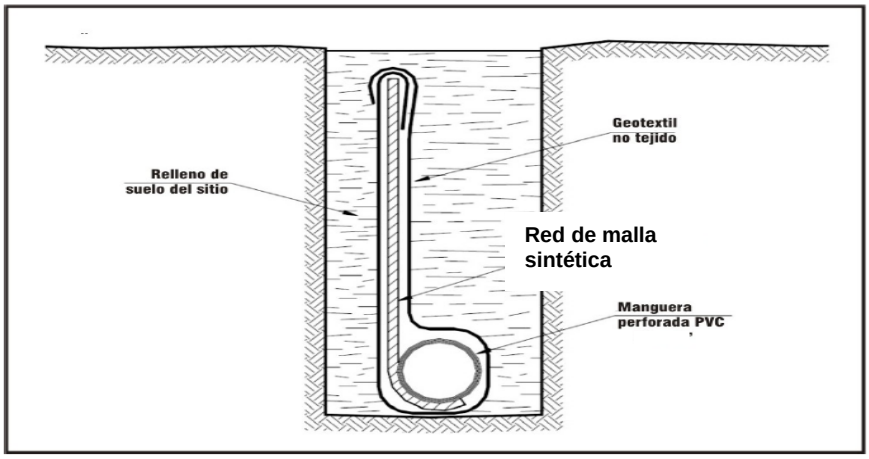


Figura Nº 35: Sección típica subdren sintético

4.2.1.4 Criterios de diseño

a) Caudal de diseño

Se debe considerar en primer lugar la distancia de inicio y descarga de los subdrenes, dado que a mayor distancia de recorrido, su capacidad de transporte deberá incrementarse debido al aporte de caudales a lo largo de su recorrido.

Los posibles caudales de aporte, que conforman el caudal total, los cuales pueden afectar la estructura del pavimento son:

- El caudal generado por la infiltración de las aguas provenientes de precipitaciones pluviales y de sectores con régimen de riego

permanente que discurren sobre el talud superior adyacente a la carretera.

- El caudal generado por el abatimiento del nivel de agua subterránea, en lugares donde el nivel freático alcance una altura tal, que supere el nivel de subrasante afectando la estructura del pavimento.

Caudal por abatimiento del nivel freático

Se tiene las siguientes relaciones:

$$q_{NF} = K .i. Ae \qquad (119)$$

$$I = (Nd – Nf) / B$$

$$Ae = (Nd – Nf)*L$$

Donde:

K : Coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente.
i : Gradiente hidráulico.
Nd : Cota inferior del subdrén.
Nf : Cota superior del nivel freático.
Ae : Área efectiva para el caso del abatimiento del nivel freático.
B : Para subdrenes longitudinales es el semiancho de la vía y para subdrenes transversales se refiere a la distancia entre subdrenes.
L : Longitud del tramo de drenaje.
q_{NF} : Caudal por abatimiento del nivel freático.

b) Determinación del tipo de geotextil filtrante

El filtro evita una excesiva migración de partículas de suelo y simultáneamente permite el paso del agua, lo anterior implica que el geotextil debe tener una abertura aparente máxima adecuada para retener el suelo, cumpliendo simultáneamente con un valor mínimo admisible de permeabilidad que permita el paso del flujo de una manera eficiente.

Para llegar a la selección del geotextil no sólo hay que tener en cuenta lo anterior, sino además, la resistencia a la colmatación, supervivencia y durabilidad, todos estos criterios se explican brevemente a continuación:

Criterio de retención

De acuerdo con lo establecido en "Geotexiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administration (FHWA) y basados en el criterio de retención de Chistopher y Holz (1989), Carroll (1983), un geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$\mathbf{TAA < D_{85} * B}$$

Donde:

TAA : Tamaño de abertura, dato suministrado por el fabricante. Corresponde a la abertura de los espacios libres (en milímetros).

D_{85} : Tamaño de partículas (en milímetros). Cuando al tamizar un suelo pasa el 85% de éste. Este dato se obtiene de la curva granulométrica del suelo en consideración.

B : Coeficiente que varia entre 1 y 3. Depende del tipo de suelo a drenar, de las condiciones de flujo y del tipo de geotextil.

- Para arenas, arenas gravosas, arenas limosas y arenas arcillosas (con menos de 50% que pasa el tamiz Nº 200) B es función del coeficiente de uniformidad Cu, de la siguiente manera.

  $C_u \leq 2$ ó ≥ 8 : Usar B=1

  $2 \leq C_u \leq 4$: Usar $B=0.5*C_u$

  $4 < C_u < 8$: Usar $B=8/C_u$

  Donde $C_u = D_{60} / D_{10}$

- En suelos arenosos mal graduados usar B entre 1.5 y 2

- Para suelos finos, (más de 50% pasa el tamiz Nº 200) B es función del tipo de geotextil.

  Para geotextiles no tejidos punzonados por agujas use B = 3.

  La AASHTO Task Force No 25 (1986), recomienda que los geotextiles mínimo deben cumplir:

  $$\mathbf{TAA < 0.3\ mm} \qquad (152)$$

  Criterio de permeabilidad

  El coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio de la cual, el geotextil permite un adecuado paso de flujo perpendicular al plano del mismo; para revisar la permeabilidad del geotextil se debe tener en cuenta lo siguiente:

  Para condiciones de flujo crítico, altos gradientes hidráulicos y buscando un correcto desempeño a largo plazo reduciendo los riesgos de colmatación se recomienda usar el criterio de Carroll (1983); Chistopher y Holtz (1985):

  $$\mathbf{Kg \geq 10 * Ks}$$

  Para aplicaciones no críticas:

  $$\mathbf{Kg \geq Ks}$$

  Donde:

  Kg: Permeabilidad del geotextil.

  Ks: Permeabilidad del suelo.

Criterio de colmatación

Este criterio considera la posibilidad de obstrucción de sus vacíos debido a incrustaciones de partículas del suelo. Por lo tanto, el geotextil debe tener un porcentaje mínimo de espacios vacíos.

Los geotextiles con una mayor resistencia a la colmatación, son los geotextiles no tejidos punzonados por agujas, en los cuales el riesgo a que se tapen gran parte de sus orificios es muy bajo, debido al espesor que poseen y a los altos valores de porosidad que presentan. De acuerdo con el criterio de Chistopher y Holtz, 1985; R. Koemer, 1990, los geotextiles usados como medios filtrantes deben tener una porosidad > 50%.

Criterio de supervivencia

El geotextil en el proceso de instalación y a lo largo de su vida útil puede estar sometido a esfuerzos, los cuales deben ser soportados por el mismo, de tal manera que no afecte drásticamente sus propiedades hidráulicas y físicas. Los requerimientos de supervivencia se establecerán según las Especificaciones Técnicas Generales para construcción de Carreteras (EG-2000); los cuales se muestran a continuación:

Tabla Nº 35: Geotextiles - Requerimientos de Supervivencia

PROPIEDAD	ENSAYO	UNID	REQUERIMIENTO DE GEOTEXTIL (VMPR)					
			CLASE 1		CLASE 2		CLASE 3	
			E < 50%	E > 50%	E < 50%	E > 50%	E < 50%	E > 50%
Resistencia Grab	ASTM D4632	N	1400	900	1100	700	800	500
Resistencia al razgado trapezoidal	ASTM D4533	N	500	350	400	250	300	180
Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N	500	350	400*	250	300	180
Resistencia "Burst"	ASTM D3786	Kpa	3500	1700	2700	1300	2100	950
Resistencia a la costura	ASTM D4632	N	1260	810	990	630	720	450

*El VMPR requerido para resistencia al Rasgado Trapezoidal para geotextil tejidos de monofilamentos, es de 250 N.

Tabla Nº 36: Geotextiles para Subdrenaje – Requerimientos

PROPIEDAD	ENSAYO	UNID.	REQUERIMIENTO		
			PORCENTAJES DE SUELO A RETENER QUE PASA LA MALLA 0.075 MIN. (N° 200)		
			< 15	15 - 50	> 50
Clase de Geotextil	-	-	Clase 2, de la Tabla N° 05		
Permitividad	ASTM D4491	s^{-1}	0.5	0.2	0.1
Tamaño de Abertura Aparente (TAA)	ASTM D4751	mm	0.43 Valores máx. promedio por rollo	0.25 Valores máx. promedio por rollo	0.22 Valores máx. promedio por rollo
Resistencia retenida UV	ASTM D4355	%	50% después de 500 horas de exposición		

Criterio de durabilidad

Los geotextiles por ser un material fabricado de polipropileno, no son biodegradables, son altamente resistentes al ataque químico como a los lixiviados.

No se recomienda el uso de los geotextiles como filtros en lugares donde queden expuestos a rayos ultravioleta por un tiempo prolongado. Donde por razones de instalación y funcionamiento los geotextiles estén expuestos al ataque de los rayos ultravioleta, estos deberán estar fabricados por compuestos, que les proporcionen una alta resistencia a la degradación UV.

c) Determinación de las dimensiones de la sección transversal

Teniendo el caudal final Qf, el cual es la suma de los caudales calculados, se realiza el siguiente procedimiento:

$$Qf = V * i * A \qquad (120)$$

Donde:

Qf : Caudal final

V : Velocidad de flujo, la cual depende de la pendiente longitudinal y del tamaño del agregado usado en el subdrén. (Ver Figura N° 36)

i : Gradiente hidráulico que para el caso de subdrenes es igual a 1

A : Área de la sección transversal del subdrén, normalmente se fija el ancho y se despeja su altura.

Una vez obtenida la sección transversal del subdrén, se puede calcular su perímetro, el geotextil debe colocarse en todo su perímetro. Por lo tanto la longitud del geotextil corresponderá al perímetro del subdrén más el traslape.

El diámetro de la tubería a usar se puede estimar haciendo uso de la ecuación de Manning. Por tanteo se asume un diámetro de tubería y se rectifica si cumple la siguiente igualdad:

$$Qf = (1/n) * A * R^{2/3} * S^{1/2} \qquad (121)$$

Donde:

Qf : Caudal final calculado

n : Coeficiente de Manning. Para tubería perforada usualmente es 0.013.

A : Área del tubo

R : At/Pt (Área total / Perímetro total) a tubo lleno

S : Pendiente del subdrén

La línea superior de flujo o nivel freático no debe superar en ningún momento la cota de la subrasante, con este criterio se debe establecer la profundidad del subdrén.

En caso de subdrenaje convencional, el material granular podrá ser natural, provenir de la trituración de piedra o roca, o ser una mezcla

de ambos y estará constituido por fragmentos duros y resistentes, además deberá cumplir con los requisitos indicados en las especificaciones técnicas del Proyecto.

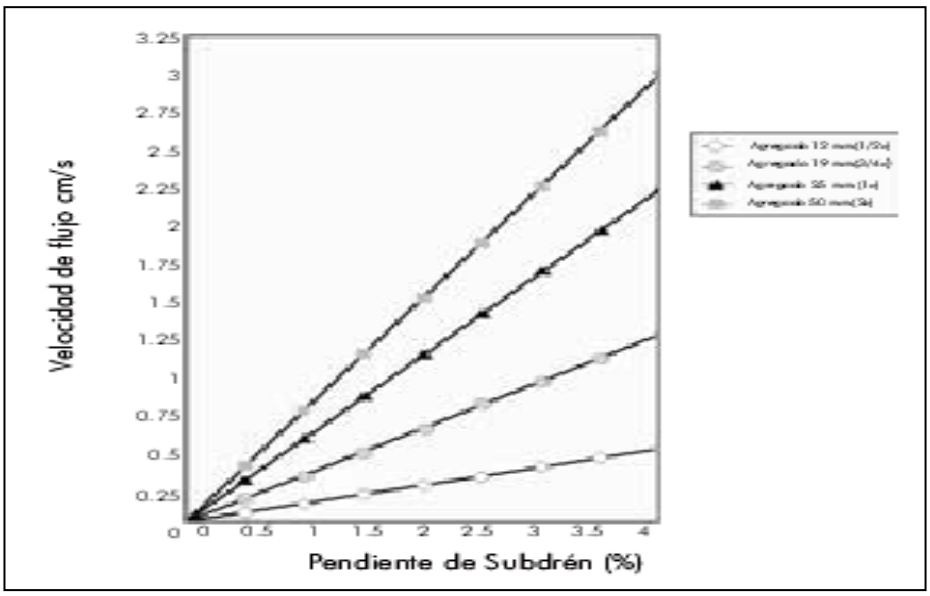


Figura Nº 36: Pendiente vs. Velocidad, según el tamaño del agregado (Para agregados de tamaño uniforme)

(Fuente: Manual de diseño de subdrenaje (Colombia))

d) Tasa de Flujo

Se debe revisar la cantidad de flujo volumétrico que puede pasar por unidad de área (tasa de flujo) en el plano normal al geotextil (permitividad K/t, donde K es la permeabilidad y t es el espesor del geotextil), frente a la cantidad de flujo volumétrico a evacuar por metro cuadrado. Para lo cual se realiza el siguiente procedimiento.

Teniendo el caudal que se requiere pasar por el filtro por cada metro cuadrado, se calcula la permitividad requerida del geotextil. Haciendo uso de la ecuación de Darcy.

$$q = K * i * A \qquad (122)$$

$$q = K * (\Delta h / t) * A$$

$$K / t = q /(\Delta h * A)$$

Donde:

K / t	:	Permitividad requerida del geotextil, (ψ requerida).
q	:	Caudal a evacuar calculado por metro cuadrado.
Δh	:	Carga hidráulica
A	:	Área por unidad de longitud.

$$\psi \text{ requerida} = q / (\Delta h * A)$$

La tasa de flujo también se puede obtener, teniendo el caudal a evacuar por metro cuadrado y el caudal capaz de dejar el geotextil por metro cuadrado.

4.2.2 Cajas de registro y buzones

En los drenes longitudinales, se recomienda usar, a intervalos regulares, cajas de registro o buzones de registro que permitan controlar el buen funcionamiento del subdrenaje y sirvan para evacuar el agua recogida por la tubería del subdren, ya sea a un colector principal, a una cuneta situada, por ejemplo, al pie de un terraplén, a un curso natural o a otros dispositivos de desagüe.

Asimismo, deberán colocarse cajas de registro o buzones en todos los cambios de alineación de la tubería de drenaje.

La distancia entre dos cajas o buzones consecutivos oscilará en general entre 80m y 100m y dependerá de la pendiente longitudinal del tubo y de su capacidad de desagüe, de la disposición general del subdrenaje y de los elementos naturales existentes.

En el caso de salida libre de la tubería de desagüe de la caja de registro o el buzón a una cuneta. Se tendrá en cuenta que el nivel de la salida quede lo suficientemente alto y con las protecciones necesarias para impedir su obstrucción, inundación, etc.

4.2.3 Drenes de penetración

Un dren horizontal o subdren de penetración consiste en una tubería perforada colocada a través de una masa de suelo, mediante una perforación profunda subhorizontal (ligeramente inclinada), con la cual se busca abatir el nivel freático hasta un nivel que incremente la estabilidad del talud (tal como se muestra en la Figura Nº 37).

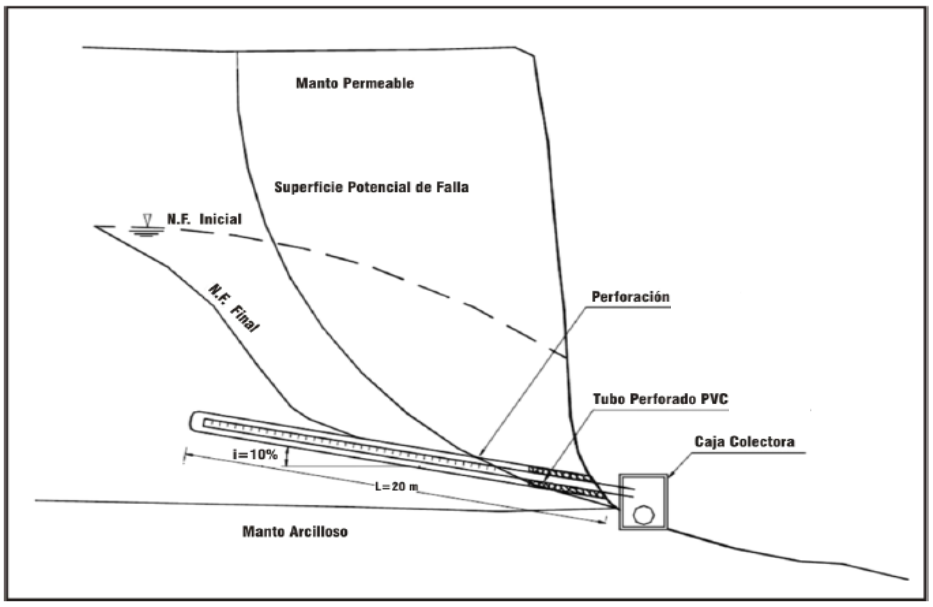


Figura Nº 37: Drenes de penetración

La principal ventaja de los drenes horizontales es que son rápidos y simples de instalar logrando incrementar el factor de seguridad del talud en muy poco tiempo.

El diámetro de las perforaciones es de aproximadamente 3 a 4 pulgadas dentro de las cuales se colocan tuberías perforadas. Los tubos utilizados son metálicos, de polietileno o PVC, generalmente en diámetros 2” ó 3”, aunque en ocasiones se emplea otro tipo de diámetro. La tubería se puede perforar con agujeros circulares en sentido transversal. Los orificios de la tubería se hacen generalmente, en diámetros de 5 a 1.5 milímetros con una densidad de 15 a 30 agujeros por metro de tubería. Muchas veces los subdrenes se diseñan para que recolecten agua solamente en el sector cercano a la punta interior y se inyecta con un impermeabilizante, la longitud restante de tubo. En esta forma se impide que el agua captada se reinfiltre nuevamente en la trayectoria de salida.

Criterios de diseño de subdrenes de penetración

Para la ubicación de los drenes se recomienda hacer previamente un estudio geotécnico para determinar las características del régimen de aguas subterráneas.

Es importante la ubicación de piezómetros abiertos de control que permitan medir el abatimiento del nivel de agua y dar información al especialista sobre la necesidad o no de colocar más subdrenes.

Debe estudiarse minuciosamente el efecto de construir pocos drenes profundos, a la alternativa generalmente, menos costosa y en ocasiones más efectiva desde el punto de vista de estabilidad del talud, de colocar una densidad mayor de drenes poco profundos.

4.2.4 Drenaje del pavimento

Salvo en el caso de carreteras en terrenos permeables, el drenaje de la capa permeable constituida por la sub-base y/o base, puede proyectarse tanto mediante drenes enterrados como prolongando la capa permeable hasta los taludes de los terraplenes con descarga hacia cunetas o zanjas. Además, deben darse pendientes transversales mínimas a la subrasante.

En los sectores de la carretera en los que el pavimento se asienta sobre una subrasante impermeable, debe evitarse que el agua de lluvia que se presenta por capilaridad o se filtra a través del pavimento, se acumule bajo éste y forme una bolsa de agua que origine su ruptura por el paso del tránsito.
Este problema es mayor cuando la cuneta se coloca a la altura del pavimento y naturalmente tiene que ser revestida.

Las soluciones mas recomendadas para evitar la acumulación del agua son:

a) Colocación en el sector, bajo el pavimento, una capa drenante que siga la pendiente lateral de la carretera, que se prolonga hasta un lugar con drenaje natural.

b) Colocación de un subdrén, bajo la berma adyacente a la cuneta, con una tubería perforada de plástico pesada a una profundidad adecuada y que esté de acuerdo al diseño, que recoja el agua que filtra y la lleve al lugar de drenaje natural. (Ver Figura N º 35).

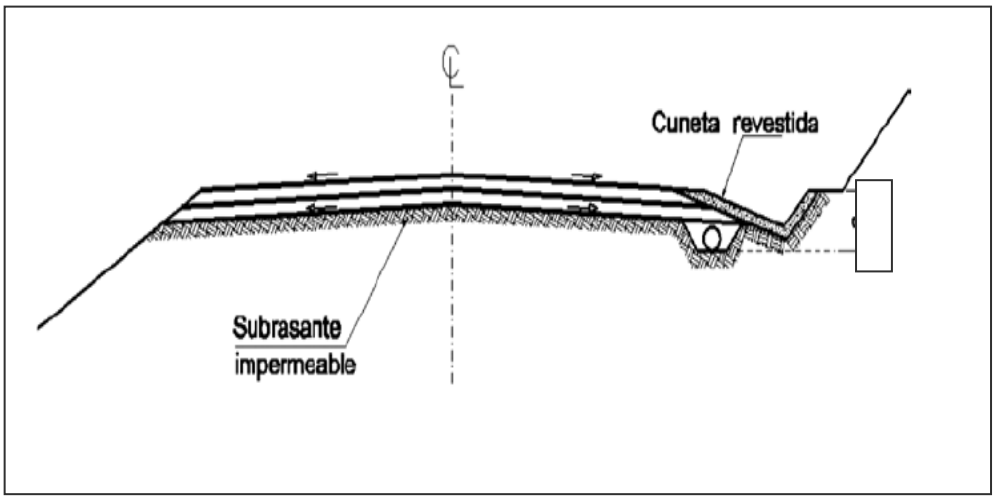


Figura Nº 38: Drenaje del pavimento.

4.2.5 Protección del suelo de la explanación contra el agua libre en terreno de elevado nivel freático, llano y sin desagüe.

Cuando haya que construir una carretera en terreno llano y con elevado nivel freático, se estudiará el abatimiento de la napa freática, pudiéndose utilizar alternativamente métodos como zanjas laterales, drenes enterrados, etc. Si no existiera posibilidad de evacuar el sistema de drenaje, se elevará el nivel de la rasante.

Para la elección del material del terraplén, se tendrá en cuenta que su humedad de equilibrio debe disminuir rápidamente con la distancia al nivel freático y que el terraplén se construirá sobre un terreno saturado de agua, sin capacidad para resistir esfuerzos de compactación elevados.

La necesidad de proteger el terraplén mediante la colocación de membranas bituminosas u hojas de plástico, tratando su superficie con sustancias hidrófobas, o utilizando geotextiles, geomembranas o adoptando disposiciones análogas a la indicada en la figura Nº 39, dependerá de la naturaleza y estado del terreno y del material disponible para la construcción del terraplén.

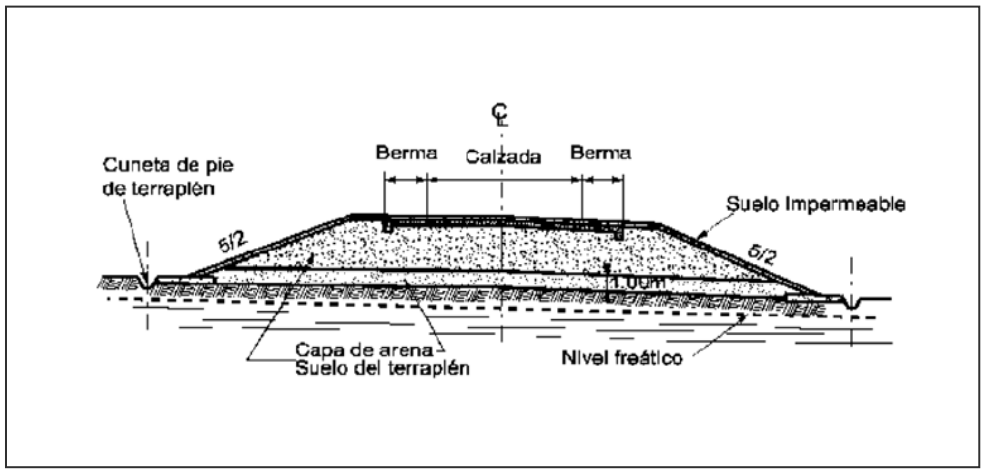


Figura Nº 39: Protección del terraplén.

4.2.6 Protección del suelo de explanación situado bajo la calzada contra los movimiento capilares del agua.

Las diferencias de humedad en el suelo bajo la calzada y bajo las bermas facilitan los movimientos capilares y, al aumentar el contenido de humedad del suelo de la subrasante bajo la calzada, disminuyen su capacidad resistente.

Para evitar esta disminución, las figuraciones del suelo y los asientos diferenciales que con dicho aumento de humedad pueden producirse, deben utilizarse alguna de las siguientes técnicas:

- Colocación de capas drenantes sobre la subrasante para romper el ascenso capilar.

- Impermeabilizar las calzadas y las bermas.

- Establecer una membrana impermeable que impida el movimiento del agua capilar, situándola en un plano más o menos vertical bajo los bordes de la calzada.

- Construir zanjas anticapilares bajo los bordes de la calzada.

Tanto la membrana impermeable como las zanjas anticapilares deberán ejecutarse hasta una profundidad de 1,20 m. bajo la superficie de las bermas. Pueden utilizarse como zanjas anticapilares las que se proyecten para el drenaje del pavimento, cuidando de que el material filtro rompa la continuidad en fase liquida entre el agua situada a un lado y otro de la misma.

4.2.7 Capa drenante

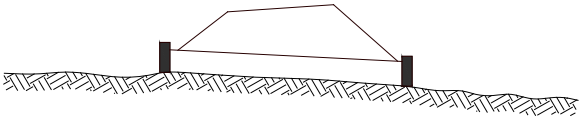
Cuando se eleva el terraplén de la carretera sobre un terreno saturado con agua para evitar que por capilaridad el agua pueda subir a través del terraplén hasta la superficie de rodadura, debe colocarse una capa de material drenante, constituida por gravas y/o arenas.

La capa deberá estar sobre el nivel de referencia más alto de la napa freática del terreno y servirá de anticontaminante a los efectos de romper la capilaridad y drenar la plataforma lateralmente. Se recomienda un espesor mínimo de 0.30 m

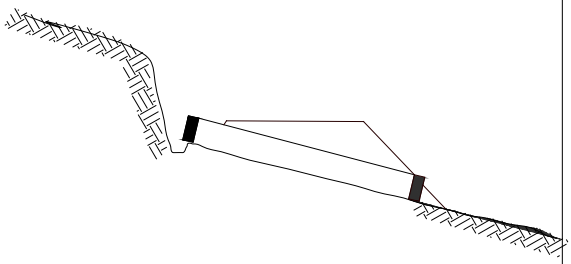
CAPÍTULO V
ANEXOS

PLANOS

a) SIGUIENDO LA PENDIENTE NATURAL DEL CAUCE

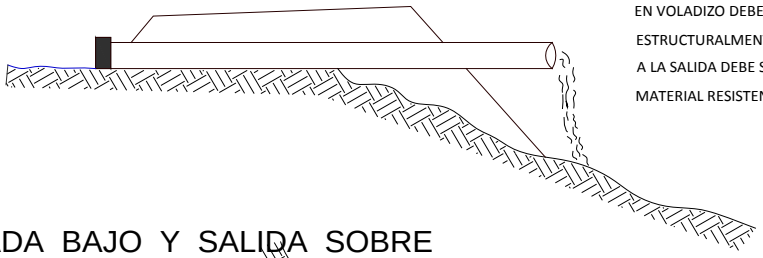


b) ENTRADA BAJO LA PENDIENTE NATURAL



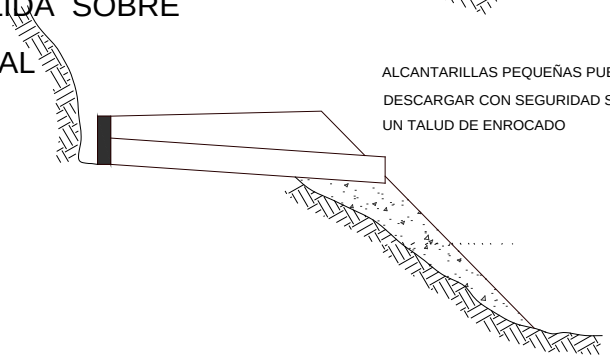
c) SALIDA SOBRE LA PENDIENTE NATURAL

LA POSIBILIDAD DE DEJAR EL TUBO EN VOLADIZO DEBE SER ANALIZADA ESTRUCTURALMENTE. EL TERRENO A LA SALIDA DEBE SER ROCA U OTRO MATERIAL RESISTENTE A LA EROSIÓN.

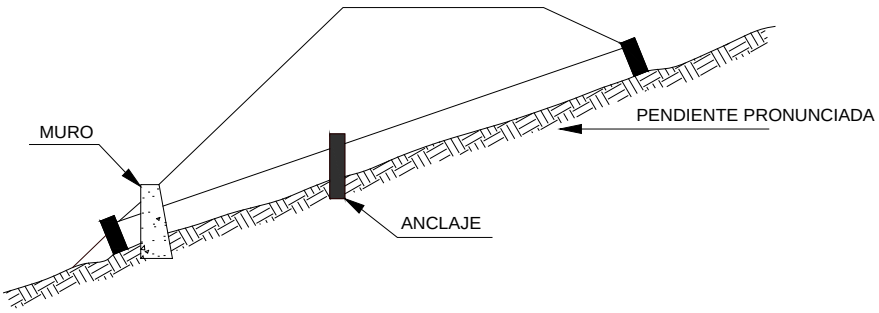


d) ENTRADA BAJO Y SALIDA SOBRE LA PENDIENTE NATURAL

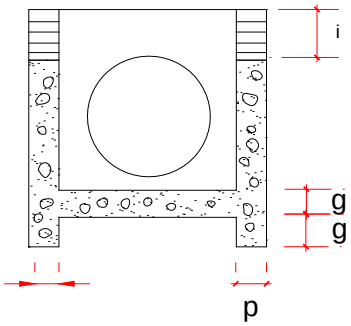
ALCANTARILLAS PEQUEÑAS PUEDEN DESCARGAR CON SEGURIDAD SOBRE UN TALUD DE ENROCADO



e) PENDIENTES PRONUNCIADAS

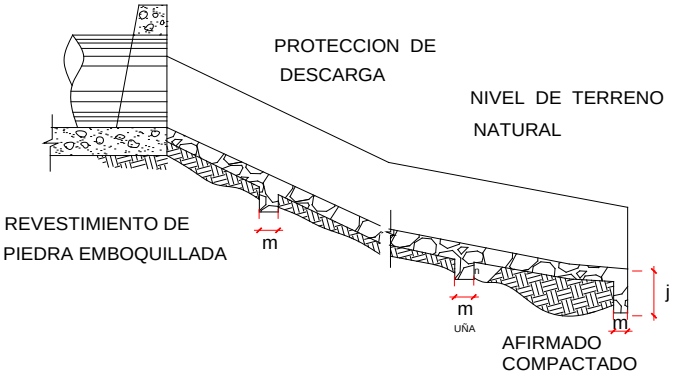


MANUAL DE CARRETERAS	UBICACIÓN TÍPICA DE ALCANTARILLAS RESPECTO A LA PENDIENTE DEL CAUCE	LÁMINA Nº 01



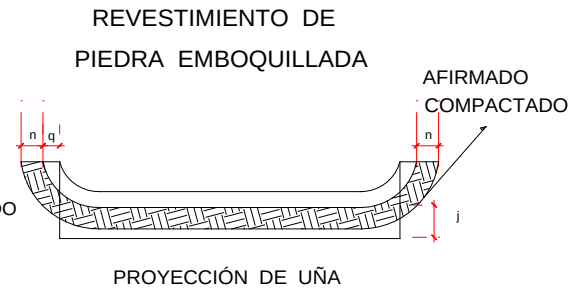
SECCION B - B

p

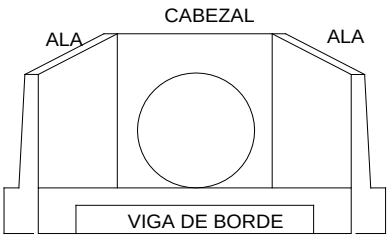


SECCION F - F

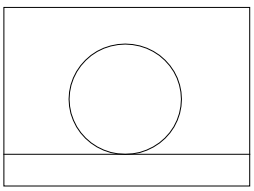
SECCION E - E



SECCION E - E

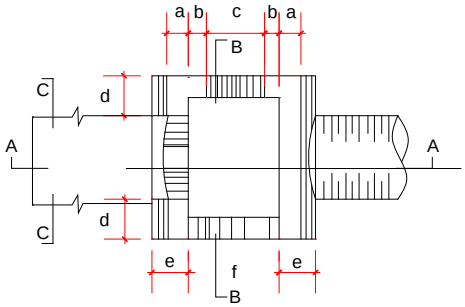


ELEVACION

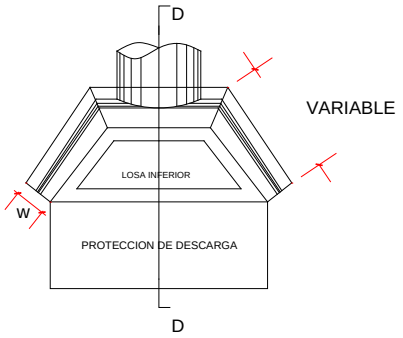


ELEVACION

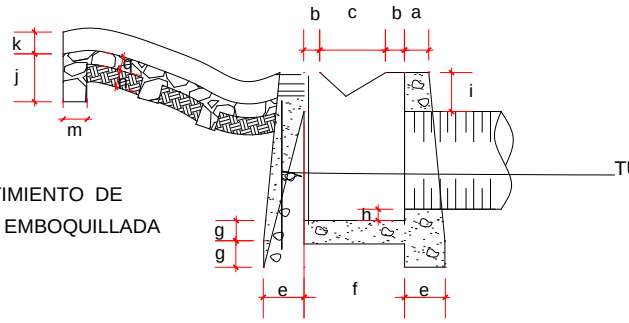
MANUAL DE CARRETERAS	SECCIÓN TÍPICA DE ALCANTARILLA TIPO TMC CON PROTECCIÓN DE ENTRADA Y SALIDA	LÁMINA Nº 02



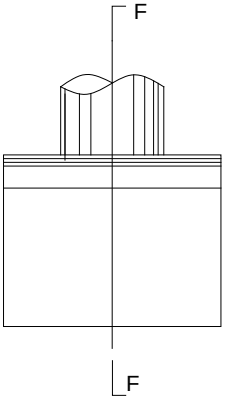
ENTRADA TIPO CAJA RECEPTORA
PLANTA



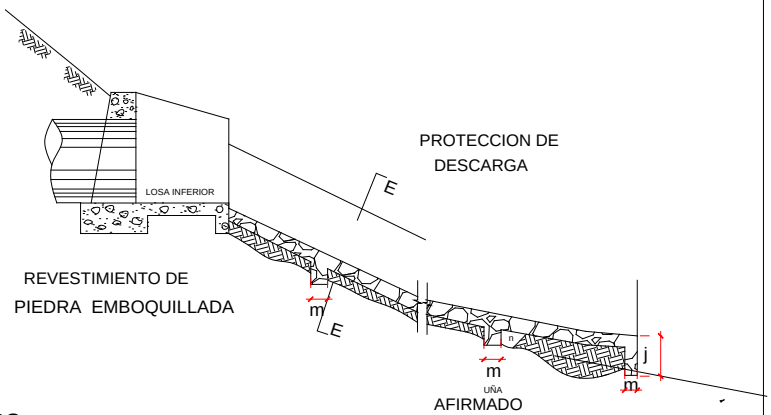
SALIDA TIPO CABEZAL CON
ALEROS - PLANTA



SECCION A - A

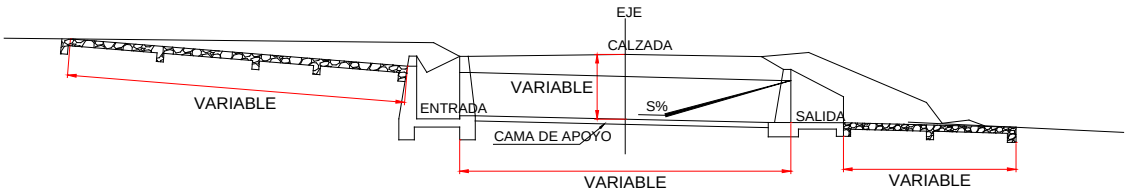


SALIDA TIPO CABEZAL SIN ALEROS

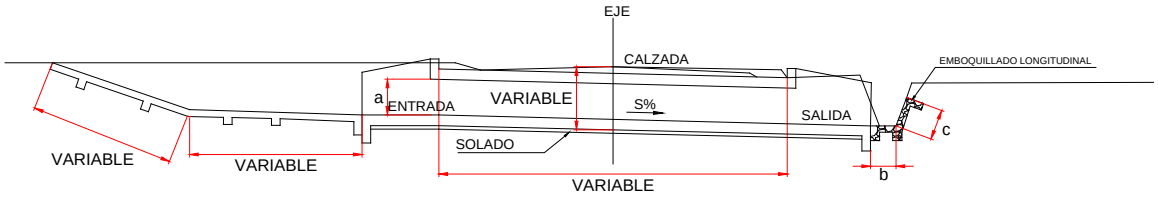


SECCION D - D

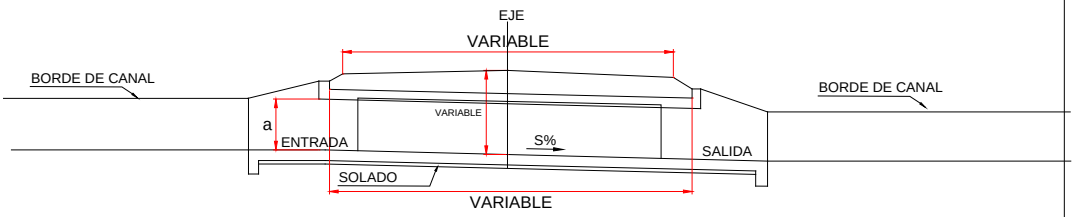
MANUAL DE CARRETERAS	SECCION TÍPICA DE ALCANTARILLA TIPO TMC CON PROTECCIÓN DE ENTRADA Y SALIDA	LAMINA N° 02 - A



ALCANTARILLA TIPO TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA

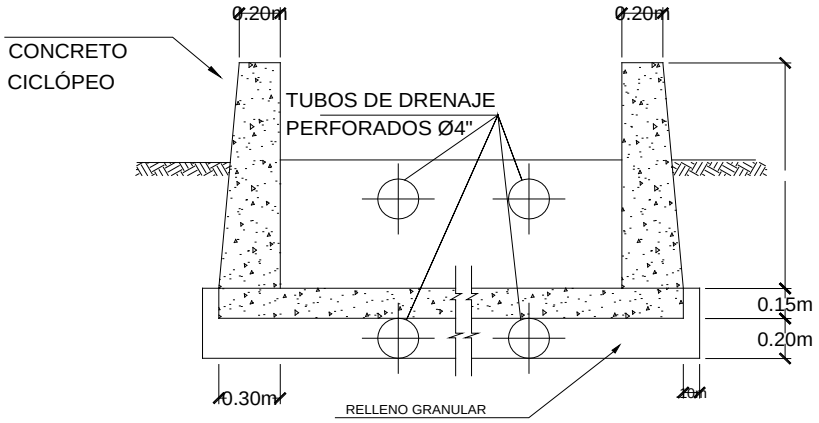


ALCANTARILLA TIPO MARCO DE CONCRETO

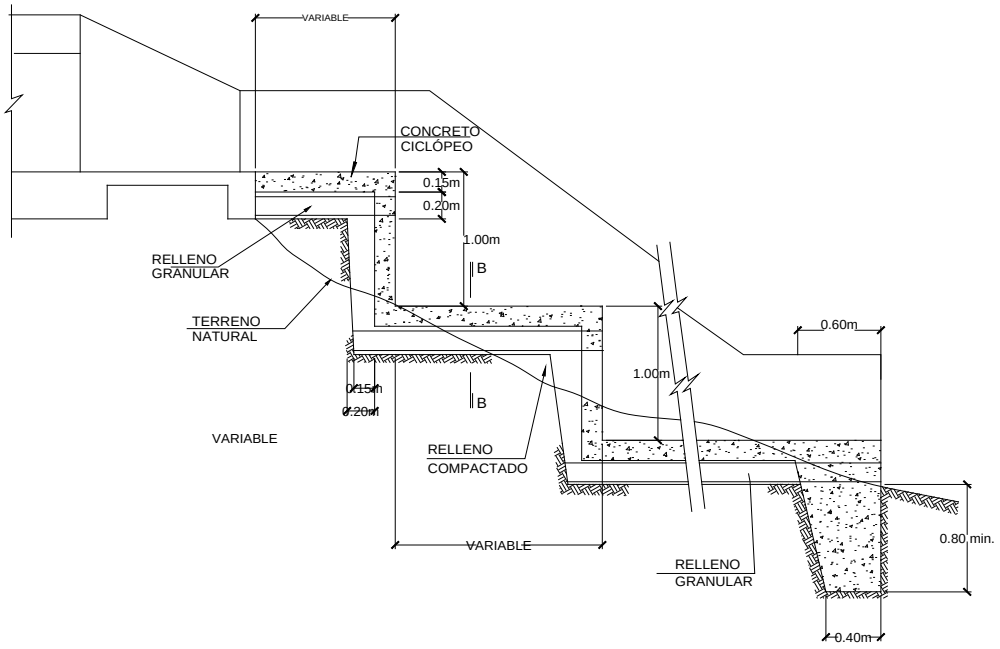


ALCANTARILLA TIPO MARCO DE CONCRETO EN CRUCE DE CANAL DE RIEGO

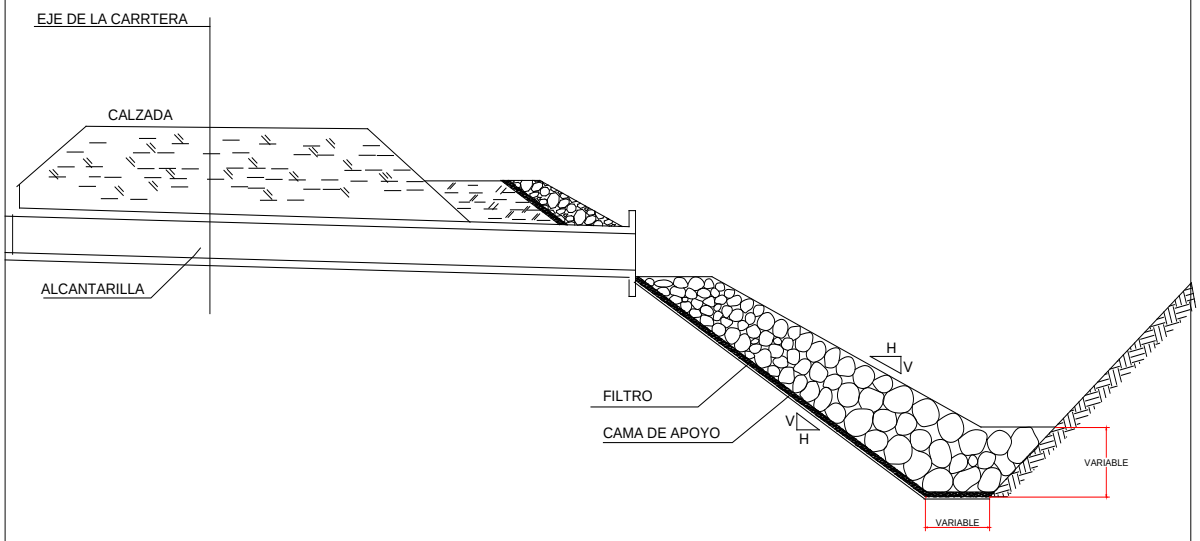
MANUAL DE CARRETERAS	SECCIONES TÍPICAS DE ALCANTARILLAS CON PROTECCIÓN A LA ENTRADA Y SALIDA	LÁMINA Nº 03



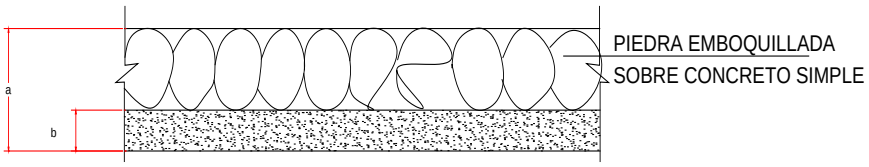
SECCION B-B



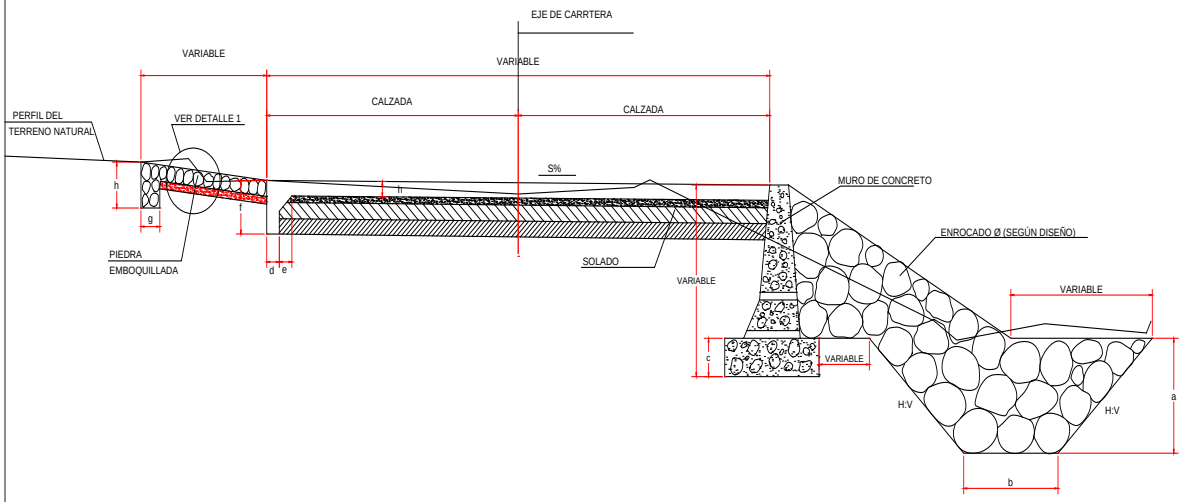
MANUAL DE CARRETERAS	PERFIL LONGITUDINAL Y SECCIÓN TÍPICAS DE ALIVIADERO CON DISIPADOR DE ENERGÍA HIDRÁULICA, A LA SALIDA DE ALCANTARILLAS	LÁMINA Nº 04



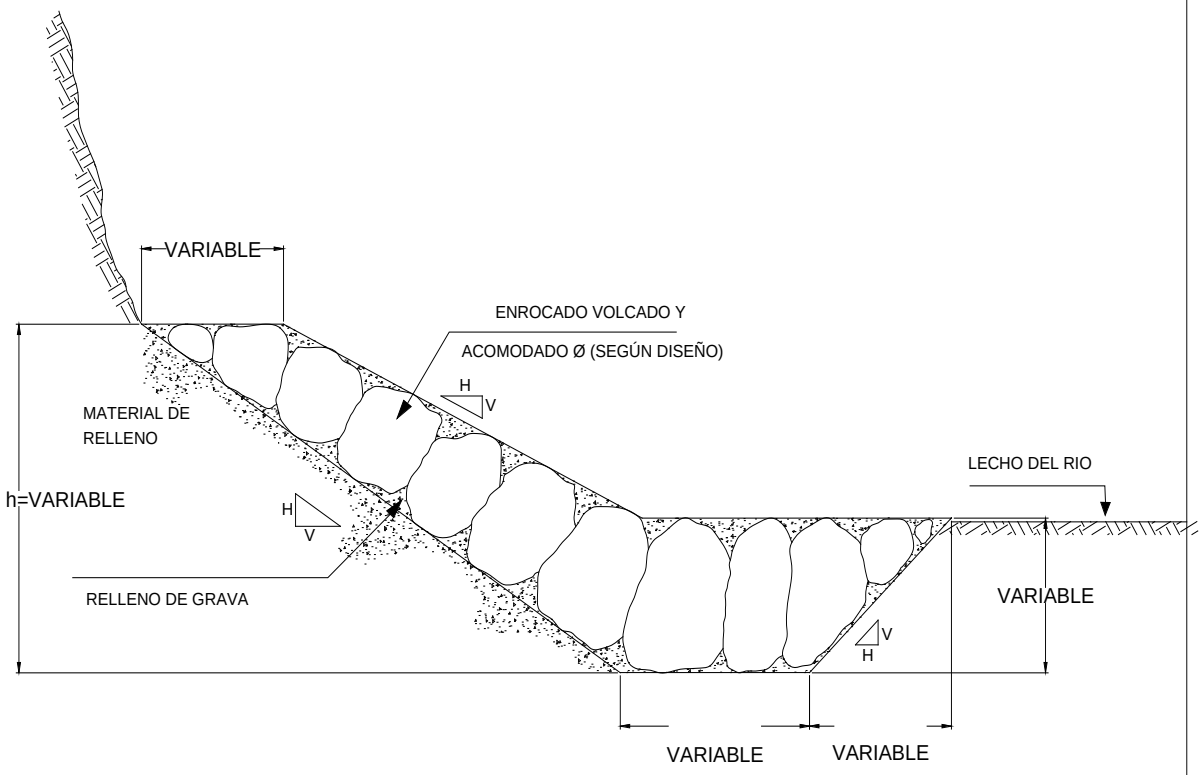
MANUAL DE CARRETERAS	SECCIÓN TÍPICA DE CRUCE DE ALCANTARILLA CON ENROCADO DE PROTECCION A LA SALIDA	LÁMINA Nº 05



DETALLE 1



MANUAL DE CARRETERAS	SECCIÓN TÍPICA DE BADÉN CON PROTECCION A LA ENTRADA Y SALIDA	LÁMINA Nº 06



MANUAL DE CARRETERAS	SECCIÓN TÍPICA DE ENROCADO DE PROTECCIÓN Y/O ENCAUZAMIENTO	LÁMINA Nº 07

BIBLIOGRAFIA

[1] Administradora Boliviana de Carreteras, “Manual de Hidrología y Drenaje”.

[2] Aparicio F. J., Editorial Limusa S.A. de C.V, (1996). “Fundamentos de Hidrología de Superficie”.

[3] Arturo Rocha Felices, 1ra. Edición, Noviembre 1998. “Introducción a la Hidráulica Fluvial”.

[4] Arturo Rocha Felices, (2007). “Hidráulica de Tuberías y Canales”.

[5] Arcement & V. Schneider, US. Geological Survey Water Supply Paper 2339, (1989). “Guide for Selecting Manning’s Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains”.

[6] Bradley J. N. (1978). “Hydraulics of Bridge Waterways”. Hydraulic Design Series N° 1. U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. March. Washington.

[7] Braja M. Das, 4ta. Edición, 2001. “Principio de Ingeniería de Cimentaciones”.

[8] Breusers, H. N. C., Nicollet, G. y Shen, H. W. (1977). “Local Scour around Cylindrical Piers”. Journal of Hydraulic Research. Vol 15. N° 3. pp. 211-252.

[9] Breusers, H. N. C. (1984). “Lectures Notes on Sediment Transport 1”. International Course in Hydraulic Engineering. Delft. The Netherlands.

[10] Brown, S. A. and Clyde, E. S. (1989). “Design of Rip Rap Revetment, HEC-11”. FHWA-IP-016, Federal Highway Administration. Washington D. C.

[11] Chávez, O. A. y Guzmán, F. G. (1987). “Obras de Manejo y Control de Cauces”. Seminario de Hidráulica: Obras de Drenaje y Riego por Goteo Universidad del Cauca. Popayán. Colombia.

[12] Chen, Y. H., and Cotton, G. K. (1986). “Design of Road side channels with flexible linings, HEC- 15”. FHWA-IP-86-5, Federal Highway Administration. Virginia.

[13] Chow V. T. (1982).“Hidráulica de Canales Abiertos”. Editorial Diana. México.

[14] Chow V. T., Maidment D. R. and Mays L. W. (1988). “Applied Hydrology”. McGraw-Hill, Inc. New York.

[15] Ettema, R. (1990). Discussion “Design Method for Local Scour at Bridge Piers”. Journal o Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 116. N° 10. October. pp 1290-1293.

[16] Federal Highway Administration. DP 97. 1995. “Scour Monitoring and Instrumentation – Demonstration Project 97”. U.S. Department of Transportation. November. USA

[17] Federal Highway Administration, DP 98. 1995. “Underwater Evaluation and Repair of Bridge Components”. Demonstration Project 98. Department of Transportation. November. USA.

[18] French R. M., Mc. Graw Hill Co., 1985. “Open Channel Hydraulics”.

[19] German Monsalve Saénz, 2da Edición, 1995. “Hidrología en la Ingeniería”.

[20] HEC-RAS. (1995, 1998) “River Stability Analysis”. U. S. Army Corp of Engineers. USA.

[21] HEC 6. "Scour and Deposition in Rivers and Reservoirs". U. S. Army Corp of Engineers USA.

[22] HEC-18 (2001). Evaluating Scour at Bridges. Richardson, E. V. y Davis S. R. Hydraulic Engineering Circular N° 18. U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Fourth Edition. Virginia. USA.

[23] HEC-20 (2001) Stream Stability at Highway Structures. Lagasse, O. F., Schall J. D., Richardson, E. V. Hydraulic Engineering Circular N° 20. U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Third Edition. Virginia. USA.

[24] HEC 20, 2nd Ed, November 1995. “Stream Stability at Highway Structures”.

[25] HEC-23. (2001) Lagasse P. F., Byars M. S., Zevenbergen L. W. and Clopper P. E. "Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures" U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Second edition. Washington, D. C. USA.

[26] Hydraulics Research, Wallengford, England, 1983. “Hydraulics Factors in Bridge Design”.

[27] Higuera, C. H. y Pérez G. (1989). “Socavación en Puentes. Análisis, Prevención y Rehabilitación”. Tomos I y II. Ministerio de Obras Públicas y Transporte - Universidad del Cauca. Colombia.

[28] Juan P. Martin Vide, Alfaomega Grupo Editor, 2003. “Ingeniería de Ríos”.

[29] Juárez Badillo E. and Rico Rodríguez A. (1992). “Mecánica de Suelos”. Tomo III. Limusa. Grupo Noriega Editores. México.

[30] Kuroiwa Zevallos, J. M. y Campaña Toro, R. (2003). “Separatas del Curso Obras Hidráulicas y Desastres Naturales.”

[31] Laursen E. M. (1960). “Scour at Bridge Crossings”. Journal of Hydraulics Division. ASCE. Vol. 86. N° 2. February. pp 39-54.

[32] Laursen, E. M. (1970). “Bridge Design Considering Scour and Risk”. Journal of Transportation Engineering. ASCE. Vol. 96. N° TE2. May. pp 149-164. Maccaferry Gabions, 1999.

[33] Martín V., J. P. (1997) Ingeniería Fluvial. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá.

[34] Maynord, S. T., Ruff, J. F. y Abt, S. R. (1989). “Riprap Design”. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 115. N° 7. July. pp 937-949.

[35] Maza Alvarez, J. A. (1975). “Diseño de Espigones”. Revista de Recursos Hidráulicos Volumen 4. N° 2. México.

[36] Melville, B. W., 1982. “Field Measurements of Scour Depth using a Portable Gamma Spectrometer”. University of Auckland, School of Engineering. Report N 287. July. New Zealand.

[37] Melville, B. W. and Sutherland, A. J. (1988). “Design Method for Local Scour at Bridge Piers”. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 114. N° 10. October. pp 1210-1226.

[38] Melville, B. W. (1992). “Local Scour at Bridge Abutments”. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 118. N° 4. April. pp 615-631.

[39] Ministerio de Obras Públicas de Chile, (2002). “Manual de Carreteras”.

[40] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2003). “Manual de Diseño de Puentes”.

[41] Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, (2001). “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras”.

[42] Ministério dos Transportes, (1990). “Manual de Drenagem de Rodovias”.

[43] Ministry of Transport and Infrastructure of France, (2007). “Technical Guide Road Drainage”.

[44] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2008). “Manuales para el Diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito”.

[45] Ponce V.M., Ed. Prentice Hall, USA, 1989. “Engineering Hydrology, Principles and Practices”.

[46] Raudkivi, A. J. and Ettema, R. (1983). “Clear Water Scour at Cylindrical Piers”. Journal o Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 109. N° 3. March. Pp 338-350.

[47] Raudkivi, A. J. (1986). “Functional Trends of Scour at Bridge Piers”. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 112. N° 1. January. pp 1-13.

[48] Richardson E. V., Simons D. B. y Julien P. Y. (1990). “Highways in the River Environment”. U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration.

[49] Senamhi, UNI, 1983. “Estudio de Hidrología del Perú, IILA”.

[50] Shen, H. W. y Schneider V. R., (1969). “Local Scour Around Bridge Piers”. Journal of Hydraulics Division. ASCE. Vol. 95. N° HY6. November. pp 1919-1940.

[51] Simons D. B., Senturk F., Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, 1976. “Sediment Transport Technology”.

[52] Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays, McGraw Hill Interamericana S.A, 1994. “Hidrología Aplicada”.

GLOSARIO

ACUIFERO
Una o más capas subterráneas de roca o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir ya sea un flujo significativo de aguas subterráneas o la extracción de cantidades significativas de aguas subterráneas.

ALTURA LIBRE
Es la distancia vertical entre la cota de aguas máximas o de diseño y el fondo de vigas o cota inferior de la estructura del puente.

ARIDEZ
Condición climática permanente con muy baja precipitación anual o estacional.

CAUDAL
Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o período dado.

CLIMA
Estado normal o medio de la atmósfera para un periodo temporal dado dentro del año y en una posición geográfica dada.

COTA DE AGUAS MÁXIMAS
Es la cota de aguas máximas esperada para el caudal de diseño.

CUENCA HIDROGRÁFICA
La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura.

CURVA INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA
Es un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

DATO (DATA)
Una representación de hechos, conceptos, o instrucciones de una manera formalizada susceptible de comunicación, interpretación, o procesamiento ya sea por humanos o por medios automatizados.

DIVISORIA
Es una línea imaginaria que representa el límite entre las cuencas hidrográficas vecinas de dos cursos de agua.

ESTACION CLIMATOLOGICA
Lugar equipados con instrumental mecánico o digital que requieren la intervención de un operario para obtener datos meteorológicos de precipitación, temperatura, humedad del aire, dirección y velocidad del viento, radiación, evaporación, entre otros, para describir y explicar el clima de una región.

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA
Estaciones de registro y medición de la cantidad de precipitación en un lugar determinado.

ESTACIÓN HIDROLÓGICA
Puesto de observación situados sobre cuerpos de agua (ríos, quebradas, embalses, etc.) en donde se miden variables tales como los niveles y caudales. Adicionalmente en algunas estaciones se miden los sedimentos en corrientes y puntos estratégicos.

FENÓMENO EL NIÑO
Es el calentamiento anómala de la temperatura del agua del Pacífico Oriental, que repercute en el clima mundial.

FENÓMENO DE LA NIÑA
Lo contrario al niño, es el enfriamiento cíclico de la temperatura del agua del Pacífico Oriental, que repercute en el clima mundial.

FISIOGRAFÍA
Relieve o geomorfología del lugar de estudio.

GRANIZADA
Precipitación de partículas de hielo (granizos), transparentes o parcial o totalmente opacas, en general de forma esferoidal, cónica o irregular, cuyo diámetro varía generalmente entre 5 y 50 mm que caen de una nube separadas o aglomeradas en bloques irregulares.

HEC-HMS
Sistema de modelamiento desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), que permite simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

HEC- RAS
Es un Sistema de modelamiento desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (US Army Corps of Engineers), que permite simular la respuesta que tendrá el flujo de agua a través de los ríos naturales y de otros canales.

HIDROGRAMA
Gráfico que permite ver el comportamiento del caudal acumulado durante la tormenta a través del tiempo de la misma.

HIDROGRAMA UNITARIO
Es un método lineal propuesto por Sherman en 1932, es un hidrograma típico para la cuenca. Se denomina unitario puesto que, el volumen de escorrentía bajo el hidrograma se ajusta generalmente a 1 cm (ó 1 pulg).

HIDROGRAMA SINTÉTICO
Es un hidrograma sintético que se obtienen usando las características fisiográficas y parámetros de la cuenca de interés. Su finalidad es representar o simular un hidrograma representativo del fenómeno hidrológico de la cuenca, para determinar el caudal pico para diseñar.

HIETOGRAMA
Gráfico que permite conocer la precipitación de un lugar a través del tiempo de la tormenta.

INDICADOR
Variables que muestran, resumen o identifican datos o que hacen visible o perceptibles fenómenos de interés y permiten cuantificar, cualificar, medir y comunicar de forma agregada una información relevante.

INTENSIDAD
Es la tasa temporal de precipitación , es la profundidad por unidad de tiempo (mm/h).

ISOTERMAS
Son líneas o curvas que representan el mismo valor de la temperatura, permiten trazar mapas, y ver su comportamiento.

ISOYETAS
Son líneas o curvas que representan el mismo valor de la precipitación, permiten trazar mapas, y ver su comportamiento.

LLUVIA
Precipitación de partículas de agua líquida en forma de gotas de diámetro superior a 0.5 mm, o de gotas más pequeñas y muy dispersas.

LUZ DEL TRAMO
Es la distancia comprendida entre ejes de estribos, en el caso de puentes de un tramo, o entre ejes de estribo y pilar y/o entre ejes de pilares, en el caso de puentes de más de un tramo. En el caso de puentes de un solo tramo, la luz y la longitud del puente son iguales.

LUZ DE CÁLCULO
Es la longitud que se utiliza para el cálculo de la estructura y/o elementos estructurales y se mide, generalmente entre centros de apoyo del elemento estructural materia de cálculo.

METODO RACIONAL
Método que estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (coef. escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca.

MODELO DE DISTRIBUCION
Arquetipo digno de ser utilizado o imitado y que se toma como pauta a seguir.

NEVADA
Precipitación de cristales de hielo aislado o aglomerado que cae de una nube.

NUMERO DE CURVA
Son números que han sido determinados y tabulados por el Soil Conservation Service, con base en el tipo de suelo y el uso de la tierra.

PARÁMETRO
Es un elemento descriptivo de una variable o una característica numérica de la misma (media, mediana, varianza, rango, etc.).

PERIODO DE RETORNO
Es el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico o precipitación, es igualado o superado una vez cada “t” años.

PIEZÓMETRO
Es un tubo sellado longitudinalmente, abierto por su parte inferior de modo que pueda intercambiar agua con el acuífero, y abierto a la atmósfera por su parte superior. Es un instrumento necesario para las mediciones de campo.

PRECIPITACION
Caída de un conjunto de partículas, con formas de lluvia, llovizna, nieve, nieve granulada, granizo y gránulos de hielo.

RECURSOS HIDRICOS NATURALES
Son los recursos de agua totales que fluyen en los ríos y acuíferos en un intervalo de tiempo (generalmente un año) como representación del promedio o valor correspondiente a una probabilidad dada.

RIESGO
Probabilidad o proximidad de una ocurrencia de un evento que provoque un daño o peligro.

RIESGO POTENCIAL
Es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente perjudicial, fenómeno o actividad que pueda causar la pérdida de vidas, daños a la propiedad, ruptura social y económica o degradación medioambiental.

SEQUÍA
La sequía es un rasgo recurrente del clima que se caracteriza por la escasez temporal de agua.

SITUACIÓN DE RIESGO
Es la acción de poner en situación de riesgo a bienes o personas que son vulnerables a ese riesgo. Puede cuantificarse como las pérdidas esperadas debido a un tipo de riesgo potencial en un ámbito territorial dado y en un período de referencia (riesgo potencial * vulnerabilidad = situación de riesgo).

SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS)
Agencia federal de estados Unidos que trabaja en asociación con el pueblo americano para conservar y mantener los suelos y recursos naturales.

SUBCUENCA
La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago, embalse o una confluencia de ríos).

TIEMPO ATMOSFÉRICO
Es el estado de la atmósfera para un período breve de tiempo en un lugar geográfico particular.

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN
Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.
Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida.

VARIABLE
Es una propiedad o elemento que puede tomar valores

REPÚBLICA DEL PERÚ

Resolución Directoral

Nº 073-2010/VIVIENDA/VMCS-DNC.

Lima, 04 de Mayo de 2010

VISTOS:

El Informe Nº 007-2010/VIVIENDA-VMCS-DNC-JMG, el Informe Técnico Nº 002-2010/VIVIENDA-VMCS/DNC/DEN-RPS, el Informe de Asesoría Legal Nº 017-2010-VIVIENDA/OGAJ/RPBZ y el Informe Nº 016-2010-VIVIENDA-VMCS-DNC; y,

CONSIDERANDO:

Que, la Ley N° 27792, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, determina y regula el ámbito, estructura orgánica básica, competencia y funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; precisando que este sector formula, aprueba, ejecuta y supervisa las políticas de alcance nacional aplicables en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento;

Que, el Decreto Supremo Nº 002-2002-VIVIENDA, y sus modificaciones, establecen que la Dirección Nacional de Construcción es el órgano de línea encargado de proponer lineamientos de política, normas y procedimientos referidos a la construcción de infraestructura, así como a promover el desarrollo, evaluar su aplicación y estimular la iniciativa privada a fin de mejorar las condiciones de infraestructura y por ende, el nivel de vida de la población, teniendo entre sus funciones la de formular y proponer los lineamientos de política planes y normas referidos al desarrollo y la construcción de infraestructura;

Que, el numeral 10.1) del Artículo 10º de la Resolución Ministerial Nº 175-2003-VIVIENDA, establece que la Dirección de Estudios y Normalización de la Dirección Nacional de Construcción, es la encargada de promover y coordinar estudios e investigaciones, así como formular la normativa concordada con el avance tecnológico y las características socioculturales de la población que contribuyan a dinamizar la actividad de infraestructura; asimismo, mediante Resolución de Secretaría General Nº 031-2009-VIVIENDA/SG, se aprobó el Plan Operativo Institucional del Ministerio, encontrándose dentro de las tareas programadas por la Dirección Nacional de Construcción la elaboración y/o actualización de normas del sector construcción;

Que, los dispositivos legales que regulan los criterios y procedimientos sobre metrados utilizados en los presupuestos de obras de edificación o habilitación urbana son, el Decreto Supremo Nº 013-79-VC que aprobó el "Reglamento de Metrados para Obras de Edificación"; el Decreto Supremo Nº 028-79-VC que aprobó el "Reglamento de Metrados para Habilitaciones Urbanas" y el Decreto Supremo Nº 09-94-TCC, que aprobó el "Reglamento de Metrados y Presupuestos para Infraestructura Sanitaria para Poblaciones Urbanas"; estas normas, por su antigüedad resultan poco prácticas para la elaboración del presupuesto correspondiente a un proyecto de

construcción, debido a los adelantos tecnológicos producidos en este sector, así como a la generación de nuevos materiales y procesos constructivos;

Que, siendo necesario contar con una norma técnica especializada, donde se establezca de manera uniforme el metrado de una obra de Edificación o Habilitación Urbana, e incorporar una nueva codificación técnica para una mayor facilidad de uso por parte de los Profesionales encargados de elaborar estos presupuestos, se aprueba el presente dispositivo denominado: "Norma Técnica de Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas", que ha sido elaborada por un grupo de trabajo conformado por representantes de entidades públicas y privadas especializadas en el tema a normalizar, pertenecientes al sector técnico, de consumo y de producción;

Que, de conformidad con el literal j) del Artículo 31º del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento aprobado por el Decreto Supremo Nº 002-2002-VIVIENDA y sus modificatorias, la Resolución Directoral Nº 029-2008-VIVIENDA/VMCS-DNC, que establece la Metodología para la Elaboración de Normas y la Ley Nº 27444 - Ley del Procedimiento Administrativo General;

ABOGADO DNC

SE RESUELVE:

ARTÍCULO UNICO.- APROBACION DE NORMA TECNICA

Apruébese la **"Norma Técnica, Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas"**, que como anexo, forma parte integrante de la presente Resolución Directoral, que será publicada en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), en la fecha de publicación del presente dispositivo, de conformidad a lo dispuesto en el Decreto Supremo Nº 001-2009-JUS.

MVCS ESTUDIOS NORMALIZACIÓN V°B° Dirección Nacional de Construcción

Regístrese, comuníquese y publíquese.

ING. JOSÉ LUIS IBAÑEZ GASTELUMENDI
DIRECTOR NACIONAL DE CONSTRUCCIÓN

NORMA TÉCNICA

METRADOS PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN Y HABILITACIONES URBANAS

INDICE

TITULO I: GENERALIDADES.

1. PREFACIO.
2. OBJETIVO.
3. CAMPO DE APLICACIÓN.
4. REFERENCIAS NORMATIVAS.
5. GLOSARIO.

TITULO II: METRADOS PARA OBRAS DE EDIFICACIÓN

OE.1 OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD.
OE.2 ESTRUCTURAS.
OE.3 ARQUITECTURA.
OE.4 INSTALACIONES SANITARIAS.
OE.5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS.
OE.6 INSTALACIONES DE COMUNICACIONES.
OE.7 INSTALACIONES DE GAS.

TITULO III: METRADOS PARA HABILITACIONES URBANAS.

HU.1 OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD.
HU.2 PISTAS Y VEREDAS.
HU.3 INFRAESTRUCTURA SANITARIA.
HU.4 INFRAESTRUCTURA ELECTRICA.
HU.5 INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES.
HU.6 INFRAESTRUCTURA DE GAS.

TITULO I

GENERALIDADES

1. PREFACIO.

Con el fin de fomentar el concepto de calidad en la industria de la construcción es necesario asegurar que el proyecto de obra empiece con un Expediente Técnico de Obra de gran precisión y veracidad.

El Metrado es uno de los documentos más importantes que compone el Expediente Técnico.

Por ésta razón, la presente Norma Técnica que incluye lineamientos técnicos claros y actualizados se convierte en una herramienta de trabajo fundamental para el desarrollo del sector construcción.

2. OBJETIVO.

Establecer criterios mínimos actualizados para cuantificar las partidas que intervienen en un presupuesto para Obras de Edificación (OE) y Habilitaciones Urbanas (HU).

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

La Norma Técnica "Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas" es de aplicación obligatoria en la elaboración de los Expedientes Técnicos para Obras de Edificación y para Habilitaciones Urbanas en todo el territorio nacional.

4. REFERENCIAS NORMATIVAS.

La presente Norma Técnica ha sido elaborada tomando como referencia las siguientes normativas:

- Reglamento de Metrados para Obras de Edificación (D.S. N° 013-79-VC, de fecha 1979-04-26)
- Reglamento de Metrados para Habilitaciones Urbanas (D.S. N° 028-79-VC, de fecha 1979-09-27)
- Reglamento de Metrados y Presupuestos. Infraestructura Sanitaria para Poblaciones Urbanas (D.S. N° 09-94 TCC, de fecha 1994-04-28)
- Reglamento Nacional de Edificaciones (D.S. 011-2006-VIVIENDA, de fecha 08.05.06)
- Reglamento de Elaboración de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado para Habilitaciones Urbanas de Lima Metropolitana y Callao. (D.S. Nº 09-94-TCC, de fecha 27-09-1979)
- Ley de Contrataciones del Estado aprobado por el Decreto Legislativo Nº 1017 y su Reglamento aprobado por el Decreto Supremo Nº 184-2008-EF.
- Otros reglamentos y normatividad vigente de los sectores específicos según especialidad.

5. GLOSARIO

Para la presente Norma Técnica se utilizaran los siguientes conceptos:

5.1 Bases

En conformidad con el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, son los documentos que contienen los requerimientos técnicos, metodología de evaluación, procedimientos y demás condiciones establecidos por la Entidad para la selección del postor y la ejecución contractual respectiva, incluyendo, cuando corresponda, la proforma del contrato.

5.2 Contratista

En conformidad con el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, es el proveedor que celebra un contrato con una Entidad.

5.3 Contrato

En conformidad con el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, es el acuerdo para regular, modificar o extinguir una relación jurídica.

5.4 Edificación

En conformidad con el Reglamento Nacional de Edificaciones, es una obra de carácter permanente, cuyo destino es albergar actividades humanas. Comprende las instalaciones fijas y complementarias adscritas a ella.

5.5 Entidad

En conformidad con el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, es el responsable de las modificaciones que ordene y apruebe en los proyectos, estudios, informes o similares o de aquéllos cambios que se generen debido a la necesidad de la ejecución de los mismos.

5.6 Expediente Técnico de Obra

Es el conjunto de documentos que comprende: memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución de obra, metrados, presupuesto, fecha de determinación del presupuesto de obra, valor referencial, análisis de precios, calendario de avance, fórmulas polinómicas y, si el caso lo requiere, estudio de suelos, estudio geológico, de impacto ambiental u otros complementarios.

5.7 Forma de Medición

Es la manera en que el encargado de metrar debe de medir los productos o servicios que componen una obra de edificación o habilitación urbana.

5.8 Habilitación Urbana

En conformidad con el Reglamento Nacional de Edificaciones, es el proceso de convertir un terreno rústico en urbano, mediante la ejecución de obras de accesibilidad, distribución de agua y recolección de desagüe, distribución de energía e iluminación pública, pistas y veredas. Adicionalmente podrá contar con redes para distribución de gas y redes de comunicaciones. Las habilitaciones urbanas pueden ser ejecutadas de manera progresiva.

5.9 Metrado

En conformidad con el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado, es el cálculo o la cuantificación por partidas de la cantidad de obra a ejecutar.

5.10 Obra.

Construcción, reconstrucción, remodelación, demolición, renovación y habilitación de bienes inmuebles, tales como edificaciones, habilitaciones urbanas, estructuras, excavaciones, perforaciones, vías urbanas, puentes, entre otros, que requieren dirección técnica, expediente técnico, mano de obra, materiales y/o equipos.

5.11 Partida

Cada uno de los productos o servicios que conforman el presupuesto de una Obra.
Las partidas pueden jerarquizarse de la siguiente manera:

- Partidas de primer orden.
  Agrupan partidas de características similares. Pueden ser llamadas Partidas Titulo.
- Partidas de segundo orden.
  Agrupan partidas genéricas, que nombran una labor en general o sin precisar detalle. Estas pueden ser llamadas Partidas Sub-títulos o Partidas Básicas.
- Partidas de tercer orden.
  Son partidas específicas que indican mayor precisión de trabajo. Estas pueden ser llamadas Partidas Básicas.
- Partidas de cuarto orden.
  Son partidas para casos excepcionales, de mayor especificidad.

5.12 Planos del Proyecto

Representación gráfica y conceptual de una obra, constituida por plantas, perfiles, secciones transversales y dibujos complementarios de ejecución. Los planos muestran la ubicación, naturaleza, dimensiones y detalles del trabajo a ejecutar.

5.13 Proyecto

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, es el conjunto de actividades que demandan recursos múltiples que tienen como objetivo la materialización de una idea. Información técnica que permite ejecutar una obra de edificación o habilitación urbana.

5.14 Unidad de Medida

Es una cantidad estandarizada de una determinada magnitud física.

TITULO II

METRADOS PARA
OBRAS DE EDIFICACION (OE)

OE.1 OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD.

OE.1.1 OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES
OE.1.1.1 CONSTRUCCIONES PROVISIONALES
OE.1.1.1.1 OFICINAS
OE.1.1.1.2 ALMACENES
OE.1.1.1.3 CASETAS DE GUARDIANÍA
OE.1.1.1.4 COMEDORES
OE.1.1.1.5 VESTUARIOS
OE.1.1.1.6 SERVICIOS HIGIÉNICOS
OE.1.1.1.7 CERCOS
OE.1.1.1.8 CARTELES

OE.1.1.2 INSTALACIONES PROVISIONALES
OE.1.1.2.1 AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN
OE.1.1.2.2 DESAGÜE PARA LA CONSTRUCCIÓN
OE.1.1.2.3 ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL
OE.1.1.2.4 INSTALACIÓN TELEFÓNICA Y COMUNICACIÓN PROVISIONAL
OE.1.1.3 TRABAJOS PRELIMINARES
OE.1.1.3.1 LIMPIEZA DEL TERRENO
OE.1.1.4 ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES
OE.1.1.4.1 TALA DE ÁRBOLES
OE.1.1.4.2 ELIMINACIÓN DE RAÍCES
OE.1.1.4.3 ELIMINACIÓN DE ROCAS
OE.1.1.4.4 ELIMINACIÓN DE ELEMENTOS ENTERRADOS
OE.1.1.5 REMOCIONES
OE.1.1.6 DEMOLICIONES
OE.1.1.6.1 ELIMINACION DE DEMOLICIONES
OE.1.1.7 MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS
OE.1.1.8 APUNTALAMIENTOS DE CONSTRUCCIONES EXISTENTES
OE.1.1.9 TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO
OE.1.1.9.1 TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR
OE.1.1.9.2 REPLANTEO DURANTE EL PROCESO

OE.1.2 SEGURIDAD Y SALUD
OE.1.2.1 ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO
OE.1.2.1.1 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL
OE.1.2.1.2 EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA
OE.1.2.1.3 SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD
OE.1.2.1.4 CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD
OE.1.2.2 RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO

OE.2 ESTRUCTURAS.

OE.2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS
OE.2.1.1 NIVELACIÓN DE TERRENO
OE.2.1.1.1 NIVELACIÓN.
OE.2.1.1.2 NIVELADO APISONADO
OE.2.1.2 EXCAVACIONES
OE.2.1.2.1 EXCAVACIONES MASIVAS
OE.2.1.2.1 EXCAVACIONES SIMPLES
OE.2.1.3 CORTES
OE.2.1.4 RELLENOS
OE.2.1.4.1 RELLENO CON MATERIAL PROPIO
OE.2.1.4.2 RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO
OE.2.1.5 NIVELACIÓN INTERIOR Y APISONADO
OE.2.1.6 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE
OE.2.1.7 TABLAESTACADO O ENTIBADO
OE.2.1.7.1 TABLAESTACADO PARA EXCAVACIONES, ESTRUCTURAS, POZOS, CÁMARAS SUBTERRÁNEAS, ETC.
OE.2.1.7.1 TABLAESTACADO PARA EXCAVACIONES DE ZANJAS

OE.2.2 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE
OE.2.2.1 CIMIENTOS CORRIDOS
OE.2.2.2 SUB ZAPATAS O FALSA ZAPATA
OE.2.2.2.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.2.2.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.2.3 SOLADOS
OE.2.2.4 BASES DE CONCRETO
OE.2.2.4.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.2.4.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.2.5 ESTRUCTURAS DE SOSTENIMIENTO DE EXCAVACIONES
OE.2.2.5.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.2.5.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.2.6 SOBRECIMIENTOS
OE.2.2.6.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.2.6.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.2.7 GRADAS
OE.2.2.7.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.2.7.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN GRADAS
OE.2.2.8 RAMPAS
OE.2.2.8.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.2.8.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RAMPAS
OE.2.2.9 FALSOPISO

OE.2.3 OBRAS DE CONCRETO ARMADO
OE.2.3.1 CIMIENTOS REFORZADOS
OE.2.3.1.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.3.1.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.3.1.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO

OE.2.3.2 ZAPATAS
OE.2.3.2.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.3.2.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.3.2.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO.
OE.2.3.3 VIGAS DE CIMENTACIÓN
OE.2.3.3.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.3.3.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.3.3.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO
OE.2.3.4 LOSAS DE CIMENTACIÓN
OE.2.3.4.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.3.4.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.3.4.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO.
OE.2.3.5 SOBRECIMIENTOS REFORZADOS
OE.2.3.5.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.3.5.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.3.5.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO.
OE.2.3.6 MUROS REFORZADOS
OE.2.3.6.1 MUROS DE CONTENCIÓN
OE.2.3.6.2 MUROS DE CONCRETO, TABIQUES DE CONCRETO Y PLACAS
OE.2.3.6.3 PANTALLAS, BARANDAS Y SIMILARES
OE.2.3.7 COLUMNAS

OE.2.3.7.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.3.7.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.3.7.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO.
OE.2.3.8 VIGAS
OE.2.3.8.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.3.8.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.3.8.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO.
OE.2.3.9 LOSAS
OE.2.3.9.1 LOSAS MACIZAS
OE.2.3.9.2 LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES
OE.2.3.9.3 LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS PREFABRICADAS
OE.2.3.9.4 LOSAS NERVADAS
OE.2.3.9.5 LOSAS CÁSCARA
OE.2.3.9.6 LOSA HONGO
OE.2.3.9.7 LOSAS ESPECIALES
OE.2.3.10 ESCALERAS
OE.2.3.10.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.3.10.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.3.10.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO.
OE.2.3.11 CAJA DE ASCENSORES Y SIMILARES
OE.2.3.11.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.3.11.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.3.11.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO.
OE.2.3.12 CISTERNAS SUBTERRÁNEAS
OE.2.3.12.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.3.12.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.3.12.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO.

OE.2.3.13 TANQUES ELEVADOS
OE.2.3.13.1 PARA EL CONCRETO
OE.2.3.13.2 PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO
OE.2.3.13.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO.
OE.2.3.14 PILOTES
OE.2.3.14.1 PARA LOS PILOTES
OE.2.3.15 CAISSONES
OE.2.3.15.1 PARA CONCRETO
OE.2.3.15.2 PARA ENCOFRADO
OE.2.3.15.3 PARA ARMADURA
OE.2.3.16 ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRETENSADO O POSTENSADO
OE.2.3.16.1 VIGAS
OE.2.3.16.2 LOSAS
OE.2.3.17 ESTRUCTURAS PREFABRICADAS

OE.2.4 ESTRUCTURAS METÁLICAS
OE.2.4.1 COLUMNAS O PILARES
OE.2.4.1.1 PARA ARMADO
OE.2.4.1.2 PARA MONTAJE
OE.2.4.2 VIGAS
OE.2.4.2.1 PARA ARMADO
OE.2.4.2.2 PARA MONTAJE
OE.2.4.3 VIGUETAS

OE.2.4.3.1 PARA ARMADO
OE.2.4.3.2 PARA MONTAJE
OE.2.4.4 TIJERALES Y RETICULADOS
OE.2.4.4.1 PARA ARMADO
OE.2.4.4.2 PARA MONTAJE
OE.2.4.5 CORREAS
OE.2.4.5.1 PARA ARMADO
OE.2.4.5.2 PARA MONTAJE
OE.2.4.6 COBERTURAS
OE.2.4.6.1 CON PLANCHAS CORRUGADAS GALVANIZADAS
OE.2.4.6.2 CON PLANCHAS CORRUGADAS DE FIBRO-CEMENTO.
OE.2.4.6.3 CON PLANCHAS CORRUGADAS DE ALUMINIO.
OE.2.4.6.4 CON PLANCHAS CORRUGADAS PLÁSTICAS.
OE.2.4.6.5 CON TEJAS.
OE.2.4.6.6 CON LADRILLOS DE VIDRIO.
OE.2.4.6.7 CON VIDRIO.
OE.2.4.7 ELEMENTOS PARA AGUAS PLUVIALES
OE.2.4.7.1 PARA CUMBRERAS
OE.2.4.7.2 A CANALETAS
OE.2.4.7.3 PARA BAJANTES

OE.2.5 ESTRUCTURA DE MADERA
OE.2.5.1 COLUMNAS O PILARES
OE.2.5.2 VIGAS
OE.2.5.3 TIJERALES Y RETICULADOS
OE.2.5.4 CORREAS

OE.2.5.5 COBERTURAS
OE.2.5.5.1 CON PLANCHAS CORRUGAS GALVANIZADAS.
OE.2.5.5.2 CON PLANCHAS CORRUGADAS DE FIBRO-CEMENTO.
OE.2.5.5.3 CON PLANCHAS CORRUGADAS DE ALUMINIO.
OE.2.5.5.4 CON PLANCHAS CORRUGADAS PLÁSTICAS.
OE.2.5.5.5 CON TEJAS.
OE.2.5.5.6 CON MADERA.
OE.2.5.5.7 CON DIVERSAS PLANCHAS LISAS.
OE.2.5.6 PILOTES DE MADERA

OE.2.6 VARIOS
OE.2.6.1 JUNTAS

OE.3 ARQUITECTURA.

OE.3.1 MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA
OE.3.1.1 MUROS DE LADRILLO KING KONG DE ARCILLA (A MAQUINA O ARTESANALMENTE).
OE.3.1.2 MUROS DE LADRILLO CORRIENTE DE ARCILLA (A MAQUINA O ARTESANALMENTE)
OE.3.1.3 MUROS DE LADRILLO PANDERETA DE ARCILLA
OE.3.1.4 MUROS DE BLOCK SÍLICO-CALCÁREO K.K. STANDARD
OE.3.1.5 MUROS DE BLOCK SÍLICO-CALCÁREO TABIQUES (TRES HUECOS)

OE.3.1.6 MUROS DE LADRILLO DE CONCRETO
OE.3.1.7 MUROS DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO
OE.3.1.8 MUROS DE ALBAÑILERÍA ARMADA
OE.3.1.9 MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA
OE.3.1.10 MUROS CON EL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN SECO (SISTEMA DRY WALL O SIMILAR)
OE.3.1.11 MUROS DE PIEDRA
OE.3.1.12 MUROS DE ADOBE (SIMPLE O ESTABILIZADO)
OE.3.1.13 TABIQUES CON ELEMENTOS LEVES (FIBROCEMENTO, QUINCHA, ETC.)
OE.3.1.14 OTROS TIPOS DE MUROS O TABIQUES
OE.3.1.15 BARANDAS Y PARAPETOS
OE.3.1.16 ARCOS
OE.3.1.17 ESTUFAS
OE.3.1.18 ACEROS DE AMARRE

OE.3.2 REVOQUES Y REVESTIMIENTOS
OE.3.2.1 TARRAJEO RAYADO PRIMARIO
OE.3.2.2 TARRAJEO EN INTERIORES
OE.3.2.3 TARRAJEO EN EXTERIORES
OE.3.2.4 TARRAJEO FINO
OE.3.2.5 TARRAJEO EN COLUMNAS
OE.3.2.6 TARRAJEO EN VIGAS
OE.3.2.7 TARRAJEO DE MUROS DE CONCRETO
OE.3.2.8 TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTES
OE.3.2.9 TARRAJEO SALPICADO O ESCARCHADO
OE.3.2.10 TARRAJEO ESPECIALES
OE.3.2.11 VESTIDURAS DE DERRAMES
OE.3.2.12 VESTIDURA DE ELEMENTOS DE FACHADA
OE.3.2.13 EMPASTADO DE MUROS DE ADOBE
OE.3.2.14 TARRAJEO SOBRE MALLA METÁLICA EN MUROS DE ADOBE
OE.3.2.15 TARRAJEO DE DUCTOS
OE.3.2.16 ENLUCIDO DE YESO
OE.3.2.16.1 ENLUCIDO DE YESO SOBRE MUROS DE ADOBE
OE.3.2.16.2 ENLUCIDO DE YESO SOBRE MUROS DE CONCRETO
OE.3.2.16.3 ENLUCIDO DE YESO SOBRE MUROS DE LADRILLO
OE.3.2.17 ENLUCIDO DE CUARZO EN PARAMENTO
OE.3.2.18 UNIÓN DE MUROS Y CIELORRASO
OE.3.2.19 BRUÑAS
OE.3.2.20 TARRAJEO EN FONDO DE ESCALERA
OE.3.2.21 PREPARACIÓN DE GRADAS DE CONCRETO
OE.3.2.22 PREPARACIÓN DE DESCANSOS
OE.3.2.22 GRADAS
OE.3.2.23 DESCANSOS
OE.3.2.24 ENCHAPES
OE.3.2.24.1 SOLAQUEO DE MUROS

OE.3.3 CIELORRASOS
OE.3.3.1 CIELORRASO CON YESO
OE.3.3.2 YESO EN VIGAS
OE.3.3.3 CIELORRASO CON MEZCLA
OE.3.3.4 CIELORRASO PEGADO
OE.3.3.5 CIELORRASO CON EL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN SECO

OE.3.3.6 FALSO CIELORRASO
OE.3.3.6.1 DE MALLA METÁLICA
OE.3.3.6.2 DE PANELES

OE.3.4 PISOS Y PAVIMENTOS
OE.3.4.1 CONTRAPISOS
OE.3.4.2 PISOS
OE.3.4.2.1 LOSETA CORRIENTE
OE.3.4.2.2 LOSETA VENECIANA
OE.3.4.2.3 LOSETA TIPO CORCHO
OE.3.4.2.4 LOSETA DE MÁRMOL RECONSTRUIDO
OE.3.4.2.5 LOSETAS DE CANTO RODADO
OE.3.4.2.6 LOSETAS DE ACABADOS ESPECIALES
OE.3.4.2.7 BALDOSA ASFÁLTICA
OE.3.4.2.8 BALDOSA VINÍLICA
OE.3.4.2.9 TERRAZO
OE.3.4.2.10 MÁRMOL
OE.3.4.2.11 MAYÓLICA
OE.3.4.2.12 PEPELMA
OE.3.4.2.13 CANTOS RODADOS
OE.3.4.2.14 GRANITO LAVADO
OE.3.4.2.15 LAJA
OE.3.4.2.16 MADERA MACHIHEMBRADA
OE.3.4.2.17 PARQUET
OE.3.4.2.18 IMITACIÓN MADERA
OE.3.4.2.19 PISOS LAMINADOS
OE.3.4.2.20 PORCELANATOS
OE.3.4.2.21 CERÁMICOS
OE.3.4.2.22 LOSETAS DE CEMENTO
OE.3.4.2.23 OTROS
OE.3.4.3 PISOS DE CONCRETO
OE.3.4.4 ACABADO DE CONCRETO EN PISOS
OE.3.4.5 SARDINELES
OE.3.4.6 VEREDAS
OE.3.4.7 PISTAS
OE.3.4.8 SOBREPISO O “PISO TÉCNICO”

OE.3.5 ZOCALOS Y CONTRAZÓCALOS
OE.3.5.1 ZOCALOS
OE.3.5.1.1 PEPELMA
OE.3.5.1.2 MÁRMOL
OE.3.5.1.3 GRANITO ARTIFICIAL
OE.3.5.1.4 DE CEMENTO SIMPLE
OE.3.5.1.5 DE CANTOS RODADOS
OE.3.5.1.6 DE MADERA
OE.3.5.1.7 DE PLANCHAS PLÁSTICAS
OE.3.5.1.8 DE LADRILLOS DECORATIVOS
OE.3.5.1.9 REVESTIMIENTO ESPECIALES
OE.3.5.1.10 PORCELANATO
OE.3.5.1.11 CERÁMICO
OE.3.5.1.12 ALUMINIO
OE.3.5.1.13 OTROS

OE.3.5.2 CONTRAZOCALOS
OE.3.5.2.1 LOSETA
OE.3.5.2.2 GRANITO VACIADO EN OBRA
OE.3.5.2.3 CEMENTO
OE.3.5.2.4 VINÍLICO
OE.3.5.2.5 ALUMINIO
OE.3.5.2.6 MÁRMOL
OE.3.5.2.7 MADERA
OE.3.5.2.8 PORCELANATO
OE.3.5.2.9 CERÁMICO
OE.3.5.2.10 ACERO INOXIDABLE
OE.3.5.2.11 OTROS

OE.3.6 COBERTURAS
OE.3.6.1 COBERTURA DE TORTA DE BARRO
OE.3.6.2 LADRILLO PASTELERO SOBRE TORTA DE BARRO
OE.3.6.3 LADRILLO PASTELERO SOBRE MORTERO
OE.3.6.4 MATERIAL IMPERMEABILIZANTE
OE.3.6.5 RECUBRIMIENTOS SOBRE ESTRUCTURAS DE MADERA, METAL, ETC.
OE.3.6.6 RECUBRIMIENTOS CON PLANCHAS METÁLICAS
OE.3.6.7 RECUBRIMIENTOS CON PANELES TERMO-ACÚSTICOS
OE.3.6.8 RECUBRIMIENTOS DE MANTO ASFÁLTICO
OE.3.6.9 OTROS

OE.3.7 CARPINTERIA DE MADERA
OE.3.7.1 PUERTAS
OE.3.7.2 VENTANAS
OE.3.7.3 PERSIANAS DE MADERA
OE.3.7.4 MAMPARAS
OE.3.7.5 FORRO DE VANOS
OE.3.7.6 DIVISIONES PARA SERVICIOS HIGIÉNICOS
OE.3.7.7 DIVISIÓN ORNAMENTAL DE AMBIENTES
OE.3.7.8 TABIQUES DE MADERA
OE.3.7.9 ESCALERAS DE MADERA
OE.3.7.10 BARANDAS
OE.3.7.11 PASAMANOS AISLADOS
OE.3.7.12 MUEBLES DE COCINA Y SIMILARES
OE.3.7.13 VITRINAS
OE.3.7.14 CLOSET

OE.3.8 CARPINTERÍA METÁLICA Y HERRERÍA
OE.3.8.1 VENTANAS DE FIERRO
OE.3.8.2 PUERTAS DE FIERRO
OE.3.8.3 MAMPARAS DE FIERRO
OE.3.8.4 VENTANAS DE ALUMINIO
OE.3.8.5 PUERTAS DE ALUMINIO
OE.3.8.6 MAMPARAS DE ALUMINIO
OE.3.8.7 CELOSÍAS DE ALUMINIO
OE.3.8.8 CORTINAS ENROLLABLES DE FIERRO
OE.3.8.9 PUERTAS PLEGABLES DE FIERRO
OE.3.8.10 PUERTAS DE PLANCHA METÁLICA
OE.3.8.11 PUERTAS DE FIERRO Y MALLA

OE.3.8.12 DIVISIÓN DE PLANCHA DE ACERO GALVANIZADO PARA SERVICIOS HIGIÉNICOS
OE.3.8.13 DIVISIÓN DE ALUMINIO PARA SERVICIOS HIGIÉNICOS
OE.3.8.14 BARANDAS METÁLICAS
OE.3.8.15 PASAMANOS AISLADOS
OE.3.8.16 CERCOS DE FIERRO
OE.3.8.17 ESCALERAS METÁLICAS
OE.3.8.18 ELEMENTOS METÁLICOS ESPECIALES

OE.3.9 CERRAJERÍA
OE.3.9.1 BISAGRAS
OE.3.9.2 CERRADURAS
OE.3.9.3 SISTEMAS O MECANISMOS
OE.3.9.4 ACCESORIOS DE CIERRE
OE.3.9.5 ACCESORIOS EN GENERAL
OE.3.9.6 CERRAJERÍA PARA MUEBLES

OE.3.10 VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES
OE.3.10.1 ESPEJOS
OE.3.10.2 VITRAL
OE.3.10.3 BLOQUES DE VIDRIO

OE.3.11 PINTURA
OE.3.11.1 PINTURA DE CIELOS RASOS, VIGAS, COLUMNAS Y PAREDES
OE.3.11.2 PINTURA DE PUERTAS.
OE.3.11.3 PINTURA DE VENTANAS.
OE.3.11.4 PINTURA DE ENCHAPES.
OE.3.11.5 PINTURA DE CONTRAZÓCALOS Y BARANDAS.
OE.3.11.6 PINTURA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.

OE.3.12 VARIOS, LIMPIEZA, JARDINERÍA
OE.3.12.1 LIMPIEZA PERMANENTE DE OBRA
OE.3.12.2 LIMPIEZA FINAL
OE.3.12.3 LIMPIEZA DE VIDRIOS
OE.3.12.4 ENCERADOS DE PISOS
OE.3.12.5 SEMBRÍO DE GRASS
OE.3.12.6 TRABAJOS DE JARDINERÍA

OE.3.13 OTROS
OE.3.13.1 PODIO DE CONCRETO

OE.4 INSTALACIONES SANITARIAS

OE.4.1 APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS
OE.4.1.1 SUMINISTRO DE APARATOS SANITARIOS
OE.4.1.2 SUMINISTRO DE ACCESORIOS
OE.4.1.3 INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS
OE.4.1.4 INSTALACIÓN DE ACCESORIOS

OE.4.2 SISTEMA DE AGUA FRIA
OE.4.2.1 SALIDA DE AGUA FRÍA

OE.4.2.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN
OE.4.2.3 REDES DE ALIMENTACIÓN
OE.4.2.4 ACCESORIOS DE REDES DE AGUA
OE.4.2.5 VÁLVULAS
OE.4.2.6 ALMACENAMIENTO DE AGUA
OE.4.2.7 EQUIPOS Y OTRAS INSTALACIONES

OE.4.3 SISTEMA DE AGUA CALIENTE
OE.4.3.1 SALIDA DE AGUA CALIENTE
OE.4.3.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE
OE.4.3.3 ACCESORIOS DE REDES DE AGUA CALIENTE
OE.4.3.4 VÁLVULAS
OE.4.3.5 EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE

OE.4.4 SISTEMA CONTRA INCENDIO
OE.4.4.1 REDES DE ALIMENTACIÓN
OE.4.4.2 ACCESORIOS
OE.4.4.3 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GABINETES CONTRA INCENDIO
OE.4.4.4 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JUNTA ANTISÍSMICA
OE.4.4.5 VÁLVULAS DE SISTEMA CONTRA INCENDIO
OE.4.4.6 INSTALACIONES ESPECIALES

OE.4.5 SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL
OE.4.5.1 RED DE RECOLECCIÓN
OE.4.5.2 ACCESORIOS

OE.4.6 DESAGÜE Y VENTILACIÓN
OE.4.6.1 SALIDAS DE DESAGÜE
OE.4.6.2 REDES DE DERIVACIÓN
OE.4.6.3 REDES COLECTORAS
OE.4.6.4 ACCESORIOS DE REDES COLECTORAS
OE.4.6.5 CÁMARAS DE INSPECCIÓN
OE.4.6.5.1 PARA CAJAS DE REGISTRO
OE.4.6.5.2 PARA BUZONES.
OE.4.6.6 INSTALACIONES ESPECIALES

OE.4.7 VARIOS

OE.5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS.

OE.5.1 CONEXIÓN A LA RED EXTERNA DE MEDIDORES

OE.5.2 SALIDAS PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES, FUERZA Y SEÑALES DÉBILES
OE.5.2.1 SALIDA
OE.5.2.2 CANALIZACIONES, CONDUCTOS O TUBERÍAS
OE.5.2.3 CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGÍA EN TUBERÍAS
OE.5.2.4 SISTEMAS DE CONDUCTOS
OE.5.2.5 INSTALACIONES EXPUESTAS
OE.5.2.6 TABLEROS PRINCIPALES

OE.5.2.7 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
OE.5.2.8 DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN

OE.5.3 INSTALACION DE PARARRAYOS

OE.5.4 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

OE.5.5 ARTEFACTOS
OE.5.5.1 LÁMPARAS
OE.5.5.2 REFLECTORES

OE.5.6 EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS
OE.5.6.1 BOMBA PARA AGUA
OE.5.6.2 BOMBAS PARA DESAGÜE (IGUAL A BOMBAS PARA AGUA)
OE.5.6.3 OTRAS BOMBAS
OE.5.6.4 GRUPOS ELECTRÓGENOS
OE.5.6.5 SISTEMA DE RECIRCULACIÓN
OE.5.6.6 ASCENSORES Y MONTACARGAS
OE.5.6.7 SISTEMAS DE PARLANTES
OE.5.6.8 SISTEMA DE MÚSICA AMBIENTAL
OE.5.6.9 SISTEMA DE TRADUCCIÓN SIMULTANEA
OE.5.6.10 SISTEMA DE SEGURIDAD
OE.5.6.11 PROYECTORES Y PANTALLAS
OE.5.6.12 CAMPANAS EXTRACTORAS
OE.5.6.13 SISTEMA DE VAPOR
OE.5.6.14 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO
OE.5.6.15 SISTEMA DE OXÍGENO
OE.5.6.16 SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA
OE.5.6.17 SISTEMA DE VACÍO
OE.5.6.18 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

OE.6 INSTALACIONES DE COMUNICACIONES

OE.6.1 CABLEADO ESTRUCTURADO EN INTERIORES DE EDIFICIOS
OE.6.1.1 CABLES EN TUBERÍAS

OE.6.2 CANALETAS, CONDUCTOS Y/O TUBERÍAS

OE.6.3 SALIDA DE COMUNICACIONES

OE.6.4 CONDUCTORES DE COMUNICACIONES

OE.6.5 PATCH PANEL

OE.6.6 RACK DE COMUNICACIONES

OE.6.7 CAJA DE PASE PARA TRANSFORMADOR

OE.7 INSTALACIONES DE GAS

OE.7.1 TUBERÍAS
OE.7.1.1 TUBERÍA A LA VISTA
OE.7.1.2 TUBERÍA CON CANALETA O POR CONDUCTO:
OE.7.1.3 TUBERÍA MONTANTE

OE.7.2 ARTEFACTOS (GAS LICUADO DE PETRÓLEO Ó GAS NATURAL SECO)
OE.7.2.1 INSTALACIÓN DE UN ARTEFACTO
OE.7.2.2 CONVERSIÓN DE UN ARTEFACTO

OE.7.3 ACCESORIOS

OE.7.4 VENTILACIONES
OE.7.4.1 VENTILACIÓN (SUPERIOR O INFERIOR).

OE.7.5 DUCTOS
OE.7.5.1 DUCTOS DE EVACUACIÓN DE HUMOS PARA LOS ARTEFACTOS A GAS.

OE.7.6 GABINETE DE REGULACIÓN

OE.1 OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD.

OE.1.1 OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES

Comprende todas las construcciones e instalaciones que con carácter temporal son ejecutadas, para el servicio del personal administrativo y obrero, para almacenamiento y cuidado de los materiales durante la ejecución de las obras. Se puede usar materiales recuperables en todo o, en parte ya que estas construcciones e instalaciones deben ser demolidas y/o desarmadas al final de la obra dejando el lugar empleado en iguales o mejores condiciones a como lo encontró. Dependiendo de la magnitud e importancia de la obra, las partidas podrán variar no solo en dimensiones sino también en los requisitos técnicos, los mismos que deberán precisarse en las Especificaciones Técnicas del Expediente Técnico de la Obra. También comprende la ejecución de todas aquellas labores previas y necesarias para iniciar la obra.

OE.1.1.1 CONSTRUCCIONES PROVISIONALES

Comprende todas las construcciones, tales como oficinas, almacenes, casetas de guardianía, comedores, vestuarios, servicios higiénicos, cercos, carteles, etc.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.1.1.1.1	**OFICINAS**	Metro cuadrado (m^2)
OE.1.1.1.2	**ALMACENES**	Metro cuadrado (m^2)
OE.1.1.1.3	**CASETAS DE GUARDIANÍA**	Metro cuadrado (m^2)
OE.1.1.1.4	**COMEDORES**	Metro cuadrado (m^2)
OE.1.1.1.5	**VESTUARIOS**	Metro cuadrado (m^2)
OE.1.1.1.6	**SERVICIOS HIGIÉNICOS**	Metro cuadrado (m^2)

OE.1.1.1.7	**CERCOS**	Metro (m) o Metro cuadrado (m^2)
OE.1.1.1.8	**CARTELES**	Unidad (Und.)

Forma de medición

Para llegar al valor final de esta partida se hará una medición previa de todas las construcciones en la siguiente forma:

En oficinas, que son ambientes necesarios para el trabajo del personal técnico y administrativo, se medirá el área techada.

En almacenes, que son ambientes cerrados y techados para depositar y proteger los materiales, se medirá el área techada u ocupada.

En casetas de guardianía, que son ambientes para alojar al personal de vigilancia, se medirá el área techada.

En comedores, que son ambientes relacionados a la alimentación de personal, se medirá el área techada.

En vestuarios, que también pueden servir para dejar las cajas de herramientas del personal obrero, se medirá el área techada.

En servicios higiénicos, que incluye aparatos sanitarios, instalaciones de agua y desagüe, etc. necesario para el aseo e higiene del personal, se medirá el área techada u ocupada.

En elementos prefabricados integrales como oficinas, módulos de SSHH ú otros, se medirán por unidades

En cercos, que son elementos que encierran o delimitan el área de construcciones u otros ambientes necesarios para la seguridad y control durante la ejecución de la obra, se medirá por longitud neta del cerco (m), o el área neta del cerco (m^2), deberán incluirse en esta partida puertas y otros elementos complementarios si los hubiera.

En carteles, que son elementos utilizados, entre otros casos, para identificación de la obra, se medirán por unidades según dimensiones establecidas.

OE.1.1.2 INSTALACIONES PROVISIONALES

Comprende esta partida todas las instalaciones como redes de agua, desagüe, energía eléctrica, comunicación, etc.

OE.1.1.2.1 AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN

La partida comprende la obtención del servicio, el abastecimiento y distribución del agua necesaria para la construcción de la obra.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.1.1.2.1.1	**OBTENCIÓN DEL SERVICIO**	Global (Glb.)
OE.1.1.2.1.2	**ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN**	Global (Glb.)

Forma de medición

Para llegar al valor global en la obtención del servicio, se hará un análisis previo, teniendo en cuenta la forma de obtención de servicio y la instalación y conexión que fuera necesaria.

Igualmente para llegar al valor global de almacenamiento y distribución, se computarán las diversas construcciones, instalaciones, equipos necesarios, y personal que requiera la obra.

OE.1.1.2.2 DESAGÜE PARA LA CONSTRUCCIÓN

Comprende la red y el sistema de eliminación de las aguas residuales provenientes de los servicios higiénicos provisionales.

Unidad de Medida
Global (Glb.).

Forma de medición
Para llegar al valor global se hará un análisis previo de todas las obras por realizar para establecer el servicio.

OE.1.1.2.3 ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL
Comprende la instalación provisional de energía eléctrica en una obra.

Unidad de Medida

Descripción	Unidad de medida
OE.1.1.2.3.1 CONEXIÓN E INSTALACIÓN	Global (Glb.)
OE.1.1.2.3.2 CONSUMO Y MANTENIMIENTO	Global (Glb.)

Forma de medición
Se hará un análisis previo de las exigencias de conexión a la red pública, planta propia, si fuera necesario tableros, líneas de distribución, artefactos, etc. Posteriormente se determinará un valor global para las exigencias del consumo y sostenimiento del servicio.

OE.1.1.2.4 INSTALACIÓN TELEFÓNICA Y COMUNICACIÓN PROVISIONAL
Comprende la conexión de servicio telefónico, conexión de internet, conexión radial u otros, necesarios para la obra.

Unidad de Medida

Descripción	Unidad de medida
OE.1.1.2.4.1 CONEXIÓN E INSTALACIÓN	Global (Glb.)
OE.1.1.2.4.2 CONSUMO Y MANTENIMIENTO	Global (Glb.)

Forma de medición
Se hará un análisis previo de la colocación del servicio e instalaciones para llegar a la cifra global.

OE.1.1.3 TRABAJOS PRELIMINARES

OE.1.1.3.1 LIMPIEZA DEL TERRENO
Esta partida comprende los trabajos que deben ejecutarse para la eliminación de basura, elementos sueltos, livianos y pesados existentes en toda el área del terreno, así como de maleza y arbustos de fácil extracción. No incluye elementos enterrados de ningún tipo.

Unidad de Medida

Descripción	Unidad de medida
OE.1.1.3.1.1 ELIMINACIÓN DE BASURA Y ELEMENTOS SUELTOS Y LIVIANOS	Metro cúbico (m^3)
OE.1.1.3.1.2 ELIMINACIÓN DE MALEZA Y ARBUSTOS DE FÁCIL EXTRACCIÓN	Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

En la partida OE.1.1.3.1.1 ELIMINACIÓN DE BASURA Y ELEMENTOS SUELTOS Y LIVIANOS, que incluye quema de basura y transporte de desperdicios fuera de la obra, se hará un análisis previo de cantidad de personal, vehículos y equipos necesarios para la limpieza del área.

En la partida OE.1.1.3.1.2 ELIMINACIÓN DE MALEZA Y ARBUSTOS DE FÁCIL EXTRACCIÓN, que incluye el corte, la quema y eliminación de vegetación superficial, se hará un análisis previo de la cantidad de personal, vehículos y equipo necesario para la limpieza del área.

OE.1.1.4 ELIMINACIÓN DE OBSTRUCCIONES

Comprende la eliminación de elementos aislados, parcial o totalmente enterrados; tales como árboles, raíces, rocas (incluyendo la rotura si fuera necesario), postes y en general cualquier otro elemento sujeto a la tierra, incluyendo su carga y descarga a rellenos sanitarios fuera de la obra.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.1.1.4.1	**TALA DE ÁRBOLES**	Unidad (Und.)
OE.1.1.4.2	**ELIMINACIÓN DE RAÍCES**	Unidad (Und.)
OE.1.1.4.3	**ELIMINACIÓN DE ROCAS**	Metro cúbico (m^3)
OE.1.1.4.4	**ELIMINACIÓN DE ELEMENTOS ENTERRADOS**	Unidad (Und.)

Forma de medición

En la cantidad de árboles a talar se tendrá en cuenta la eliminación de la raíz y los obstáculos derivados del espesor del tallo, altura, ramaje, etc. Al fijar la cantidad de raíces debe considerarse la profundidad, ramificaciones de la raíz y otras dificultades.

OE.1.1.5 REMOCIONES

Comprende el desarmado de aquellos elementos que deben ser desmontados sin ser dañados, tales como: estructuras metálicas o de madera, puertas, ventanas, construcciones artísticas, monumentos, etc.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2) ó Unidad (Und.).

Forma de medición

En general cada elemento se trata de medir en la forma indicada para el cómputo de su remoción

OE.1.1.6 DEMOLICIONES

Se considera en esta partida la demolición de aquellas construcciones que se encuentran en el área del terreno destinada a la construcción de la obra. Incluye las obras de preparación (apuntalamientos, defensas, etc.); la demolición de todas las estructuras, incluso las que están debajo del terreno (cimientos, zapatas, calzaduras etc.).

Unidad de Medida

Metro cúbico (m^3) o metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
En general cada elemento se debe medir en la unidad de medida que le corresponda para el cómputo de su remoción
Debe tenerse en cuenta la existencia de material recuperable para los efectos de costos.

OE.1.1.6.1 ELIMINACION DE DEMOLICIONES
Comprende la evacuación del material proveniente de la demolición una vez concluida ésta.

Unidad de Medida
Metro cúbico (m3).

Forma de medición
Se determina mediante el cálculo del volumen de material proveniente de la demolición mas su esponjamiento, el cual debe ser determinado en el Expediente Técnico de Obra teniendo en cuenta las características de la obra.

OE.1.1.7 MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS
Esta partida consiste en el traslado de equipo, materiales, campamento y otros que sean necesarios al lugar en que se desarrollará la obra antes de iniciar y al finalizar los trabajos.

Unidad de Medida
Global (Glb.)

Forma de medición
Deberá considerarse las distancias de los traslados, así como el peso de las máquinas, lo que influirá en el tonelaje del vehículo de transporte.

OE.1.1.8 APUNTALAMIENTOS DE CONSTRUCCIONES EXISTENTES
Esta partida se refiere a la labor de asegurar las construcciones existentes que se encuentran vecinas a la obra, con la finalidad de evitar su fractura o desplome cuando los trabajos a iniciarse atentan contra su seguridad.

Unidad de Medida
Global (Glb.).

Forma de medición
Para llegar al resultado global se tendrá en cuenta las horas-hombres, así como los diversos materiales y equipos usados para el apuntalamiento y/o sostenimiento.

OE.1.1.9 TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO
El trazo se refiere a llevar al terreno los ejes y niveles establecidos en los planos. El replanteo se refiere a la ubicación y medidas de todos los elementos que se detallan en los planos durante el proceso de la edificación.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.1.1.9.1	**TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR**	Metro cuadrado (m^2)

OE.1.1.9.2 REPLANTEO DURANTE EL PROCESO Metro cuadrado (m2) o Global (Glb.)

Forma de medición

Para el cómputo de los trabajos de trazos de niveles y replanteo de los elementos que figuran en la primera planta se calculará el área del terreno ocupada por el trazo.

Para el replanteo durante el proceso se medirá el área total construida, incluyendo todos los pisos o se calculará el valor global teniendo en cuenta la necesidad de mantener un personal especial dedicado al trazo y nivelación.

OE.1.2 SEGURIDAD Y SALUD

En concordancia con la Norma G.050 Seguridad durante la construcción, del Reglamento Nacional de Edificaciones en la que se establece la obligatoriedad de contar con el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST) como requisito indispensable para la adjudicación de contratos, todo proyecto de edificación, debe incluirse en el Expediente Técnico de Obra, la partida correspondiente a Seguridad y Salud en la que se estimará el costo de implementación de los mecanismos técnicos y administrativos contenidos en dicho Plan (PSST). Las partidas consideradas en el presupuesto oferta, deben corresponder a las definidas en la presente Norma Técnica.

OE.1.2.1 ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

Comprende las actividades y recursos que correspondan al desarrollo, implementación y administración del Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST), debe considerarse, sin llegar a limitarse: El personal destinado a desarrollar, implementar y administrar el plan de seguridad y salud en el trabajo, así como los equipos y facilidades necesarias para desempeñar de manera efectiva sus labores.

Unidad de Medida

Global (Glb.).

Forma de medición

Cumplir lo requerido en el Expediente Técnico de Obra en lo referente a personal y recursos disponibles para ejecutar dicha actividad.

OE.1.2.1.1 EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Comprende todos los equipos de protección individual (EPI) que deben ser utilizados por el personal de la obra, para estar protegidos de los peligros asociados a los trabajos que se realicen, de acuerdo a la Norma G.050 Seguridad durante la construccion, del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Entre ellos se debe considerar, sin llegar a ser una limitación: casco de seguridad, gafas de acuerdo al tipo de actividad, escudo facial, guantes de acuerdo al tipo de actividad (cuero, aislantes, etc.), botines/botas de acuerdo al tipo de actividad (con puntera de acero, dieléctricos, etc.), protectores de oído, respiradores, arnés de cuerpo entero y línea de enganche, prendas de protección dieléctrica, chalecos reflectivos, ropa especial de trabajo en caso se requiera, otros.

Unidad de Medida

Unidad (Und.), de acuerdo al número de trabajadores

Forma de medición
Cumplir lo requerido en el Expediente Técnico de Obra en lo referente a la cantidad de equipos de protección individual para todos los obreros expuestos al peligro de acuerdo al planeamiento de obra y al Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST).

OE.1.2.1.2 EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA

Comprende los equipos de protección colectiva que deben ser instalados para proteger a los trabajadores y público en general de los peligros existentes en las diferentes áreas de trabajo.
Entre ellos se debe considerar, sin llegar a ser una limitación: barandas rígidas en bordes de losa y acordonamientos para limitación de áreas de riesgo, tapas para aberturas en losas de piso, sistema de líneas de vida horizontales y verticales y puntos de anclaje, sistemas de mallas antiácida, sistema de entibados, sistema de extracción de aire, sistemas de bloqueo (tarjeta y candado), interruptores diferenciales para tableros eléctricos provisionales, alarmas audibles y luces estroboscópicas en maquinaria pesada y otros.

Unidad de Medida
Global (Glb.)

Forma de medición
Cumplir lo requerido en el Expediente Técnico de Obra en lo referente a la cantidad de equipos de protección colectiva para el total de obreros expuestos al peligro, de los equipos de construcción, de los procedimientos constructivos, en conformidad con el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST) y el planeamiento de obra.

OE.1.2.1.3 SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD

Comprende, sin llegar a limitarse, las señales de advertencia, de prohibición, de información, de obligación, las relativas a los equipos de lucha contra incendios y todos aquellos carteles utilizados para rotular áreas de trabajo, que tengan la finalidad de informar al personal de obra y público en general sobre los riesgos específicos de las distintas áreas de trabajo, instaladas dentro de la obra y en las áreas perimetrales. Cintas de señalización, conos reflectivos, luces estroboscópicas, alarmas audibles, así como carteles de promoción de la seguridad y la conservación del ambiente, etc.
Se deberán incluir las señalizaciones vigentes por interferencia de vías públicas debido a ejecución de obras.

Unidad de Medida
Global (Glb.)

Forma de medición
Cumplir lo requerido en el Expediente Técnico de Obra en lo referente a la cantidad de señales y elementos complementarios necesarios para proteger a los obreros expuestos al peligro, de acuerdo al Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST).

OE.1.2.1.4 CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD

Comprende las actividades de adiestramiento y sensibilización desarrolladas para el personal de obra. Entre ellas debe considerarse, sin llegar a limitarse: Las charlas de inducción para el personal nuevo, las charlas de sensibilización, las charlas de instrucción, la capacitación para la cuadrilla de emergencias, etc.

Unidad de Medida
Global (Glb.)

Forma de medición
Cumplir lo requerido en el Expediente Técnico de Obra en lo referente a los objetivos de capacitación del personal de la obra, planteados en el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST).

OE.1.2.2 RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO

Comprende los mecanismos técnicos, administrativos y equipamiento necesario, para atender un accidente de trabajo con daños personales y/o materiales, producto de la ausencia o implementación incorrecta de alguna medida de control de riesgos. Estos accidentes podrían tener impactos ambientales negativos.
Se debe considerar, sin llegar a limitarse: Botiquines, tópicos de primeros auxilios, camillas, vehículo para transporte de heridos (ambulancias), equipos de extinción de fuego (extintores, mantas ignifugas, cilindros con arena), trapos absorbentes (derrames de productos químicos).

Unidad de Medida
Global (Glb.)

Forma de medición
Cumplir lo requerido en el Expediente Técnico de Obra en lo referente a Mecanismos y Equipamiento de respuesta implementados.

OE.2 ESTRUCTURAS.

OE.2.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Comprende las excavaciones, cortes, rellenos y eliminación del material excedente, necesarios para alcanzar los niveles proyectados del terreno en la ejecución de la edificación y sus exteriores; así como dar cabida a los elementos que deban ir enterrados y subterráneos, tales como cimentaciones, tuberías, etc.

OE.2.1.1 NIVELACIÓN DE TERRENO

Esta partida comprende los trabajos de corte y relleno necesarios para dar al terreno la nivelación indicada en los planos (hasta 30cm).

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.1.1.1	**NIVELACIÓN.**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.1.1.2	**NIVELADO APISONADO**	Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
Se medirá el área del terreno a nivelar, indicándose en el metrado la altura promedio de corte y relleno, así como la clase de material.

Para el caso de nivelado apisonado, se indicara el número de capas por apisonar para efectos de cálculos de costos.

OE.2.1.2 EXCAVACIONES

OE.2.1.2.1 EXCAVACIONES MASIVAS

Es el tipo de excavación que por su magnitud se ejecuta necesariamente con la utilización de equipos

Unidad de Medida
Metro cúbico (m^3).

Forma de medición
El volumen total de excavación para cimentaciones se obtiene sumando los volúmenes de cada partida. El volumen de excavación se obtendrá multiplicando largo por ancho por altura de la excavación o la geometría que le corresponda, siendo la altura medida desde el nivel de fondo de cimentación del elemento hasta el nivel de terreno, clasificándolas por la profundidad de excavación.
Se computarán en partidas separadas aquellas excavaciones que exijan un trabajo especial debido a la calidad y condiciones del terreno, así como las que se tuviesen problemas de presencia de aguas subterráneas o de alguna otra índole que no permitan la ejecución normal de esta partida.

OE.2.1.2.1 EXCAVACIONES SIMPLES

Es el tipo de excavación que por su condición se ejecuta preferentemente con la utilización de mano de obra y/o equipos

Unidad de Medida
Metro cúbico (m^3).

Forma de medición
El volumen total de excavación para cimentaciones se obtiene sumando los volúmenes de cada partida. El volumen de excavación se obtendrá multiplicando largo por ancho por altura de la excavación o la geometría que le corresponda, siendo la altura medida desde el nivel de fondo de cimentación del elemento hasta el nivel de terreno, clasificándolas por la profundidad de excavación.
Se computarán en partidas separadas aquellas excavaciones que exijan un trabajo especial debido a la calidad y condiciones del terreno, así como las que se tuviesen problemas de presencia de aguas subterráneas o de alguna otra índole que no permitan la ejecución normal de esta partida.

OE.2.1.3 CORTES

Comprende el corte de elevaciones o montículos sobre el nivel superficial del terreno. Pueden ser ejecutados manualmente o con maquinaria.

Unidad de Medida
Metro cúbico (m^3).

Forma de medición
Se medirá el volumen natural del corte, sin tener en cuenta el volumen de esponjamiento.

Se medirá el volumen natural del corte, por el método del promedio de las áreas extremas multiplicado por la longitud entre ellas sustentado en las respectivas secciones transversales y/o por secciones.

OE.2.1.4 RELLENOS

Comprende la ejecución de trabajos tendientes a rellenar zanjas (como es el caso de colocación de tuberías, cimentaciones enterradas, etc.) o el relleno de zonas requeridas por los niveles de pisos establecidos en los planos.

OE.2.1.4.1 RELLENO CON MATERIAL PROPIO

Esta partida comprende los rellenos a ejecutarse utilizando el material proveniente de las excavaciones de la misma obra.

Unidad de Medida

Metro cúbico (m^3).

Forma de medición

Se medirá el volumen de relleno compactado calculando el volumen geométrico del vacío correspondiente a rellenar. En caso de requerirse rellenos masivos, deberá usarse el método del promedio de las áreas extremas multiplicando por la distancia entre ellas, acumulando los volúmenes parciales y/o por secciones.

El volumen de relleno en cimentaciones, será igual al volumen de excavación, menos el volumen de concreto que ocupa el cimiento. Igualmente el relleno de zanjas para tuberías, cajas de inspección, etc., será igual al de la excavación menos el volumen ocupado por el elemento de que se trate.

OE.2.1.4.2 RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO

Esta partida comprende los rellenos a efectuarse utilizando materiales traídos desde fuera de obra.

Unidad de Medida

Metro cúbico (m^3).

Forma de medición

Tendrá validez todo lo anotado en la partida de rellenos con material propio.

OE.2.1.5 NIVELACIÓN INTERIOR Y APISONADO

Terminados los trabajos de cimentación, sobre la nivelación o declive general indicado en los planos, siempre existe una diferencia entre el nivel del terreno en esa etapa y el nivel que se requiere para recibir el piso, en consecuencia se debe efectuar una nivelación final, llamada interior porque esta encerrada entre los elementos de fundación, puede consistir en un corte o relleno de poca altura y necesita de un apisonado manual o con maquina. El apisonado se acostumbra efectuar por capas de un espesor determinado para asegurar mejor compactación.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Se medirá el área efectiva por cortar o rellenar comprendida entre los elementos de fundación. Se indicará el número de capas por apisonar para efectos de cálculo de costos.

OE.2.1.6 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE

Comprende la eliminación del material excedente determinado después de haber efectuado las partidas de excavaciones, nivelación y rellenos de la obra producidos durante la ejecución de la construcción.

UNIDAD DE MEDIDA

Metro cúbico (M3).

FORMA DE MEDICIÓN

El volumen de material excedente de excavaciones, será igual a la diferencia entre el volumen excavado, menos el volumen del material necesario para el relleno compactado con material propio.

Esta diferencia será afectada por el esponjamiento que deberá calcularse teniendo en cuenta los valores la siguiente tabla.

TIPO DE SUELO	FACTOR DE ESPONJAMIENTO
ROCA DURA (VOLADA)	1,50 - 2,00
ROCA MEDIANA (VOLADA)	1,40 - 1,80
ROCA BLANDA (VOLADA)	1,25 – 1,40
GRAVA COMPACTA	1,35
GRAVA SUELTA	1,10
ARENA COMPACTA	1,25 – 1,35
ARENA MEDIANA DURA	1,15 – 1,25
ARENA BLANDA	1,05 - 1,15
LIMOS, RECIEN DEPOSITADOS	1,00 – 1,10
LIMOS, CONSOLIDADOS	1,10 – 1,40
ARCILLAS MUY DURAS	1,15 – 1,25
ARCILA MEDIANAS A DURAS	1,10 – 1,15
ARCILLAS BLANDAS	1,00 – 1,10
MEZCLA DE ARENA/GRAVA/ARCILLA	1,15 – 1,35

Los valores anteriores son referenciales. Cualquier cambio debe sustentarse técnicamente.

Fuente: Características Físicas de los Suelos. Raúl S. Escalante. Cátedra Ingeniería de Dragado - Escuela de Graduados de Ingeniería Portuaria. Argentina. 2007.

OE.2.1.7 TABLAESTACADO O ENTIBADO

Refiere a las obras de apuntalamiento de las excavaciones, zanjas, pozos, etc. cuando el terreno ofrece riesgos de deslizamiento sea en condición seca o húmeda que ponga en peligro su estabilidad.
La partida comprende todos los insumos necesarios para la construcción y retiro de los tablaestacados.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.1.7.1	**TABLAESTACADO PARA EXCAVACIONES, ESTRUCTURAS, POZOS, CÁMARAS SUBTERRÁNEAS, ETC.**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.1.7.1	**TABLAESTACADO PARA EXCAVACIONES DE ZANJAS**	Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
El cómputo de tablaestacado o entibado en excavaciones en general, se obtendrá calculando el área neta protegida, obtenida de la multiplicación de la altura necesaria del tablaestacado por su longitud.

OE.2.2 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE
Comprende el cómputo de los elementos de concreto que no llevan armadura metálica. Involucra también a los elementos de concreto ciclópeo, resultante de la adición de piedras grandes en volúmenes determinados al concreto simple.

OE.2.2.1 CIMIENTOS CORRIDOS
Por esta denominación se entiende los elementos de concreto ciclópeo que constituyen la base de cimentación de los muros. Por lo general su vaciado es continuo y en grandes tramos, de allí su nombre de cimientos corridos.

Unidad de Medida
Metro cúbico (m^3).

Forma de medición
El cómputo total de concreto se obtiene sumando el volumen de cada uno de sus tramos. En tramos que se cruzan se medirá la intersección una sola vez.

OE.2.2.2 SUB ZAPATAS O FALSA ZAPATA
Son los elementos que se encuentran debajo de las zapatas generalmente para conectar a esta a un terreno de la calidad estipulada en los planos. Generalmente son de concreto pobre. Pueden necesitar ser encofradas dependiendo de las condiciones de terreno y son vaciadas directamente en contacto con el terreno.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.2.2.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.2.2.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
El cómputo total de concreto se obtiene sumando el volumen de cada una de las sub zapatas.

El cómputo total del encofrado (y desencofrado) se obtiene sumando el área de encofrado de cada sub zapata. El área de cada una es igual al área de contacto del concreto con el encofrado.

OE.2.2.3 SOLADOS

El solado es una capa de concreto simple de escaso espesor que se coloca en el fondo de excavaciones para zapatas, muros de contención, losas de cimentación, etc., proporcionando una base para el trazado de los elementos estructurales superiores y la colocación de su respectiva armadura.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Se medirá el área efectiva del solado, contada hasta 5cm de la cara vertical del elemento estructural que irá emplazado sobre el solado con el propósito de darle nivelación a la superficie.

OE.2.2.4 BASES DE CONCRETO

Son cimentaciones aisladas, por lo general de concreto ciclópeo, para asiento de máquinas, arranque de escaleras y otros usos.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.2.4.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.2.4.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

El volumen de concreto se obtiene calculando el volumen real por ejecutar de acuerdo a su forma geométrica.

El área de encofrado (y desencofrado) se determinará como el área efectiva a ejecutarse en contacto con el concreto.

OE.2.2.5 ESTRUCTURAS DE SOSTENIMIENTO DE EXCAVACIONES

Constituyen las obras de cimentación que deben efectuarse debajo de otra existente a fin de reforzarla. Según la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones existen diversos tipos de obras para el sostenimiento temporal o definitivo de los taludes de corte como las pantallas ancladas, tablestacas, pilotes continuos, muros diafragma, calzaduras, nailings, entre otros.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.2.5.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.2.5.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

El cómputo total de concreto es igual a la suma de los volúmenes de concreto efectivamente vaciados por tramo según los planos estructurales de diseño.

El cómputo total del encofrado (y desencofrado) se obtiene sumando las áreas por cara en contacto efectivo con el concreto.

OE.2.2.6 SOBRECIMIENTOS

Constituye la parte de la cimentación que se construye encima de los cimientos corridos y que sobresale de la superficie del terreno natural para recibir los muros de albañilería, sirve de protección de la parte inferior de los muros y aísla el muro contra la humedad o de cualquier otro agente externo.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.2.6.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.2.6.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

El cómputo total de concreto es igual a la suma de los volúmenes de concreto de cada tramo. Para tramos que se crucen se tomará la intersección una sola vez.
No incluye el volumen de la base de la columna.
El cómputo total del encofrado (y desencofrado) se obtiene sumando las áreas por cara en contacto efectivo con el concreto.

OE.2.2.7 GRADAS

Las gradas están constituidas por los pasos y contrapasos que vinculan planos de distinto nivel en zonas de tránsito. La partida comprende el encofrado y vaciado de concreto, no incluye el revestimiento y acabado de los pasos y contrapasos.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.2.7.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.2.7.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN GRADAS**	Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

El cómputo total de concreto en gradas, es igual a la suma de los volúmenes efectivamente vaciados, para lo cual se tendrá en cuenta en la sección transversal, el perfil especial que producen los pasos. El área de encofrado (y desencofrado) en gradas, se obtiene sumando las áreas en efectivo contacto con el concreto. Generalmente estas corresponden a los contrapasos y costados de las gradas. Si las gradas tienen una misma sección transversal, como una simplificación se podrán computar en metros (m) y en este caso la unidad comprenderá el concreto, el encofrado y desencofrado.

OE.2.2.8 RAMPAS

Las rampas, constituyen los planos inclinados que permiten la comunicación entre dos distintos niveles.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.2.8.1	**PARA EL CONCRETO (ESPECIFICAR ESPESOR)**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.2.8.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RAMPAS**	Metro cuadrado (m2)

Forma de medición

En el caso de las rampas, se computa el área real total de estas, clasificándose de acuerdo a su espesor y calidad de concreto. El área de encofrado (y desencofrado) en rampas, se obtiene sumando las áreas en efectivo contacto con el concreto.
Se podrán crear subpartidas según el espesor de las rampas

OE.2.2.9 FALSOPISO

Es el concreto plano, de superficie rugosa, que se apoya directamente sobre el suelo natural o en relleno y sirve de base a los pisos de la planta baja.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

El área del falsopiso será el correspondiente a la superficie comprendida entre las caras interiores de muros o sobrecimientos sin revestir y que servirán de base para el contrapiso o piso final. Se agruparán en partidas separadas los falsospisos de diversos espesores.

OE.2.3 OBRAS DE CONCRETO ARMADO

La obra de concreto armado, constituida por la unión del concreto con la armadura de acero, comprende en su ejecución una estructura temporal y otra permanente. La primera es el encofrado de uso provisional, que sirva para contener la masa del concreto en la primera etapa de endurecimiento y la segunda se refiere a la obra definitiva, donde interviene el cemento, agregados, agua, armadura de acero y en el caso de losas aligeradas, el ladrillo hueco, agregándose eventualmente aditivos con diversos objetos.
Para cada elemento diferente de concreto se indicará su calidad que se acostumbra fijar mediante la resistencia o la rotura (f'c) en cilindros a los 28 días.

En el caso de estructuras compuestas de diferentes elementos integrados en un solo conjunto, por ejemplo, cisternas, cisternas subterráneas, tanques elevados, escaleras, pórticos, etc.; el cálculo se efectuará por separado por cada uno de sus elementos integrantes, los mismos que sumados se agruparán en las partidas de concreto, encofrado y armadura de acero.

Como norma general de encofrados, el área efectiva se obtendrá, midiendo el desarrollo de la superficie del molde o encofrado en contacto con el concreto, con excepción de losas aligeradas, donde se medirá el área total de la losa, que incluye la superficie del ladrillo hueco. Los encofrados "cara vista" se computarán por separado de los encofrados "corrientes".

Para la armadura de acero se computa el peso total del fierro indicado en los planos. El cálculo se hará determinando primero la longitud de cada elemento incluyendo los ganchos, dobleces y traslapes de varillas. Luego se suman todas las longitudes agrupándose por diámetros iguales y se multiplican los resultados obtenidos por sus pesos unitarios correspondientes, expresados en kilos por metro (kg/m).

Finalmente se obtendrá el peso total en kilos de las barras de acero sumando los pesos parciales de cada diámetro diferente.

El cómputo de la armadura de acero; no incluye los sobrantes de las barras (desperdicios), alambres, espaciadores, accesorios de apoyo ni desperdicios, los mismos que irán como parte integrante de los análisis de precios, los que incluirán también la habilitación (corte y doblado) y colocación de la armadura.

Los ladrillos y bloques huecos que se usan como elementos de relleno en las losas aligeradas, se computarán por unidades o millares de unidades.

La cantidad de estos es generalmente función de la superficie de encofrado, pero debe deducirse en el caso de viguetas con ensanches de concreto en los extremos.

OE.2.3.1 CIMIENTOS REFORZADOS

Cuando las condiciones lo requieran, el proyectista puede determinar el uso de cimientos de concreto con un refuerzo de armadura, denominándose estos como cimientos reforzados. Pueden ir encofrados, cuando lo exigen las condiciones y calidad del terreno o vaciados directamente en las zanjas.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.1.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.1.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.1.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO**	Kilogramo (kg)

Forma de medición

El cómputo total de concreto se obtendrá de acuerdo a la forma de medición de la partida 4.1 Cimientos corridos.

El cómputo total del área de encofrado (y desencofrado es igual a la suma de áreas de encofrado en cada tramo. El área de cada tramo será igual al área efectiva en contacto con el concreto.

El cómputo del peso de la armadura no incluirá vástagos ni arranques para las columnas u otros elementos que vayan empotradas en los cimientos reforzados.

OE.2.3.2 ZAPATAS

Constituyen el cimiento de las columnas. Su ubicación y dimensiones están determinadas en los planos respectivos

Se denominan zapatas aisladas, a las que soportan una sola columna, zapatas combinadas, a las que sirven de soporte de dos o más columnas y zapatas conectadas, a las que son unidas por una o más vigas de cimentación.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.2.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.2.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.2.3	**PARA LA ARMADURA DE**	Kilogramo (kg)

ACERO.

Forma de medición

Para el cómputo del volumen de concreto, se tendrá en cuenta la forma de la zapata.

Para el cómputo del área de encofrado (y desencofrado) se determinará el área efectiva de contacto con el concreto.

El cómputo del peso de la armadura no incluirá los arranques o anclajes de las columnas. En el caso de zapatas conectadas, no incluirá dentro de ninguno de los cómputos las vigas de cimentación.

OE.2.3.3 VIGAS DE CIMENTACIÓN

Generalmente se diseñan para conectar a las zapatas, de manera que trabajen en conjunto, pudiendo actuar como cimiento.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.3.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.3.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.3.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO**	Kilogramo (kg)

Forma de medición

El cómputo total de concreto, será de los volúmenes de cada viga de cimentación.

Generalmente no requieren encofrado de fondo y para el cómputo del área de encofrado (y desencofrado) se determinará el área efectiva de contacto con el concreto.

El cómputo del peso de la armadura, no incluirá los vástagos de las columnas ni de cualquier otro elemento que vaya empotrado.

OE.2.3.4 LOSAS DE CIMENTACIÓN

Son losas de concreto armado que se extiende bajo el área completa o parcialmente de una edificación para utilizarse como cimentación, cuando el proyectista así lo determine. Puede necesitarse encofrado para los bordes verticales en el contorno de la losa.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.4.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.4.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.4.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Forma de medición

El volumen de concreto se obtendrá multiplicando el área total del solado por el espesor. En caso que el diseño de la losa prevea nervaduras en sus bordes o interiormente, éstas se computarán formando parte del volumen total del concreto de la losa.

Para el cómputo del encofrado (y desencofrado) se medirá el área efectiva de contacto con el concreto.

El cómputo del peso de la armadura no incluirá los vástagos de las columnas ni de cualquier otro elemento que vaya empotrado.

OE.2.3.5 SOBRECIMIENTOS REFORZADOS

Se denomina a los sobrecimientos de concreto con un refuerzo de armadura.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.5.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.5.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.5.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Forma de medición

El cómputo de volumen de concreto y del encofrado y desencofrado se obtendrá de acuerdo a la norma de la medición de la partida 4.7 Sobrecimientos.

El cómputo del peso total de la armadura se obtiene sumando las armaduras de cada tramo. No se incluirá la armadura de cualquier otro elemento que vaya empotrado.

OE.2.3.6 MUROS REFORZADOS

Refiere a los muros de concreto armado y comprende a los muros de contención, muros portantes y placas, pantallas, barandas; en reservorios (muros de fuste, muros de cuba) y similares.

OE.2.3.6.1 MUROS DE CONTENCIÓN

Son estructuras que sirven para contener taludes o rellenos de tierra que tienden a deslizarse. Están conformadas de un muro de concreto armado con su cimiento respectivo. El cálculo de los muros de contención, no incluirá la cimentación que se deberá incluir en la partida que le corresponde.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE. 2.3.6.1.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE. 2.3.6.1.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE. 2.3.6.1.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO**.	Kilogramo (kg)

Ç

Forma de medición

El volumen de concreto del muro se calculará computando los volúmenes efectivos en toda su longitud. Para las partes que se crucen se computarán la intersección una sola vez.

El área del encofrado (y desencofrado) es igual al área efectiva de contacto con el concreto.

Se deberá separar encofrado de una cara y encofrado de dos caras según sea el caso

El cómputo del peso de la armadura, deberá incluir las barras que van empotradas en otros elementos.

OE.2.3.6.2 MUROS DE CONCRETO, TABIQUES DE CONCRETO Y PLACAS

Muros de Concreto, Tabiques de Concreto y Placas, se refieren a elementos de concreto armado verticales cuyo espesor es pequeño en relación a su altura y longitud. Estos pueden o no ser estructurales.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.6.2.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.6.2.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.6.2.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Forma de medición

El volumen de concreto de muros, tabiques y placas se obtendrá multiplicando el área de la sección transversal horizontal por la altura. La altura, en las plantas altas, se toma de la cara superior del entrepiso inferior a la cara inferior del entrepiso superior; para la primera planta, la altura se toma desde la cara superior de la base o cimiento hasta la cara inferior del entrepiso. Se descontarán los vanos de puertas y ventanas.

El área de encofrado (y desencofrado) de ambas caras corresponde al área efectiva del contacto con el concreto.

OE.2.3.6.3 PANTALLAS, BARANDAS Y SIMILARES

En general están constituidas por muros de concreto armado de pequeña altura con distintos fines, como antepechos de ventanas, bandas de balcones, pantallas por necesidades de diseño arquitectónico, etc.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.6.3	Para el concreto	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.6.3	Para el encofrado y desencofrado	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.6.3	Para la armadura de acero.	Kilogramo (kg)

Forma de medición

El volumen de concreto será el efectivo de acuerdo con las secciones de los planos, cuidando de no incluir partes de los elementos en que se sostengan.

El área de encofrado será correspondiente a la superficie de contacto con el concreto.

El peso de la armadura incluirá la parte empotrada en los apoyos.

OE.2.3.7 COLUMNAS

Son elementos de apoyo aislado, generalmente verticales con medida de altura muy superior a las transversales.

En edificios de uno o varios niveles con losas de concreto, la altura de las columnas se considerará:

En primer nivel, distancia entre las caras superiores de la cimentación (no incluye sobrecimiento) y la cara superior del entrepiso (techo).

En niveles superiores, será la distancia entre las caras superiores de los entrepisos que lo limitan.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.7.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.7.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)

OE.2.3.7.3 PARA LA ARMADURA DE ACERO. Kilogramo (kg)

Forma de medición

El cómputo será la suma de los volúmenes de todas las columnas. Cuando las columnas van endentadas con los muros (columnas portantes o de amarre) se considerará el volumen adicional de concreto que penetra en los muros.

El cómputo total del encofrado (y desencofrado) será la suma de las áreas por encofrar de las columnas. El área de encofrado de cada columna será igual al área efectiva de contacto con el concreto adicionando el área del endentado en caso exista. Si la sección de la columna es constante, se obtendrá multiplicando el perímetro por la altura indicada anteriormente. Las caras de las columnas empotradas en muros deben descontarse.

El cómputo del peso de la armadura, incluirá las longitudes de las barras que van empotradas en otros elementos (zapatas, vigas, etc.).

OE.2.3.8 VIGAS

Son los elementos horizontales o inclinados, de medida longitudinal muy superior a las transversales. La longitud a considerarse para la longitud de vigas será su longitud entre caras de columnas.

En los elementos que se crucen se medirá la intersección una sola vez.

En el encuentro de losas con vigas, se considerará que la longitud de cada losa termina en el plano lateral o costado de la viga, por consiguiente la altura o peralte de la viga incluirá el espesor de la parte empotrada de la losa.

La partida comprende las vigas principales, vigas secundarias, vigas de amarre y dinteles.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.8.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.8.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.8.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Forma de medición

El volumen total de concreto de las vigas será la suma de los volúmenes individuales.

El área total de encofrado (y desencofrado) será la suma de áreas individuales. El área de encofrado de cada viga constituye la superficie de contacto efectivo con el concreto. En el cómputo del peso de la armadura, se incluirá la longitud de las barras que van empotradas en los apoyos de cada viga.

OE.2.3.9 LOSAS

Se refiere a las estructuras de concreto armado utilizadas como entrepisos, techos o coberturas de una edificación.

Como norma general para el cálculo del concreto en losas, se adoptará el siguiente criterio:

a) Si la losa descansa en un muro, se incluirá en la medición la parte empotrada o apoyada en el muro.
b) En el encuentro las losas con vigas se considera que cada losa termina en el plano lateral o costado de la viga.

OE.2.3.9.1 LOSAS MACIZAS

Son losas de superficies planas o curvas, constituidas por concreto en todo su espesor y extensión.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.9.1.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.9.1.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.9.1.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Forma de medición

El volumen de concreto se obtendrá, multiplicando el área de la losa por el espesor correspondiente. Si hay losas de espesores diferentes, se obtendrá el volumen de cada una de ellas y luego se sumarán los resultados.

El área de encofrado (y desencofrado) se obtendrá calculando las áreas netas de contacto con el concreto. En caso de existir frisos, estos deben considerarse (encofrado del borde de la losa).

El cómputo del peso de la armadura se incluirá la longitud de las barras que van empotradas en los apoyos.

OE.2.3.9.2 LOSAS ALIGERADAS CONVENCIONALES

Son losas constituidas por viguetas de concreto y elementos livianos de relleno. Las viguetas van unidas entre si por una losa o capa superior de concreto. Los elementos de relleno están constituidos por ladrillos, bloques huecos o elementos livianos que sirven para aligerar el peso de la losa y además para conseguir una superficie uniforme de cielorraso.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.9.2.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.9.2.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.9.2.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)
OE.2.3.9.2.4	**PARA LADRILLOS, BLOQUES HUECOS O ELEMENTOS LIVIANOS**	Unidad (Und.)

Forma de medición

El volumen de concreto de las losas aligeradas se obtendrá calculando el volumen total de la losa como si fuera maciza y restándole el volumen ocupado por los ladrillos huecos. El área de encofrado (y desencofrado) se calculará como si fueran losas macizas, a pesar que no se encofra totalmente la losa si no la zona de las viguetas únicamente.

El cómputo del peso de la armadura se incluirá la longitud de las barras que van empotradas en los apoyos.

Se calculará la cantidad neta de ladrillos, bloques huecos o elementos livianos es decir sin considerar desperdicios.

El porcentaje de desperdicios se incluirá en el análisis de costo.

OE.2.3.9.3 LOSAS ALIGERADAS CON VIGUETAS PREFABRICADAS

Son losas semejantes a las losas aligeradas convencionales (ver numeral 2.3.9.2) con la diferencia que las viguetas son prefabricadas y/o pretensadas. Así mismo, los bloques son de forma especial tal que permitan apoyarse en las viguetas.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.9.3.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.9.3.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.9.3.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)
OE.2.3.9.3.4	**PARA BLOQUES PROPORCIONADOS POR EL FABRICANTE**	Unidad (Und.)
OE.2.3.9.3.5	**PARA VIGUETAS PROPORCIONADOS POR EL FABRICANTE**	Metro lineal (m).

Forma de medición

El volumen de concreto de estas losas se obtendrá calculando el volumen total de la losa como si fuera maciza y restándole el volumen ocupado por las viguetas y los bloques.

El área de encofrado (y desencofrado) se calculará como si fueran losas macizas, a pesar que no se encofra totalmente.

Aun cuando la unidad de medición de los encofrados de los diferentes tipos de losas es el metro cuadrado, los metrados deberán diferenciar los distintos sistemas ya que sus costos unitarios no son iguales.

En el cómputo del peso de la armadura se incluirá la armadura de temperatura y los bastones que van empotrados en los apoyos.

OE.2.3.9.4 LOSAS NERVADAS

Son losas con nervaduras o viguetas de concreto armado ubicadas en una sola dirección o en dos direcciones (cruzadas).

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.9.4.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.9.4.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.9.4.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Forma de medición

El volumen de concreto de las losas nervadas, se obtendrá calculando el volumen total de la losa como si fuera maciza y luego descontando el volumen de los vacíos que quedan entre las nervaduras.

El área de encofrado (y desencofrado) se obtendrá calculando el área de su proyección horizontal como si fuese una losa plana.

En el análisis del costo se tendrá en cuenta el encofrado de las nervaduras de la losa.

En el cómputo del peso de la armadura, se incluirá la longitud de las barras que van empotradas en los apoyos.

OE.2.3.9.5 LOSAS CÁSCARA

Estas losas que pueden ser paraboloides, bóvedas cilíndricas, conoides, domos y/o cúpulas. Son de figura variable, por consiguiente la dificultad del metrado consiste en obtener el desarrollo de sus superficies. Obtenida el área de la losa el cálculo del volumen de concreto, encofrado y armadura, se efectúa en forma similar a las losas corrientes. También puede tener vigas y otros elementos estructurales.

Las cubiertas curvas más conocidas son las bóvedas y cúpulas.

Las primeras son estructuras cilíndricas con sección transversal constante y las cúpulas de doble curvatura.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.9.5.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.9.5.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.9.5.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Forma de medición

Se usarán las normas de medición que corresponda a cada uno de los elementos que integran la losa cáscara.

OE.2.3.9.6 LOSA HONGO

Son estructuras especiales de concreto armado, formadas por distintos tipos de losa que no se apoyan en vigas ni muros, sino directamente sobre columnas con un capitel ensanchado en su unión con la losa.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.9.6.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.9.6.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.9.6.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Forma de medición

Se usarán las normas de medición que correspondan a cada uno de los elementos que integran la losa hongo.

En el cómputo de la losa propiamente dicha no se incluirá el de las columnas, las que se considerarán conjuntamente con sus capiteles en partidas independientes.

OE.2.3.9.7 LOSAS ESPECIALES

Se consideran las losas que no han sido consideradas en los casos anteriores como: encasetonados, losas colaborantes, losas con domos prefabricados, etc.

En cada caso, el profesional que prepara el metrado deberá considerar:

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.9.7.1	**PARA CONCRETO**	Volumen total (m3)
OE.2.3.9.7.2	**PARA ENCOFRADOS**	Área neta de contacto con el concreto. (m2) o el área de la proyección como superficie plana (m2)
OE.2.3.9.7.3	**PARA ARMADURA**	Peso total en. (kg.)
OE.2.3.9.7.4	**PARA ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS (BLOQUES, DOMOS, ELEMENTOS ESPECIALES**	Unidad (Und.); Metro cuadrado (m2); Global (Glb.).

OE.2.3.10 ESCALERAS

Son estructuras diseñadas para vincular planos de distintos niveles, están conformados por una serie de pasos o peldaños y eventuales descansos.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.10.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)

OE.2.3.10.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.10.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Norma Medición

El cómputo total del volumen del concreto, comprenderá la suma de los volúmenes de los tramos en pendiente y el de las losas de descanso.

El área total de encofrado (y desencofrado) comprenderá la suma de las áreas de encofrado en los tramos en pendiente y el de las losas de descanso. El área de encofrado del tramo en pendiente considera solo el área de fondo. Los costados, los contrapasos y los frisos serán considerados en los metrados.

El cómputo total del peso de la armadura comprende la incluida en los tramos y descansos, así como los anclajes necesarios en otras estructuras.

OE.2.3.11 CAJA DE ASCENSORES Y SIMILARES

Estructura conformada para alojar a ascensores, elevadores, montacargas y otros.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.11.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.11.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.11.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Norma Medición

El cómputo total del volumen del concreto, comprenderá la suma de los volúmenes de las componentes de la caja.

El área total de encofrado (y desencofrado) comprenderá la suma de las áreas efectivas de contacto con el concreto fresco.

Para el cómputo total del peso de la armadura debe considerarse la contenida en los muros y losas así como los anclajes.

OE.2.3.12 CISTERNAS SUBTERRÁNEAS

Constituyen los depósitos construidos al nivel del terreno o enterrados que sirven para almacenar el agua potable (a fin de que sea bombeada posteriormente a los tanques elevados).

El conjunto de elementos que forman la cisterna, puede estar conformado por la losa de fondo, los muros laterales y la losa superior o tapa.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.12.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.12.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.12.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Norma Medición

El cómputo total del volumen del concreto, comprenderá la suma de los volúmenes de las componentes de la caja.
El área total de encofrado (y desencofrado) comprenderá la suma de las áreas efectivas de contacto con el concreto fresco.
Para el cómputo total del peso de la armadura debe considerarse la contenida en los muros y losas así como los anclajes.

OE.2.3.13 TANQUES ELEVADOS

Son depósitos construidos en zonas elevadas de las edificaciones y que se utilizan para el almacenamiento de agua. La estructura de los tanques, está constituida generalmente por columnas, vigas, muros laterales, losas de fondo y tapa o losa superior.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.13.1	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
OE.2.3.13.2	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
OE.2.3.13.3	**PARA LA ARMADURA DE ACERO.**	Kilogramo (kg)

Norma Medición

El cómputo total del volumen del concreto, comprenderá la suma de los volúmenes de las componentes de la caja.
El área total de encofrado (y desencofrado) comprenderá la suma de las áreas efectivas de contacto con el concreto fresco.
Para el cómputo total del peso de la armadura debe considerarse la contenida en los muros y losas así como los anclajes.

OE.2.3.14 PILOTES

Son piezas cilíndricas o prismáticas que se clavan o vacían en sitio con la principal finalidad de transmitir sus cargas a suelos más profundos.
Su colocación puede ser vertical o inclinada de acuerdo al proyecto. Una vez terminada la colocación de los pilotes se ejecutarán los cabezales o zapatas que unen las cabezas de los pilotes y sobre los que irá la construcción.
Se considera por separado los pilotes de tipo diferente como prefabricados, vaciados en sitios, etc.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.14.1	**PARA LOS PILOTES**	Metro (m) o Unidad (Und.)

Forma de medición

Cuando se considera (m), se computarán la suma de la longitud de cada pilote a hincarse. La longitud de cada pilote se medirá desde su cota de fondo hasta la cota inferior del cabezal. En caso de distintas secciones de pilotes se agruparán según su diámetro.
Cuando se considera como unidad de medida (Und.), en ésta se incluirá la excavación, hincado, concreto, armadura, eliminación de tierra y cualquier otra operación necesaria para la ejecución del pilotaje.

OE.2.3.15 CAISSONES

Al caisson se le conoce también como cajón de cimentación. Es el tipo de cimentación directa cuyo sistema consiste en un elemento principal que se introduce por excavación y luego el hundimiento de un cuerpo hueco hasta alcanzar el estrato de fundación.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.15.1	**PARA CONCRETO**	Metro cúbico (m^3).
OE.2.3.15.2	**PARA ENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.2.3.15.3	**PARA ARMADURA**	Kilogramo (kg).

Normas de Medición

El caisson es un elemento compuesto que consta de la ejecución de varias partidas, en consecuencia, se usarán las normas de medición de acuerdo a cada partida correspondiente.

OE.2.3.16 ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRETENSADO O POSTENSADO

OE.2.3.16.1 VIGAS

Las sub-partidas comprenden el encofrado, la armadura de acero de tipo convencional, el vaciado del concreto y el procedimiento para el tensionado, incluyendo el acero propio del sistema.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.16.1.1	**CONCRETO**	Metro cúbico (m^3).
OE.2.3.16.1.2	**ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.2.3.16.1.3	**ACERO DE REFUERZO CONVENCIONAL**	Kilogramo (kg).
OE.2.3.16.1.4	**PROCESO DE ANCLAJE Y REFUERZO**	Global (Glb.)

Forma de medición

El volumen de concreto será igual a la suma de los volúmenes de los elementos.
El área de encofrado se computa como la superficie de contacto efectivo con el concreto. El peso de la armadura se refiere al acero de refuerzo de uso común.
El acero de tensión, anclaje accesorios otros elementos y el proceso de precomprensión constituyen una cifra global.
El proceso de anclaje y refuerzo incluye el trabajo de compresión, el refuerzo de tensión, el anclaje, los accesorios y otros elementos.

OE.2.3.16.2 LOSAS

Son losas macizas de espesor variable pero frecuentemente combinadas con vigas o viguetas de diversas secciones.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.3.16.2.1	**CONCRETO**	Metro cúbico (m^3).
OE.2.3.16.2.2	**ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.2.3.16.2.3	**ACERO DE REFUERZO**	Kilogramo (kg).
OE.2.3.16.2.4	**PROCESO DE ANCLAJE Y REFUERZO.**	Global (Glb.)

Forma de medición

El volumen de concreto, será igual al producto de la sección transversal de la losa por la longitud, incluyendo el volumen de vigas y viguetas si las hubiera. El área de

encofrado se obtendrá midiendo la superficie en contacto efectivo con el concreto.
El paso de la armadura se refiere al acero de refuerzo de uso común.
El acero de tensión, anclaje, accesorios, otros elementos y el proceso de compresión constituyen una cifra global.
Para el proceso de anclaje y refuerzo incluye el trabajo de compresión, el refuerzo de tensión, el anclaje, los accesorios y otros elementos.

OE.2.3.17 ESTRUCTURAS PREFABRICADAS

Debido a la diversidad de este tipo de estructuras, el profesional que elabora el metrado deberá para cada caso determinar tanto las unidades como lo sistemas de medición de acuerdo al fabricante y al proyecto.

OE.2.4 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Comprende el cómputo de las estructuras metálicas tanto de celosía, como de perfiles y considera el suministro de materiales y todos los trabajos necesarios para su construcción y montaje, incluyendo los anclajes, ganchos, tornillos, pernos, tuercas, soldaduras, etc. necesarios para su instalación.
También comprende el cómputo de coberturas, designado así a la labor de cubrir el techo (exceptuando su estructura resistente), con tejas, planchas y otros elementos. Se consideran en partidas separadas los elementos de desagüe pluvial (canaletas, bajadas, etc.).
En las estructuras metálicas el armado se refiere a la construcción del elemento en taller fuera de obra o al pie de obra que incluye todos los accesorios fijos al elemento, el montaje es la colocación en el lugar definitivo, incluyendo los accesorios sueltos, los que se medirán aparte.

OE.2.4.1 COLUMNAS O PILARES

Comprende las columnas de perfiles, las huecas, las columnas en celosías, las formadas con perfiles o planchas soldadas, empernadas o remachadas.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.4.1.1	**PARA ARMADO**	Unidad (Und.)
OE.2.4.1.2	**PARA MONTAJE**	Unidad (Und.)

Forma de medición

Se contará la cantidad de piezas de iguales características y longitud.
La unidad de armado comprende material, mano de obra y accesorios fijos.
La unidad de montaje comprende soldadura y mano de obra.

OE.2.4.2 VIGAS

Comprende las vigas de perfiles, las formadas con perfiles soldados, las vigas en celosía, etc.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.4.2.1	**PARA ARMADO**	Unidad (Und.)
OE.2.4.2.2	**PARA MONTAJE**	Unidad (Und.)

Forma de medición

Se contará la cantidad de piezas de iguales características y longitud.

La unidad de armado comprende material, mano de obra y accesorios fijos.
La unidad montaje comprende soldadura y mano de obra.

OE.2.4.3 VIGUETAS

Son elementos livianos de perfiles que salvan la luz existente entre las vigas principales, transmitiendo las cargas del piso o techo.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.4.3.1	**PARA ARMADO**	Unidad (Und.)
OE.2.4.3.2	**PARA MONTAJE**	Unidad (Und.)

Forma de medición
Se contará la cantidad de piezas de iguales características y longitud.
La unidad de armado comprende material, mano de obra y accesorios fijos.
La unidad de montaje comprende soldadura y mano de obra.

OE.2.4.4 TIJERALES Y RETICULADOS
Son los elementos estructurales constituidos por barras unidas en forma de triángulos que para grandes luces, reenlazan a las vigas

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.4.4.1	**PARA ARMADO**	Unidad (Und.)
OE.2.4.4.2	**PARA MONTAJE**	Unidad (Und.)

Forma de medición
Se contará la cantidad de piezas de iguales características y longitud.
La unidad de armado comprende material, mano de obra y accesorios fijos.
La unidad de montaje comprende soldadura y mano de obra.

OE.2.4.5 CORREAS
Son perfiles de sección continua, armado sobre viguetas o cerchas.

Unidad de Medida6

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.4.5.1	**PARA ARMADO**	Unidad (Und.)
OE.2.4.5.2	**PARA MONTAJE**	Unidad (Und.)

Forma de medición
Se contará la cantidad de piezas de iguales características y longitud.
La unidad de armado comprende material, mano de obra y accesorios fijos.
La unidad de montaje comprende soldadura y mano de obra.

OE.2.4.6 COBERTURAS
Bajo esta denominación se comprenden todas las cubiertas de tejas, fibro-cemento, láminas metálicas, corrugadas, etc. que forman el techo propiamente dicho exceptuando la estructura metálica resistente, las correas, cerchas y demás elementos que sirven de apoyo.

Generalmente los techados son de tipo inclinado. En el caso de techos inclinados apoyados sobre losas horizontales de concreto, la estructura de sustentación se medirá aparte del material de la cubierta.

OE.2.4.6.1 CON PLANCHAS CORRUGADAS GALVANIZADAS

Las planchas corrugadas galvanizadas se utilizan en su mayor parte para techos inclinados y no accesibles.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2) o unidad (Und.).

Forma de medición

En el cómputo se considera la superficie geométrica realmente ejecutada, sin desarrollo de ondulaciones, juntas, etc.

En todos los casos se descontará la superficie ocupada por cajones de ventilación, chimeneas, aberturas vidriadas, etc. Iguales o mayores de 1,00 m^2.

La unidad incluye todos los elementos de sujeción de las planchas a la estructura.

Si las planchas se computan por piezas, también se computarán por piezas los elementos de sujeción.

OE.2.4.6.2 CON PLANCHAS CORRUGADAS DE FIBRO-CEMENTO.
OE.2.4.6.3 CON PLANCHAS CORRUGADAS DE ALUMINIO.
OE.2.4.6.4 CON PLANCHAS CORRUGADAS PLÁSTICAS.
OE.2.4.6.5 CON TEJAS.
OE.2.4.6.6 CON LADRILLOS DE VIDRIO.
OE.2.4.6.7 CON VIDRIO.

OE.2.4.7 ELEMENTOS PARA AGUAS PLUVIALES

Las aguas de lluvia se recogen por medio de canales ubicados en el perímetro del techado. El agua del canal se vierte en un tubo vertical llamado bajante. Que en su parte inferior se conecta a un tubo horizontal el cual da directamente a los pisos de patios, veredas, jardines, pavimentos, etc.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.2.4.7.1	**PARA CUMBRERAS**	Metro (m) o Unidad (Und.)
OE.2.4.7.2	**A CANALETAS**	Metro (m) o Unidad (Und.)
OE.2.4.7.3	**PARA BAJANTES**	Metro (m) o Unidad (Und.)

Forma de medición

El metrado de elementos para aguas pluviales se hará midiendo las longitudes de cada tipo diferente de elementos. En la unidad se incluye los ganchos de sujeción de canales, abrazaderas, de bajantes y cualquier otro elemento de sostén.

OE.2.5 ESTRUCTURA DE MADERA

Descripción

Comprende el cómputo de los elementos que forman las estructuras de madera.

La unidad incluye el suministro y colocación de los elementos de unión, anclajes, etc. de las estructuras.

También se incluye el cómputo de techados, es decir de las tejas, planchas, etc., que forman la cobertura del techo propiamente dicho y que se apoyan en la

estructura de madera, así como de los elementos de sujeción de la cobertura o la estructura.
Se considerarán en partidas separadas los elementos de desagüe (canaletas, bajadas, etc.).

OE.2.5.1 COLUMNAS O PILARES

Son las piezas de madera de posición vertical.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Se contarán el número de columnas de iguales características y altura. La unidad no incluye los accesorios de fijación y anclaje.
La altura de la columna será el total efectivo incluyendo la parte empotrada de la base.

OE.2.5.2 VIGAS

Son los elementos horizontales resistentes de madera de carácter principal empleados tanto en techos inclinados como horizontales.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Se contarán el número de vigas de iguales características y longitud. La unidad no incluye los accesorios de fijación y anclaje.
La longitud de la viga será el total efectivo incluyendo la parte empotrada en los apoyos.

OE.2.5.3 TIJERALES Y RETICULADOS

Son los elementos estructurales constituidos por barras unidas en forma de triángulos que para grandes luces, reemplazan a las vigas.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Se contará la cantidad de piezas de iguales características de longitud. La unidad no incluye los accesorios de unión, anclaje, etc.

OE.2.5.4 CORREAS

Son piezas de madera apoyadas sobre las vigas principales o tijerales para apoyo de la cobertura.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2) o Unidad (Und.).

Forma de medición

Como las correas se colocan a distancias regulares entrando la misma cantidad de pieza por unidad de superficie, el cómputo se efectuará midiendo el área efectivamente ocupada por las correas (lo que obliga a un estudio de costo por metro cuadrado).
Puede también medirse por cantidad de piezas de igual sección y longitud.

OE.2.5.5 COBERTURAS

Esta denominación se da a las coberturas de todo tipo que forman el techo propiamente dicho, exceptuando la estructura resistente.

Unidad de Medida

OE.2.5.5.1	**CON PLANCHAS CORRUGAS GALVANIZADAS**	Metro cuadrado (m^2).
OE.2.5.5.2	**CON PLANCHAS CORRUGADAS DE FIBRO-CEMENTO.**	Metro cuadrado (m^2).
OE.2.5.5.3	**CON PLANCHAS CORRUGADAS DE ALUMINIO.**	Metro cuadrado (m^2).
OE.2.5.5.4	**CON PLANCHAS CORRUGADAS PLÁSTICAS.**	Metro cuadrado (m^2).
OE.2.5.5.5	**CON TEJAS.**	Metro cuadrado (m^2).
OE.2.5.5.6	**CON MADERA.**	Metro cuadrado (m^2).
OE.2.5.5.7	**CON DIVERSAS PLANCHAS LISAS.**	Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Se medirá el área efectivamente cubierta descontándose vacíos de un metro cuadrado y más.

OE.2.5.6 PILOTES DE MADERA

Comprende a los elementos estructurales de madera de características lineales, de medidas longitudinales superiores a las transversales, introducidas en el terreno para transmitirle una carga o consolidarlo.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

Se contará el número de pilotes de igual longitud y sección, agrupándose por separado.
En el metrado constará su longitud medida desde la cota del fondo hasta la cota inferior de la zapata o cabezal.
En la unidad se incluye el hincado o cualquier otra operación necesaria para la completa ejecución del pilotaje.

OE.2.6 VARIOS

OE.2.6.1 JUNTAS

Son aquellas que se forman en obra dejando una luz en toda su sección de la estructura entre elementos contiguos; para ello se emplean rellenos que permiten la expansión de esos elementos. Existen varios tipos de juntas como la de dilatación, expansión, contracción entre otras.

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición

El cómputo por metro de la junta se obtiene mediante la indicación de los planos y especificaciones.

OE.3 ARQUITECTURA.

OE.3.1 MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA

Comprende la medición de muros y tabiques ejecutados con diversos tipos de unidades de albañilería, diferenciados por su tipo, calidad, por los aparejos o amarres, así como por el acabado de sus caras

Se denomina muro o pared a la obra levantada a plomo para transmitir o recibir la carga de elementos superiores como vigas, techo, etc., para cerrar espacios, independizar ambientes, o por razones ornamentales.

Se denomina tabiques a paredes de poco espesor que corrientemente sirven para la división de ambientes y que no resisten carga alguna aparte de su peso propio.

Tratándose de ladrillos, se denominan, respectivamente, largo (su mayor dimensión), ancho (su dimensión media), y espesor (su menor dimensión). Si el espesor del muro es igual al largo de ladrillo se dice “muro de cabeza”; si es igual al ancho “muro de soga”, si es igual al espesor del ladrillo “muro de canto”.

Los muros y tabiques que consideramos son:

OE.3.1.1 MUROS DE LADRILLO KING KONG DE ARCILLA (A MAQUINA O ARTESANALMENTE).
OE.3.1.2 MUROS DE LADRILLO CORRIENTE DE ARCILLA (A MAQUINA O ARTESANALMENTE)
OE.3.1.3 MUROS DE LADRILLO PANDERETA DE ARCILLA
OE.3.1.4 MUROS DE BLOCK SÍLICO-CALCÁREO K.K. STANDARD
OE.3.1.5 MUROS DE BLOCK SÍLICO-CALCÁREO TABIQUES (TRES HUECOS)
OE.3.1.6 MUROS DE LADRILLO DE CONCRETO
OE.3.1.7 MUROS DE BLOQUES HUECOS DE CONCRETO
OE.3.1.8 MUROS DE ALBAÑILERÍA ARMADA
OE.3.1.9 MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA
OE.3.1.10 MUROS CON EL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN SECO ETERNIT (SISTEMA DRY WALL O SIMILAR)
OE.3.1.11 MUROS DE PIEDRA
OE.3.1.12 MUROS DE ADOBE (SIMPLE O ESTABILIZADO)
OE.3.1.13 TABIQUES CON ELEMENTOS LEVES (FIBROCEMENTO, QUINCHA, ETC.)
OE.3.1.14 OTROS TIPOS DE MUROS O TABIQUES

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Cada tipo de muro o tabique, identificado en los planos, será diferenciado e incluido en su partida específica, debiendo señalarse claramente el tipo de elementos que lo constituyen, los aparejos o amarres, así como el acabado de sus caras, previsto en las especificaciones técnicas de cada proyecto en particular. En caso de muros de albañilería armada o confinada, la armadura y el concreto que son parte del muro, serán considerados en los respectivos análisis de precios unitarios.

El área de cada tipo de muros es la suma de las áreas de los tramos correspondientes al muro de que se trate. Las áreas son netas, por lo tanto, se

descontarán en la medición las áreas de los vanos de puertas, ventanas, mamparas y algunos otros vacíos si los hubiera.

OE.3.1.15 BARANDAS Y PARAPETOS

Se denomina baranda al elemento de altura adecuada para servir de protección de una escalera, balcón, etc., y parapeto a una pared de baja altura, inferior a la altura de vista, que se construye para evitar caídas en azoteas, terrazas, etc.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2) o Metro (m).

Forma de medición

El cómputo de barandas y parapetos se obtendrá sumando las áreas parciales de los tramos.

Si las alturas se mantienen constantes puede efectuarse el cómputo en metros.

OE.3.1.16 ARCOS

Esta partida comprende a los arcos destinados a salvar un vano que por su pequeña luz se construye con ladrillo.

Para la ejecución de estos elementos es necesario el empleo de "cerchas".

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

Se contarán los arcos de longitud y características iguales considerándose en partidas separadas los arcos de dimensiones diferentes.

OE.3.1.17 ESTUFAS

Para el efecto denominamos estufa a la obra donde se produce combustión de leña dentro de una edificación, sirviendo para este propósito, el "tiro" construido por un ducto dejado dentro de la albañilería o que puede ser de otro material adosado o empotrado en el muro.

En este caso consideramos sólo la parte de la obra formada por ladrillos, sin incluir los revestimientos o acabados.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

Se contará la estufa por unidad refiriéndose a la obra de ladrillo en bruto. Los revoques, los enchapados, ladrillos refractarios, etc. constituyen partidas aparte que se deben considerar en el lugar que les corresponde.

OE.3.1.18 ACEROS DE AMARRE

Son elementos de anclaje requeridos para la conexión a ras del elemento estructural vertical con la albañilería.

Unidad de Medida

Kilogramo (kg).

Forma de medición

Para el cómputo total del peso de la armadura debe considerarse la contenida en los muros así como en los elementos estructurales verticales.

OE.3.2 REVOQUES Y REVESTIMIENTOS

Consiste en la aplicación de morteros o pastas, en una o más capas sobre la superficie exterior o interior de muros y tabiques, columnas, vigas o estructuras en bruto, con el fin de vestir y formar una superficie de protección, impermeabilizar u obtener un mejor aspecto en los mismos. Puede presentar capas lisas o ásperas.

También comprende la ejecución y vestidura de molduras, incluyendo el acabado de molduras de ladrillo.

OE.3.2.1 TARRAJEO RAYADO PRIMARIO

Comprende todos aquellos revoques constituidos por una primera capa de mortero que presenta una superficie plana y rayada, lista para recibir una nueva capa de revoque, es decir un enlucido sea de mortero, pasta o un revoque especial (por ejemplo cuarzo). También puede recibir un enchape o revestimiento.

Unidad de Medida

Metro Cuadrado (m^2).

Forma de medición

Se computarán todas las áreas netas a vestir o revocar. Por consiguiente se descontarán los vanos o aberturas y otros elementos distintos al revoque, como molduras, cornisas y demás salientes que deberán considerarse en partidas independientes.

OE.3.2.2 TARRAJEO EN INTERIORES

Comprende aquellos revoques constituidos por una capa de mortero que se aplica para obtener una superficie plana y acabada.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Todo lo indicado en OE.3.2.1 TARRAJEO RAYADO PRIMARIO.

OE.3.2.3 TARRAJEO EN EXTERIORES

Todo lo indicado en OE.3.2.2 TARRAJEO EN INTERIORES, incluso el pañeteo. Se considera en partida aparte por que generalmente requiere de un andamiaje apropiado para su ejecución. Sin embargo el pañeteo no es usual en fachadas.

OE.3.2.4 TARRAJEO FINO

Comprende aquellos revoques con carácter definitivo de acabado que se aplican como una segunda capa de mortero sobre el tarrajeo rayado, constituyendo un enlucido de mortero.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
Todo lo indicado en OE.3.2.1 TARRAJEO RAYADO PRIMARIO.

OE.3.2.5 TARRAJEO EN COLUMNAS

Comprende la vestidura con mortero, de columnas de concreto y albañilería.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2) para tarrajeo de superficies.

Forma de medición
Se encontrará el área total sumando el área efectivamente tarrajeada por columnas.

OE.3.2.6 TARRAJEO EN VIGAS

Comprende la vestidura con mortero de vigas de concreto. La superficie por vestir de la viga, es la que queda visible bajo la losa.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2) para tarrajeo de superficies.

Forma de medición
Se computará el área total sumando el área efectivamente tarrajeada por viga.

OE.3.2.7 TARRAJEO DE MUROS DE CONCRETO

Comprende la vestidura, con mortero, de muros de concreto y superficies similares, en cuanto a dificultades de ejecución, dejando un acabado definitivo.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
Todo lo indicado en OE.3.2.1 TARRAJEO RAYADO PRIMARIO.

OE.3.2.8 TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTES

Comprende la vestidura de superficie generalmente de concreto, con mortero al cual se ha agregado un aditivo, que proporciona al tarrajeo características impermeabilizantes por ejemplo, para vestir el interior de cisternas, tanques elevados, etc.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
Se medirá el área efectivamente tarrajeada con la mezcla impermeabilizante.

OE.3.2.9 TARRAJEO SALPICADO O ESCARCHADO

Comprende la aplicación del mortero proyectado con fuerza mediante una brocha empapada con mezcla o algún otro procedimiento que deje una superficie rugosa en forma de granos salientes. Con frecuencia es necesario un tarrajeo previo que sirve de base al escarchado.

La unidad comprende el escarchado y el tarrajeo de base.
Se establecerán partidas separadas para interiores y exteriores.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
Se medirá el área efectivamente ejecutada con el escarchado.

OE.3.2.10 TARRAJEO ESPECIALES

Comprende la vestidura con mortero, de superficies no convencionales (de ladrillo o de concreto) que por la textura especial que presentan requieren de una forma muy particular de efectuar el tarrajeo para que la mezcla se adhiera a la superficie.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
Se medirá el área efectivamente tarrajeada.

OE.3.2.11 VESTIDURAS DE DERRAMES

Se llama vano a la abertura en un muro; si queda simplemente la abertura, el vano es libre, en otros casos puede llevar una puerta o ventana. A la superficie cuya longitud es el perímetro del vano y cuyo ancho es el espesor del muro, se le llama "derrame".

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
Se medirá el la longitud efectivamente ejecutada.

OE.3.2.12 VESTIDURA DE ELEMENTOS DE FACHADA

Comprende todos aquellos elementos que sobresalen de la fachada y para cuya vestidura es necesario el uso de un andamio especial.
No se incluye la cara interior de elementos como parapetos, balcones, etc., que pueden vestirse apoyados en las losas, sin necesidad del andamio de fachada, y que deben considerarse en las partidas respectivas, por ejemplo la cara posterior de parapetos construidos al borde de fachada, la cara posterior de balcones, etc.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2) para tarrajeo de superficie.

Forma de medición
Se medirá todas áreas horizontales, verticales o inclinadas que sobresalen de la fachada y que deben ser vestidas desde el andamio.

OE.3.2.13 EMPASTADO DE MUROS DE ADOBE

Comprende la aplicación de barro, es decir, mezcla de tierra húmeda con otro cuerpo que le de liga, como la paja, directamente sobre la superficie de muros de adobe.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
Se medirá el área efectivamente empastada.

OE.3.2.14 TARRAJEO SOBRE MALLA METÁLICA EN MUROS DE ADOBE

Para lograr una efectiva adherencia entre el tarrajeo y el muro de adobe u otra superficie, se clava una malla metálica sobre el paramento, la que a su vez recibirá el tarrajeo.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
Se medirá el área neta tarrajeada sobre la malla metálica.

OE.3.2.15 TARRAJEO DE DUCTOS

Comprende aquellos revoques constituidos por una capa de mortero que se aplica para obtener una superficie plana y acabada en la parte interior de los ductos.

Unidad de Medida
Metro Cuadrado (m2).

Forma de medición
Se computarán todas las áreas netas a vestir o revocar. Por consiguiente se descontarán los vanos o aberturas y otros elementos distintos al revoque, como molduras, cornisas y demás salientes que deberán considerarse en partidas independientes.

OE.3.2.16 ENLUCIDO DE YESO

OE.3.2.16.1 ENLUCIDO DE YESO SOBRE MUROS DE ADOBE

Comprende la aplicación de pasta de yeso sobre la superficie de muros de ladrillo. Normalmente el muro lleva un tarrajeo de base.
Unicamente se considera el enlucido de yeso, el tarrajeo base se considerará en la partida que le corresponde.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).
Forma de medición
Todo lo indicado en OE.3.2.1 TARRAJEO RAYADO PRIMARIO.

OE.3.2.16.2 ENLUCIDO DE YESO SOBRE MUROS DE CONCRETO

Comprende la aplicación de pasta de yeso sobre la superficie de muros de concreto u otras áreas similares. Normalmente la pasta se aplica directamente sobre la superficie de concreto.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

Todo lo indicado en OE.3.2.1 TARRAJEO RAYADO PRIMARIO.

OE.3.2.16.3 ENLUCIDO DE YESO SOBRE MUROS DE LADRILLO

Comprende la aplicación de pasta de yeso sobre la superficie de muros de adobe. Normalmente la pasta se aplica sobre una base, constituida por un embarrado o por un tarrajeo previo.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

Todo lo indicado en OE.3.3.1 CIELORRASO CON YESO. La unidad comprende sólo el enlucido, si lleva base se considera en partida aparte.

OE.3.2.17 ENLUCIDO DE CUARZO EN PARAMENTO

Comprende la aplicación de cuarzo molido, mezclado con el cemento y otros agregados. Normalmente las superficies llevan un tarrajeo de base.
Unicamente se considera el enlucido de cuarzo, el tarrajeo de base se considerará en la partida que el corresponde.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Todo lo indicado en OE.3.2.1 TARRAJEO RAYADO PRIMARIO.

OE.3.2.18 UNIÓN DE MUROS Y CIELORRASO

En la unión del muro con el cielorraso se acostumbra efectuar algunos remates simples, por ejemplo corre una pequeña moldura con sección de un cuarto de círculo o una pequeña bruña de sección rectangular.

Unidad de Medida

Metro (m).

Forma de medición

El cómputo se efectuara por longitud debiendo agruparse independientemente las uniones de acuerdo a sus características.

OE.3.2.19 BRUÑAS

Son canales de poca profundidad y espesor efectuados en el tarrajeo o revoque.

Unidad de Medida

Metro (m).

Forma de medición

Para el metrado se determinará la longitud total de bruñas.

OE.3.2.20 TARRAJEO EN FONDO DE ESCALERA

Se denomina así a la aplicación de un mortero sobre la superficie inferior de las losas de escaleras.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
Se medirá el área neta inferior de las losas de escaleras. En caso de que estas superficies no fueran planas, para el cómputo de estas áreas se podrá usar métodos aproximados.

OE.3.2.21 PREPARACIÓN DE GRADAS DE CONCRETO
Comprende la aplicación de mortero sobre el concreto en los pasos y contrapasos, dejándolos listos para recibir material pegado o acabado final.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
El cómputo total se obtendrá, sumando la longitud de peldaños iguales. La unidad incluye el revestimiento de paso y contrapaso. Las gradas de dimensiones diferentes deberán figurar en partidas independientes.

OE.3.2.22 PREPARACIÓN DE DESCANSOS
Por descanso se entiende el piso horizontal en que desemboca o arranca un tramo de escalera. El descanso lleva un tarrajeo previo al revestimiento dejando la superficie rayada o lisa, preparada para recibir el revestimiento que constituye el acabado.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
El cómputo total del forjado y revestimiento de descansos se obtendrá sumando las áreas de cada parte del piso horizontal.

OE.3.2.22 GRADAS
Comprende la aplicación del acabado final en los pasos y contrapasos en las gradas de las escaleras de concreto. Este acabado final puede ser de madera, vinílico, loseta, cerámicos, etc.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
El cómputo total se obtendrá, sumando la longitud de peldaños iguales. La unidad incluye el revestimiento de paso, contrapaso y cantonera si hubiera. Las gradas de dimensiones diferentes y de materiales diferentes, deberán figurar en partidas independientes.

OE.3.2.23 DESCANSOS

Comprende la aplicación del acabado final en los descansos. Este acabado final puede ser de madera, vinílico, loseta, cerámicos, etc.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
El cómputo total de descansos se obtendrá sumando las áreas netas de cada descanso.

OE.3.2.24 ENCHAPES

Enchapes son los elementos que se pegan a los muros, cielorrasos, fondos de escaleras y se colocan por razones de ornato o para un uso especial.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
En el cómputo se tomará el área realmente ejecutada y cubierta por las piezas planas, por consiguiente agregando el área de derrames si los hubiera. Los enchapes deben diferenciarse por el material y la calidad de los mismos.

OE.3.2.24.1 SOLAQUEO DE MUROS

Se refiere al trabajo de nivelado de las juntas entre los bloques de ladrillo o bloquetas de concreto o de piedra con mezcla, de tal manera que la superficie final quede al ras del muro.

Unidad de medida
Metro cuadrado (m2)

Forma de Medición
En el cómputo se tomará el área ejecutada.

OE.3.3 CIELORRASOS

Se entiende por cielorraso, la vestidura de la cara inferior de techos, sea aplicada directamente en el mismo o sobre una superficie independiente especialmente construida.
La naturaleza del cielorraso varia con la función que le haya sido asignada, así, puede tratarse de un simple enlucido o revoque destinado a emparejar una superficie de una vestidura decorativa, acústica, o atérmica, o bien de una estructura destinada a servir como elemento de difusión luminosa o para disimular conducciones que se colocan por encima del cielorraso, con el caso de instalaciones sanitarias, acústicas, etc.

OE.3.3.1 CIELORRASO CON YESO

Se denomina a la aplicación de pasta de yeso sobre la superficie inferior de losas de concreto que forman los techos de una edificación.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
Se medirá el área neta comprendida entre las caras laterales sin revestir de las paredes o vigas que limitan, no se deducirán las áreas de columnas, ni huecos menores de 0,25 cm^2.

OE.3.3.2 YESO EN VIGAS

Se denomina así a la aplicación de pasta de yeso sobre la cara inferior y las caras laterales de vigas visibles bajo la losa de concreto de los techos de una edificación.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2) en superficie.

Forma de medición
Se medirá el área neta de la cara inferior de las caras laterales de las vigas, además se medirá la longitud de las aristas o filos.

OE.3.3.3 CIELORRASO CON MEZCLA

Se denomina así a la aplicación de un mortero sobre la superficie inferior de losas de concreto que forman los techos de una edificación.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
Se medirá el área neta comprendida entre las caras laterales sin revestir de las paredes o vigas que la limitan.

OE.3.3.4 CIELORRASO PEGADO

Con este nombre se define al revestimiento de la parte inferior de las losas, realizar colocando piezas independientes del mismo, adheridas por medio de un pegamento.
Sus funciones pueden ser de aislamiento acústica, de simple ornamento o de otras funciones especiales.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
Se medirá el área neta ejecutada comprendida entre las caras laterales de las paredes o vigas que la limitan. La unidad comprende el pegamento y otros elementos necesarios como los perfiles perimétricos.
Los cielorrasos pegados se medirán en partidas separadas de acuerdo al material a usarse.

OE.3.3.5 CIELORRASO CON EL SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN EN SECO

Son cielorrasos construidos con planchas prefabricadas de yeso o fibro-cemento que son soportadas por estructuras metálicas o de madera. La partida incluye los materiales, la colocación y el acabado, es decir el muro listo para recibir pintura o cualquier enchape.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
Se medirá el área neta ejecutada comprendida entre las caras laterales de las paredes o vigas que la limitan.

OE.3.3.6 FALSO CIELORRASO

OE.3.3.6.1 DE MALLA METÁLICA
Comprende la aplicación de un mortero sobre malla metálica unidad a un entramado o armazón, suspendido del techo o de una estructura especial independientes del techo.

Unidad de Medida

Descripción	Unidad de medida
OE.3.3.6.1.1 SOPORTE Y MALLA METÁLICA	Metro cuadrado (m2)
OE.3.3.6.1.2 MEZCLA APLICADA	Metro cuadrado (m2)

Forma de medición
En todos los casos se medirá el área neta de cielorraso a ejecutarse comprendida entre las caras laterales de las paredes o vigas que la limitan. La unidad comprende los elementos de suspensión del entramado o armazón, como alambres, fierros, etc. Si la armazón del cielorraso exigiera un sostén especial constituido por una estructura metálica o de madera independiente del techo, el cómputo de dicha estructura se hará por separado, incluyéndose en las diversas partidas de esta Norma Técnica concerniente a esas estructuras.

OE.3.3.6.2 DE PANELES
Comprende la colocación de paneles en una armazón suspendida del techo o de una estructura especial independiente del techo.
Sus funciones son variadas, por ejemplo como elemento de difusión luminosa, para aislamiento acústica, simple ornato para disimular instalaciones encima del cielorraso u otras funciones especiales.

Unidad de Medida

Descripción	Unidad de medida
OE.3.3.6.2.1 PARA SUSPENSIÓN	Metro cuadrado (m2) o Unidad (Und.)
OE.3.3.6.2.2 PARA PANELES.	Metro cuadrado (m2) o Unidad (Und.)

Forma de medición
En todos los casos se medirá el área neta de cielorraso a ejecutarse comprendida entre las caras laterales de las paredes o vigas que la limitan.
Si resulta conveniente tanto los elementos de suspensión como los paneles pueden medirse por piezas.
La unidad comprende los elementos de suspensión de la armazón, como alambres, hierro, etc. Si la armazón del cielorraso exigiera un sostén especial constituido por una estructura metálica o de madera independiente del techo, el cómputo de dicha

estructura se hará por separado, incluyéndose en las diversas partidas de esta Norma Técnica concerniente a esas estructuras.

OE.3.4 PISOS Y PAVIMENTOS

Se denomina piso al acabado final de una superficie destinada especialmente al tránsito de personas, efectuado sobre el suelo natural o la parte superior de techos y que proporciona a la vez firmeza y belleza.

Incluye los pavimentos que son superficies de tránsito vehicular, porque frecuentemente las obras de edificación tienen áreas de circulación interna para vehículos, como estacionamiento, pistas, etc. así como veredas, destinadas al tránsito de peatones.

OE.3.4.1 CONTRAPISOS

El contrapiso, efectuado antes del piso final sirve de apoyo y base para alcanzar el nivel requerido, proporcionando la superficie regular y plana que se necesita especialmente para pisos pegados u otros.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

El área del contrapiso será la misma que la del piso al que sirve de base.

Para ambientes cerrados se medirá el área comprendida entre los muros sin revestir. Para ambientes libres se medirá el contrapiso que corresponda a la superficie a la vista del piso respectivo.

En todos los casos no se descontarán las áreas de columnas, huecos, rejillas, etc., inferiores a 0,25 m^2.

En el metrado se consideran en partidas independientes los contrapisos de espesores y acabados diferentes.

OE.3.4.2 PISOS

El trabajo incluye los materiales y mano de obra necesarios para la ejecución total del piso.

Unidad de Medida

OE.3.4.2.1	**LOSETA CORRIENTE**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.2	**LOSETA VENECIANA**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.3	**LOSETA TIPO CORCHO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.4	**LOSETA DE MÁRMOL RECONSTRUIDO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.5	**LOSETAS DE CANTO RODADO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.6	**LOSETAS DE ACABADOS ESPECIALES**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.7	**BALDOSA ASFÁLTICA**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.8	**BALDOSA VINÍLICA**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.9	**TERRAZO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.10	**MÁRMOL**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.11	**MAYÓLICA**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.12	**PEPELMA**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.13	**CANTOS RODADOS**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.14	**GRANITO LAVADO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.15	**LAJA**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.16	**MADERA MACHIHEMBRADA**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.17	**PARQUET**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.18	**IMITACIÓN MADERA**	Metro cuadrado (m^2).

OE.3.4.2.19	**PISOS LAMINADOS**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.20	**PORCELANATOS**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.4.2.21	**CERÁMICOS**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.4.2.22	**LOSETAS DE CEMENTO**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.4.2.23	**OTROS**	Metro cuadrado (m2).

Forma de medición

Para ambientes cerrados se medirá el área comprendida entre los muros sin revestir. Para ambientes libres se medirá la superficie señalada en los planos o especificaciones.

En todos los casos no se descontarán las áreas de columnas, huecos, rejillas, etc., inferiores a 0,25 m^2.

En el metrado deben figurar en partidas independientes los pisos diferentes, por su calidad, tamaño, tipo, mortero de base, etc.

OE.3.4.3 PISOS DE CONCRETO

El piso de concreto es similar al falso piso (ver OE.2.2 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE) con la diferencia de que este recibirá un acabado que puede ser alisado, alisado y coloreados, alisado y bruñado, alisado coloreado y bruñado por lo que será diferenciada la partida en cada caso.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Se medirá la superficie señalada en los planos o especificaciones.

En todos los casos no se descontarán las áreas de columnas, huecos, rejillas, etc., inferiores a 0,25 m^2.

OE.3.4.4 ACABADO DE CONCRETO EN PISOS

El acabado del concreto en pisos puede ser alisado, alisado y coloreados, alisado y bruñado, alisado coloreado y bruñado por lo que será diferenciada la partida en cada caso.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Se medirá la superficie señalada en los planos o especificaciones.

En todos los casos no se descontarán las áreas de columnas, huecos, rejillas, etc., inferiores a 0,25 m^2.

OE.3.4.5 SARDINELES

Sardinel es la faja de ladrillos, de concreto o piedra, que forma el borde de una vereda, pista, jardín, etc. pudiendo ser parte o independiente del piso.

Unidad de Medida

Metro (m).

Forma de medición

Se medirán por su longitud efectiva, considerando en los ochavos de las esquinas, sean curvas o rectas, la longitud de la cara exterior.

La unidad incluirá la excavación y el revestimiento de sus partes visibles, solo cuando forme parte de un piso de acabado igual, como en el caso de veredas. En caso contrario deberá desglosarse su metrado figurando en las diversas partidas del presupuesto.

OE.3.4.6 VEREDAS

Son vías destinadas al tránsito de peatones, ubicadas generalmente a los lados de las pistas y junto al paramento de viviendas, así como en las áreas de edificación, parques, etc.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Las veredas se medirán por la superficie a la vista, sin considerar sardinel m^2

En la unidad no se incluirá la preparación del terreno, que deberá figurar en las partidas correspondientes de esta Norma Técnica. Las veredas con materiales y características diferentes deben figurar en partidas independientes.

OE.3.4.7 PISTAS

Zona dedicada al tránsito vehicular. Aunque constituye una especialidad distinta a la construcción de edificios, sí se incluye en esta partida, porque frecuentemente las obras de edificación tienen áreas de circulación interna, como garajes, playas de estacionamiento, patios de fábrica, etc. Las pistas con materiales y características diferentes deben figurar en partidas independientes.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Se medirá la superficie señalada en los planos o especificaciones.

En las superficies irregulares se calculará el área en función de su forma. Las superficies adicionales correspondientes a los encuentros entre los tramos longitudinales y transversales y las curvas que los unen, se medirán por separado, calculando el área en función de su forma. Los pavimentos de espesor diferente u otras características se considerarán en partidas independientes.

Los trabajos de movimientos de tierra, sub- base y base, se incluirán en las partidas correspondientes del presupuesto.

OE.3.4.8 SOBREPISO O PISO TÉCNICO

Son áreas dedicadas al tránsito de personas, bajo el cual se alojan diferentes instalaciones eléctricas, de comunicaciones y/o de aire acondicionado.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Se medirá la superficie señalada en los planos o especificaciones.

En las superficies irregulares se calculará el área en función de su forma. Comprende la provisión de los postes que definirán la tipología para organizarlos por diferentes alturas; las baldosas con base metálica y recubrimiento. Las

instalaciones internas serán metradas en las partidas correspondientes a cada especialidad

OE.3.5 ZOCALOS Y CONTRAZÓCALOS

OE.3.5.1 ZOCALOS

Por zócalo se entiende el recubrimiento de la parte inferior de los paramentos verticales, generalmente por razones de ornato unido a un uso especial.
Los zócalos pueden ser o no salientes del paramento terminado del muro o elemento vertical y pueden llevar o no contrazócalo.
Los zócalos pueden llevar piezas especiales esto es, contrazócalos terminales, media caña interior, media caña exterior, molduras, etc.
Comprende todos los trabajos y materiales necesarios para recubrir los zócalos o revestimiento con el material indicado. Pueden llevar piezas especiales.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de Medida
OE.3.5.1.1	**PEPELMA**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.2	**MÁRMOL**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.3	**GRANITO ARTIFICIAL**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.4	**DE CEMENTO SIMPLE**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.5	**DE CANTOS RODADOS**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.6	**DE MADERA**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.7	**DE PLANCHAS PLÁSTICAS**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.8	**DE LADRILLOS DECORATIVOS**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.9	**REVESTIMIENTO ESPECIALES**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.10	**PORCELANATO**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.11	**CERÁMICO**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.12	**ALUMINIO**	Metro cuadrado (m2).
OE.3.5.1.13	**OTROS**	Metro cuadrado (m2).

Forma de medición

En el cómputo se tomará el área realmente ejecutada y cubierta por las piezas planas, por consiguiente agregando el área de derrames y sin incluir la superficie de las piezas especiales de remate. Si la superficie a revestir es rectangular, el área se obtendrá multiplicando la longitud horizontal por la altura correspondiente, midiéndose esta desde la parte superior del contrazócalo, si hubiera, hasta la parte inferior de la moldura o remate, las piezas especiales, como son los contrazócalos, molduras, remates, medias cañas, etc., deben figurar en partidas independientes en metros lineales (m).

OE.3.5.2 CONTRAZOCALOS

Se entiende como contrazócalo, el remate inferior de un paramento vertical.
En forma convencional se considera contrazócalo todo zócalo cuya altura sea inferior a 30 cm.
Los contrazócalos pueden ser prefabricados, o vaciados in situ a base de cemento gris o blanco, u otros materiales variables en longitud, color y otras características, de acuerdo a las cuales deben medirse en partidas independientes.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de Medida
OE.3.5.2.1	**LOSETA**	Metro (m).

OE.3.5.2.2	**GRANITO VACIADO EN OBRA**	Metro (m).
OE.3.5.2.3	**CEMENTO**	Metro (m).
OE.3.5.2.4	**VINÍLICO**	Metro (m).
OE.3.5.2.5	**ALUMINIO**	Metro (m).
OE.3.5.2.6	**MÁRMOL**	Metro (m).
OE.3.5.2.7	**MADERA**	Metro (m).
OE.3.5.2.8	**PORCELANATO**	Metro (m).
OE.3.5.2.9	**CERÁMICO**	Metro (m).
OE.3.5.2.10	**ACERO INOXIDABLE**	Metro (m).
OE.3.5.2.11	**OTROS**	Metro (m).

Forma de medición

Se medirá su longitud efectiva en todas las paredes, columnas u otros elementos que los lleven de acuerdo con las especificaciones de arquitectura. En consecuencia para obtener la medida de contrazócalos de un ambiente, se mide el perímetro total, se descuenta la medida de umbrales de puertas o de otros vanos pero se agrega la parte de contrazócalo que va en los derrames de 5 a 10 cm. por derrame en la mayoría de los casos.

OE.3.6 COBERTURAS

Comprende todos los materiales, herramientas, equipo y mano de obra necesarios para el recubrimiento de parte superior de un techo de cualquier material (especialmente de losa de concreto o techo de madera) con propósito de revestimiento y/o impermeabilización.

Aunque el revestimiento y la impermeabilización pueden efectuarse en techos inclinados u horizontales, con mayor frecuencia se aplican a techos horizontales que llevan ligeras pendientes para drenaje, generalmente no superiores de 2%.

Los trabajos de drenaje para aguas pluviales se incluyen en las partidas de "elementos para aguas pluviales" o en las partidas respectivas de instalación sanitaria.

Consiste en el recubrimiento exterior del techo para protegerlo de la lluvia y como aislamiento térmico.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de Medida
OE.3.6.1	**COBERTURA DE TORTA DE BARRO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.6.2	**LADRILLO PASTELERO SOBRE TORTA DE BARRO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.6.3	**LADRILLO PASTELERO SOBRE MORTERO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.6.4	**MATERIAL IMPERMEABILIZANTE**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.6.5	**RECUBRIMIENTOS SOBRE ESTRUCTURAS DE MADERA, METAL, ETC.**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.6.6	**RECUBRIMIENTOS CON PLANCHAS METÁLICAS**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.6.7	**RECUBRIMIENTOS CON PANELES TERMO-ACÚSTICOS**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.6.8	**RECUBRIMIENTOS DE MANTO ASFÁLTICO**	Metro cuadrado (m^2).
OE.3.6.9	**OTROS**	Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Se medirá el área neta ejecutada sin descontar luces o huecos de áreas menores de 0,50 m^2.

OE.3.7 CARPINTERIA DE MADERA

Se incluye los elementos de madera que son por lo general elaborados en taller, recibiendo un proceso completo de industrialización y que sólo requieren ser

colocados en obra tal como han sido fabricados, como por ejemplo las puertas, ventanas, muebles, etc., o puede tratarse de materiales que deben recibir un proceso de transformación en obra, corno por ejemplo tabiques, divisiones, etc. En todos los casos deberá indicarse la calidad de la madera empleada.

OE.3.7.1 PUERTAS

La unidad comprende el elemento en su integridad es decir, incluyendo el marco, hoja, jamba, junquillos, etc.; así como su colocación. La unidad también comprende la colocación de la cerrajería salvo que las especificaciones indiquen lo contrario.

Unidad de Medida

Unidad (Und.) o metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Para el cómputo debe contarse la cantidad de piezas iguales en espesor de hojas, dimensiones y demás características que irán en partidas separadas.

OE.3.7.2 VENTANAS

Son elementos que no permiten el tránsito, sino el paso de luz y ventilación y le corresponde todo lo indicado en OE.3.7.1 PUERTAS aplicable a ventanas.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

Lo indicado en OE.3.7.1 PUERTAS.

OE.3.7.3 PERSIANAS DE MADERA

Son elementos con tablillas inclinadas que protegen de la entrada directa del sol, le corresponde todo lo indicado en OE.3.7.1 PUERTAS aplicable a persianas.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

Todo lo indicado en OE.3.7.1 PUERTAS.

OE.3.7.4 MAMPARAS

Llamamos mamparas al elemento de cristales o vidrio provisto o no de marcos de madera que llega hasta el piso, cerrando un vano o separando un ambiente pudiendo tener o no una o más puertas. Le corresponde todo lo indicado en OE.3.7.1 PUERTAS.

Unidad de Medida

Unidad (Und.) o Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Todo lo indicado en OE.3.7.1 PUERTAS.

OE.3.7.5 FORRO DE VANOS

Se refiere al revestimiento de los derrames de vanos libres, es decir, aquellos que no llevan puertas, ventanas, etc.
La unidad comprende el forro de su perímetro, así como los elementos complementarios como jambas, contrazócalos, etc.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
Se contará el número de vanos de iguales dimensiones y características, incluso la calidad de la madera. En el metrado se agruparán en partidas independientes los vanos con dimensiones y acabados diferentes.

OE.3.7.6 DIVISIONES PARA SERVICIOS HIGIÉNICOS

Son divisiones que por lo general no llegan hasta el piso y separan los diferentes aparatos sanitarios, especialmente los inodoros.
La unidad comprende el trabajo en su integridad con colocación de revestimientos, elementos de unión, anclajes, hojas movibles, etc.; incluyen la colocación de cerrajería (jaladores, bisagras, cerrojos).

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2) o metro (m).

Forma de medición
El cómputo total se obtendrá midiendo el área de las divisiones o si se prefiere la longitud horizontal. En el metrado se agruparán en partidas independientes, las divisiones con acabados y alturas diferentes.

OE.3.7.7 DIVISIÓN ORNAMENTAL DE AMBIENTES

Son divisiones que separan ambientes pero dando mayor prioridad al aspecto decorativo. La unidad comprende el trabajo en su integridad con el suministro y colocación de revestimientos, elementos de anclaje, piezas decorativas, etc.

Unidad de Medida
Unidad (Und.) o metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
En la indicación de la pieza a construirse se anotarán las medidas exteriores del alto y ancho como referencia.
El cómputo puede referirse al área de la división si el diseño es igual en toda su superficie.

OE.3.7.8 TABIQUES DE MADERA

Se refiere especialmente a los tabiques que tienen un entramado o armazón central que recibe un forro en una o las dos caras y más propiamente con funciones de pared. La unidad comprende el suministro y colocación de todos los elementos para dejar el trabajo íntegramente terminado.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
El cómputo se efectuará midiendo el área que ocupa el tabique.

OE.3.7.9 ESCALERAS DE MADERA

Comprende las escaleras de madera de cualquier diseño, incluyéndose el suministro y colocación del armazón resistente, elementos de unión, anclaje, peldaños, descansos, contrazócalos, etc.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo de escaleras se hará por piezas que incluye los peldaños y descansos, con excepción de la baranda; cada pieza la forman los tramos y descansos necesarios para llegar de un nivel al inmediato.

OE.3.7.10 BARANDAS

Comprende las barandas para escaleras, balcones, galerías, etc. La unidad incluye el pasamano y demás elementos complementarios, así como su colocación.

Unidad de Medida

Metro (m).

Forma de medición

El cómputo de barandas se obtendrá midiendo la longitud total. Se agruparán en partidas independientes las barandas de diseño diferente.

OE.3.7.11 PASAMANOS AISLADOS

En ocasiones se requieren pasamanos aislados, por ejemplo encima de barandas de ladrillo o simplemente adosadas a un muro. En este caso la unidad comprende todos los elementos de fijación, así como su colocación.

Unidad de Medida

Metro (m).

Forma de medición

El cómputo de pasamanos aislados se obtendrá midiendo la longitud total. Se agruparán en partidas independientes los que tengan diseños diferentes.

OE.3.7.12 MUEBLES DE COCINA Y SIMILARES

Se refiere a los muebles que van en la cocina, laboratorios, etc., a una altura adecuada. La unidad comprende el mueble terminado y colocado, incluyendo el suministro y colocación de la cerrajería.

Unidad de Medida

Unidad (Und.) o metro (m).

Forma de medición

Al indicar cada pieza en el metrado se anotarán su longitud como referencia.
El cómputo también puede efectuarse midiendo la longitud del mueble pero agrupando por separado los que tienen diseño diferente.

OE.3.7.13 VITRINAS

Son muebles construidos con propósitos de exhibición de los objetos que los ocupan, llevando vidrios o cristales.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
El cómputo se efectuará por piezas de tipos diferentes.

OE.3.7.14 CLOSET

Se refiere a la vestidura total del closet incluidas sus puertas. La unidad comprende el revestimiento de los muros, la cajonería en anaqueles, perchas, barras para colgar, bastidores para zapatos, etc., así como el suministro y colocación de cerrajería.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
El cómputo se efectuará por piezas de diseño y acabados diferentes.

OE.3.8 CARPINTERÍA METÁLICA Y HERRERÍA

Incluye el cómputo de todos los elementos metálicos que no tengan función estructural o resistente. Dentro de esta variedad reviste la mayor importancia la carpintería metálica, bajo cuyo nombre quedan incluidas las puertas, ventanas y estructuras similares que se ejecutan con perfiles especiales y planchas de acero, aluminio, bronce, etc. El uso de ángulos, tees, etc. que requieren de ensamblaje especial le da el nombre de carpintería metálica. También comprende la herrería o sea los elementos hechos con perfiles comunes de fierro como barras cuadradas, redondas, platinas, etc.

OE.3.8.1 VENTANAS DE FIERRO

Comprende las ventanas de fierro ejecutadas con ángulos, tees y perfiles similares, a las que se puede o no, aplicar varillas de seguridad contra robos.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2) o Unidad (Und.).

Forma de medición
El cómputo total se obtendrá sumando las áreas de cada ventana, cuando sea de diseño y características similares.
Si las ventanas, tienen diferentes características el cómputo se efectuará por piezas.

OE.3.8.2 PUERTAS DE FIERRO

Comprende las puertas de fierro ejecutadas en ángulos, tees y perfiles similares a las que se puede o no colocar varillas metálicas para seguridad contra robos.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2) o Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo total se obtendrá sumando las áreas de cada puerta cuando sean de diseño y características similares.

Si las puertas tienen diferentes características el cómputo se efectuará por piezas.

OE.3.8.3 MAMPARAS DE FIERRO

Llamamos mamparas al elemento de cristal o vidrio con marco de fierro que llega hasta el piso, cerrando un vano o separando un ambiente pudiendo tener o no una o más puertas. Comprende las mamparas de fierro ejecutadas con ángulos, tees y perfiles similares a las que se pueden o no aplicar varillas metálicas para seguridad contra robos.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2) o Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo total se obtendrá sumando el área de cada mampara cuando sean de diseño y características similares.

Si las mamparas tienen características diferentes, el cómputo se efectuará por piezas.

OE.3.8.4 VENTANAS DE ALUMINIO

Comprende las ventanas ejecutadas con perfiles especiales de aluminio. Pueden llevar o no elementos de aluminio para seguridad contra robos.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2) o Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo total se obtendrá sumando el área de cada ventana cuando sean de diseño y características similares.

Si las ventanas tienen características diferentes, el cómputo se efectuará por piezas.

OE.3.8.5 PUERTAS DE ALUMINIO

Todo lo indicado en OE.3.8.4 VENTANAS DE ALUMINIO (pero aplicado a puertas).

OE.3.8.6 MAMPARAS DE ALUMINIO

Llamamos mampara al elemento con vidrios con marcos de aluminio que llega hasta el piso, cerrando un vano o separando un ambiente pudiendo tener o no una o más puertas. Comprende las mamparas ejecutadas con perfiles especiales de aluminio que pueden llevar o no elementos de aluminio para seguridad contra robos.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2) o Unidad (Und.).

Forma de medición

Todo lo indicado en OE.3.8.4 VENTANAS DE ALUMINIO aplicado a mamparas.

OE.3.8.7 CELOSÍAS DE ALUMINIO

Son piezas movibles y angostas que sirven para regular el paso de la luz y ventilación, instaladas entre guías laterales con manubrios para el movimiento de las celosías.

Unidad de Medida

Unidad (Und.)

Forma de medición

El cómputo total se obtendrá contando el número de celosías de igual longitud.

OE.3.8.8 CORTINAS ENROLLABLES DE FIERRO

Son puertas o ventanas que se abren y cierran enrollándose sobre un -eje pudiendo llevar láminas que cierran completamente el vano o elementos que permitan observar al otro lado, lo que se denomina «tipo exposición». La unidad incluye postigos, puerta, parantes.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2) o Unidad (Und.).
Postigos (Und.).

Forma de medición

El cómputo se obtendrá calculando la superficie del vano a cubrir multiplicando el ancho por la altura. Cuando se trata de puertas la altura es la distancia entre el piso y el dintel; y en el caso de ventanas entre el alfeizar y el dintel.
Para cortinas de diseño diferentes el cómputo puede efectuarse por piezas. Se tendrá en cuenta metrar independientemente los postigos.

OE.3.8.9 PUERTAS PLEGABLES DE FIERRO

Comprende las puertas de fierro que se pliegan en los costados verticales del vano.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

El cómputo se obtendrá contando el número de piezas iguales en dimensiones y características agrupándose en forma independientemente.

OE.3.8.10 PUERTAS DE PLANCHA METÁLICA

Son aquellas puertas donde toda la superficie está cubierta con planchas metálicas. La unidad incluye adornos y demás accesorios.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

Todo lo indicado en OE.3.8.9 PUERTAS PLEGABLES DE FIERRO.

OE.3.8.11 PUERTAS DE FIERRO Y MALLA

Comprende las puertas confeccionadas con tubo de fierro y/o perfiles que perciben una malla metálica en su superficie.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
Todo lo indicado en OE.3.8.9 PUERTAS PLEGABLES DE FIERRO.

OE.3.8.12 DIVISIÓN DE PLANCHA DE ACERO GALVANIZADO PARA SERVICIOS HIGIÉNICOS

Son divisiones metálicas que por lo general no llegan hasta el piso y separan los diferentes aparatos sanitarios, especialmente los inodoros.
La unidad comprende el trabajo en su integridad, con elementos de unión, anclaje, hojas movibles, etc., incluyendo colocación de cerrajería.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2) o metro (m).

Forma de medición
El cómputo total se obtendrá midiendo el área de las divisiones o si se prefiere la longitud. En el metrado se agruparán en partidas independientes las divisiones con acabados y alturas diferentes.

OE.3.8.13 DIVISIÓN DE ALUMINIO PARA SERVICIOS HIGIÉNICOS

Son divisiones con bastidores de aluminio y planchas de vidrio, acrílico o similar y separan los diferentes aparatos sanitarios, especialmente las duchas.

Unidad de Medida
Metro Cuadrado (m^2) o Metro (m).

Forma de medición
El cómputo total se obtendrá midiendo el área de las divisiones o si se prefiere la longitud.

OE.3.8.14 BARANDAS METÁLICAS

Comprende las barandas para escaleras, balcones, galerías, etc. La unidad incluye el pasamano, cuando este sea metálico, los pilares de apoyo, adornos y demás elementos de fijación.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
Se medirá la longitud de las barandas agrupándose en partidas independientes, cuando fueran diseños diferentes y materiales diversos.

OE.3.8.15 PASAMANOS AISLADOS

En ocasiones se requieren pasamanos aislados, por ejemplo encima de barandas de ladrillo o adosadas a un muro.

En este caso la unidad comprende los elementos de fijación, así como la colocación.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
El cómputo de pasamanos aislados se obtendrá midiendo la longitud total. Se agruparán en partidas independientes los que tengan diseños diferentes.

OE.3.8.16 CERCOS DE FIERRO

Se refiere a los cercos ejecutados con ángulos, tees y perfiles similares, pudiendo llevar o no una cobertura de malla metálica. La unidad incluye los pilares o refuerzos intermedios necesarios así como anclajes y demás accesorios.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
Para el cómputo se tomará la longitud corrida del acero, que incluye pilares y demás elementos. Los portones y sus respectivos pilares, cuando sean distintos a los del cerco, se considerarán aparte en la partida de puertas que les corresponda en la presente Norma Técnica.

OE.3.8.17 ESCALERAS METÁLICAS

Son escaleras metálicas ejecutadas en vuelta, de allí su nombre de caracol. La unidad incluye los peldaños, barandas, elementos de fijación y todo lo necesario para la terminación total de la escalera.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Se contará cada escalera en particular debido a las dimensiones y características especiales de cada una.

OE.3.8.18 ELEMENTOS METÁLICOS ESPECIALES

Se refiere a elementos metálicos varios de cualquier tipo, como rejillas para sumideros, tapas metálicas, marcos, etc., que incluye los aditamentos necesarios para su colocación.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Se contará el número de piezas iguales en dimensiones y características, agrupándose en partidas diferentes.

OE.3.9 CERRAJERÍA

Se considera el cómputo de los elementos accesorios de los que figuran en carpintería de madera y carpintería metálica, destinados a facilitar el movimiento de las hojas y dar seguridad al cierre de puertas, ventanas y elementos similares.
En forma usual, el costo de colocación de la cerrajería común está incluido en la carpintería; para cerrajería especial se contrata la colocación con el mismo proveedor y por último hay casos en que ésta es una labor completamente independiente.
Por ser muy abundante los tipos de cerrajería existentes en el mercado se da a continuación una relación con propósito de ayuda mental, no limitativa, que puede aumentarse libremente con otros elementos.

OE.3.9.1 BISAGRAS

Es el cómputo de dos planchitas de metal articuladas, sujetas al marco (o elemento fijo) y a la hoja (o elemento batiente) respectivamente. Sirve generalmente para cerrar y abrir una puerta, ventana, etc., a un solo lado. Las bisagras consideradas son de muchos tipos, como fijas, capuchinas, etc. y de diferentes materiales: fierro, aluminio, etc.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo se contará el número de piezas iguales en dimensiones y características, agrupándose en partidas diferentes.

OE.3.9.2 CERRADURAS

Son mecanismos que sirven para asegurar el cierre de puertas, ventanas, etc. Las hay de muy diversos tipos, como de parche, es decir, simplemente adosadas al costado de la hoja; de embutir o sea empotradas en la hoja, etc. también se les determina cerraduras.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo se contará, el número de piezas iguales en dimensiones y características, agrupándose partidas diferentes.

OE.3.9.3 SISTEMAS O MECANISMOS

Son elementos más perfeccionados que sirven para facilitar el movimiento de las hojas y su seguridad. El sistema consta de varios accesorios diferentes que en conjunto constituyen lo que se llama "juego", que se toma como unidad.

Unidad de Medida
Juego (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo se contará el número de juegos iguales en características.

OE.3.9.4 ACCESORIOS DE CIERRE

Son elementos de operación muy simple que se aplican a las puertas, ventanas, etc., para asegurar el cierre: picaportes, tarjetas, sapitos, cerrojos, etc.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo se contará el número de piezas de dimensiones y características diferentes, agrupadas en partidas independientes.

OE.3.9.5 ACCESORIOS EN GENERAL

Se refiere a cualquier tipo de accesorios de operación simple no comprendidos en otras partidas, de los cuales se mencionan algunos como ejemplo: topes, agarradera, pasadores, etc.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Todo lo indicado en OE.3.9.4 ACCESORIOS DE CIERRE.

OE.3.9.6 CERRAJERÍA PARA MUEBLES

Extensión del Trabajo
Aunque es norma general que el suministro y colocación de la cerrajería para muebles de cocina u otros, esté incluido en el costo del mueble, se menciona aquí en forma separada para casos especiales en que el suministro sea independiente.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo se contarán separadamente las piezas de distinto uso como bisagras, chapas, agarraderas, topes, correderas, etc. agrupándose en partidas independientes de acuerdo a sus dimensiones, tipo y características.

OE.3.10 VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES

Comprende la provisión y colocación de vidrios, cristales, vitraux, etc.; para puertas, ventanas, mamparas y otros elementos donde se especifica el espesor, calidad, tipo, etc. incluyendo a la unidad todos los elementos necesarios para su fijación, como ganchos, masilla, junquillos, etc.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

Se obtiene el área de cada sector a cubrir ya sea en ventana o mampara. Se deberá diferenciar en partidas independientes según espesor y calidad de vidrio o cristal considerado.

OE.3.10.1 ESPEJOS

Son piezas que reflejan la imagen del objeto colocado delante.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo se efectuará por número de piezas iguales, anotándose en cada caso las dimensiones del espejo y la calidad del mismo.

OE.3.10.2 VITRAL

Son piezas donde se aprovecha el vidrio en colores para obtener figuras muy llamativas.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo se efectuará por número de piezas iguales, anotándose en cada caso las dimensiones del vitral.

OE.3.10.3 BLOQUES DE VIDRIO

Son piezas de vidrio, acrílico o similar, que se colocan generalmente para permitir una mejor iluminación de ambientes o eventualmente decorativos.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo se efectuará por número de piezas iguales, anotándose en cada caso las dimensiones y calidad del elemento.

OE.3.11 PINTURA

Comprende todos los materiales y mano de obra necesarios para la ejecución de los trabajos de pintura en la obra (paredes, cielorrasos, contrazócalos, revestimientos, carpintería, etc.). Las partidas serán diferenciadas según el tipo de pintura y calidad de la pintura y el acabado especificado. El análisis de precios unitarios incluirá la preparación de la superficie, la imprimación, la clase de pintura, el número manos y la provisión de todos los materiales requeridos, así como la mano de obra.

OE.3.11.1 PINTURA DE CIELOS RASOS, VIGAS, COLUMNAS Y PAREDES

Comprende el trabajo de pintura para los elementos considerados.

Unidad de Medida.

Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

Se medirán las áreas netas a pintarse, las que deberán estar concordante con revoque y enlucidos y estarán diferenciadas por el tipo de pintura

OE.3.11.2 PINTURA DE PUERTAS.

Unidad de Medida.

Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

Las áreas de pintado corresponderán a las dos caras de las puertas. Se diferenciará por tipo de pintura.

OE.3.11.3 PINTURA DE VENTANAS.

Unidad de Medida.

Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

Las áreas de pintado corresponderán a las dos caras de las ventanas. Se diferenciará por tipo de pintura.

OE.3.11.4 PINTURA DE ENCHAPES.

Unidad de Medida.

Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

Las áreas de pintado corresponderán a la superficie neta a pintar. Se diferenciará por tipo de pintura.

OE.3.11.5 PINTURA DE CONTRAZÓCALOS Y BARANDAS.

Unidad de Medida.

Metro (m)

Forma de medición

Se computará el total de las longitudes de contrazócalos y barandas respectivamente. Se diferenciará por tipo de pintura.

OE.3.11.6 PINTURA DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.

Unidad de Medida.

Metro (m^2)

Forma de medición

Se medirán las áreas netas a pintarse y estarán diferenciadas por el tipo de pintura

OE.3.12 VARIOS, LIMPIEZA, JARDINERÍA

Comprende todos aquellos trabajos no mencionados específicamente en las normas y que por su naturaleza no pueden comprenderse en los conceptos de las demás partidas, por ello la relación que se da es simplemente enumerativa y no limitativa, pudiéndose agregarse otras subpartidas.

Se mencionan especialmente trabajos de limpieza y de jardinería y en muchos de ellos la apreciación del costo es de carácter global.

OE.3.12.1 LIMPIEZA PERMANENTE DE OBRA

Se refiere al trabajo de limpieza que debe efectuarse durante todo el transcurso de la obra eliminando especialmente desperdicios. Su apreciación puede realizarse por el número de personas dedicadas en forma permanente a esta labor es decir por hora- hombre que al final se traduciría en una cifra global de costo.

Unidad de Medida
Global (Glb.)

Forma de medición
Aunque se puede estimar las horas ocupadas en la partida, como resultado final se acepta una cifra global de costos.

OE.3.12.2 LIMPIEZA FINAL

Para la entrega final de obra, se realiza un trabajo completo de limpieza de pisos, zócalos, etc., es decir, especialmente en obras de acabado, con personal numeroso que debe ejecutar la labor en pocos días.
Puede apreciarse el número de personal dedicado a esta labor en un número fijo de días, es decir horas-hombre utilizadas aunque se prefiere una cifra de costo estimado global.

Unidad de Medida
Global (Glb.)

Forma de medición
Aunque se puede estimar las horas-hombre ocupadas en la partida, como resultado final se acepta una cifra global de costos.

OE.3.12.3 LIMPIEZA DE VIDRIOS

Este trabajo de limpieza se considera en forma específica por ser un trabajo de especial cuidado.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
El cómputo se efectuará sumando las áreas de todos los elementos que llevan vidrio sin deducir el espesor del armazón en que están colocados. No se medirán las áreas cubiertas íntegramente por materiales distintos al vidrio.

OE.3.12.4 ENCERADOS DE PISOS

Comprende el encerado de pisos vinílicos, de parquet y cualquier otro tipo que lo requiera.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
Se determinará el área de pisos o encerar agrupándose en partidas diferentes si el grado de dificultad para ejecutar la labor es distinto.

OE.3.12.5 SEMBRÍO DE GRASS

Comprende la preparación final, limpieza de la superficie de capa vegetal, previamente nivelada, incluye esparcir abono y el sembrío de grass según el sistema indicado, sea en manojos o planchas.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
Se determinará el área efectiva sembrada, indicando el tipo de grass.

OE.3.12.6 TRABAJOS DE JARDINERÍA

Comprende los trabajos de jardinería en general como sembrío de setos, macizos, plantas, árboles, etc. En todos los casos se especificará la especie de la planta a sembrar.

Unidad de Medida
Metro (m) para setos, piezas para macizos, pieza para plantas ornamentales, pieza por sembrío de árboles.

Forma de medición
Para el cómputo de setos se medirá la longitud pero marcando además en el metrado la especie, el número de hileras a sembrar dentro del seto y el número de plantillas por metro de hilera.
Para macizos se fijará el área total, especificando además la especia y el número de plantas por metro cuadrado.

Para plantas ornamentales se contará la cantidad de piezas de una misma especie.
Para árboles se contará la cantidad de piezas de la misma especie y del mismo tamaño.

OE.3.13 OTROS

OE.3.13.1 PODIO DE CONCRETO

Es la base que sirve de apoyo para la colocación de equipos livianos, bases de closet y/o mobiliarios de cocina.

Unidad de Medida
Metro cúbico (m^3).

Forma de medición
El volúmen del podio será calculado multiplicando su superficie por su altura.

OE.4 INSTALACIONES SANITARIAS

OE.4.1 APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS

Descripción

Este rubro comprende el metrado de los aparatos sanitarios de baños, cocinas, lavanderías y de todo ambiente en donde se instalen inodoros, lavatorios, bidé, urinarios, tinas, duchas, lavaderos, etc., de diferentes materiales o características, tales como loza, acero inoxidable, fierro enlozado, granito, cromados, revestidos con mayólicas, etc.

También se incluyen los elementos complementarios al uso del aparato, es decir los accesorios como papeleras, ganchos, jaboneras, etc. y los materiales necesarios para dejar los aparatos y accesorios para su correcto funcionamiento.

OE.4.1.1 SUMINISTRO DE APARATOS SANITARIOS

Este rubro comprende el suministro o provisión del aparato sanitario.

Unidad de medida

Unidad (Und)

Forma de Medición.

El cómputo se efectuará por cantidad de unidades, figurando en partidas diferentes de acuerdo al tipo de material o características (tipo, clase, grifería, etc.). La unidad incluye todos los materiales necesarios para su correcto funcionamiento.

OE.4.1.2 SUMINISTRO DE ACCESORIOS

Este rubro comprende el suministro o provisión de accesorios.

Unidad de medida

Unidad (Und)

Forma de Medición.

El cómputo se efectuará por cantidad de unidades figurando en partidas diferentes de acuerdo al tipo de material o características. La unidad comprende los materiales necesarios para su correcto funcionamiento.

OE.4.1.3 INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS

Comprende el cómputo de aparatos sanitarios en referencia, únicamente a la mano de obra que lo instalará.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo se efectuará por cantidad de unidades, figurando en partidas diferentes de acuerdo al tipo de material, características o dificultad en su instalación.

OE.4.1.4 INSTALACIÓN DE ACCESORIOS

Comprende el cómputo de accesorios con referencia únicamente a la mano de obra que realiza la instalación.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
El cómputo se efectuará por cantidad de unidades, figurando en partidas diferentes de acuerdo al tipo de material, características o dificultad en su instalación.

OE.4.2 SISTEMA DE AGUA FRIA

Descripción
En este rubro se incluyen las redes de agua fría desde el punto de abastecimiento o conexión domiciliaria hasta los puntos de salida de los aparatos sanitarios.
Se incluye igualmente la instalación del sistema contra incendio y cualquier otro tipo de instalación de tuberías relacionado con el sistema de agua fría.
Como norma general, el metrado no incluye la conexión domiciliaria de agua. En casos de excepción, se considera el número de conexiones y diámetro de cada una.

OE.4.2.1 SALIDA DE AGUA FRÍA

Comprende el suministro e instalación de tuberías, accesorios y todos los materiales necesarios para su instalación dentro de un ambiente a partir del ramal de distribución hasta llegar al punto de salida, donde se conectará posteriormente el aparato sanitario.
Además, quedan incluidos en la unidad, los espacios libres dejados en la albañilería, su posterior relleno con concreto y la mano de obra para la instalación de las tuberías.

Unidad de Medida
Punto (Pto).

Forma de medición
Se contará el número de puntos de salida.

OE.4.2.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN

Comprende el suministro e instalación de tuberías, y todos los materiales necesarios para su instalación desde el ambiente donde se ubican los aparatos hasta las redes de alimentación.
Además comprende los canales en la albañilería, la excavación y relleno de zanjas y la mano de obra para la instalación de las tuberías.
En el caso de tuberías de diversos tipos de material deberán figurar como partidas independientes y de acuerdo a su diámetro.

Unidad de medida
Metro (m)

Forma de medición
El cómputo se ejecutará por metro lineal sin descontar la longitud de los accesorios.

OE.4.2.3 REDES DE ALIMENTACIÓN

Comprende el suministro e instalación de tuberías, y todos los materiales necesarios para su instalación, desde la conexión domiciliaria o algún tipo de almacenamiento de agua hasta las redes de distribución.

Además, comprende los canales en la albañilería, la excavación y relleno de zanjas y la mano de obra para la instalación.
En el caso de tuberías de diversos tipos de material deberán figurar como partidas independientes y de acuerdo a su diámetro.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
El cómputo se ejecutará por metro lineal sin descontar la longitud de los accesorios.

OE.4.2.4 ACCESORIOS DE REDES DE AGUA

Comprende el suministro e instalación de los accesorios para las redes de alimentación y distribución.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
El cómputo de accesorios se efectuará por cantidad de Unidades, agrupándose por tipo de material y diámetro.

OE.4.2.5 VÁLVULAS

Comprende el suministro e instalación de todos los mecanismos o elementos que se regulan el paso del agua.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
El cómputo se efectuará por cantidad de unidades, agrupándose por tipo de material y diámetro.

OE.4.2.6 ALMACENAMIENTO DE AGUA

Se refiere a las instalaciones que son destinadas para el almacenamiento de agua, y están constituidas principalmente por elementos pre fabricados de pequeños volúmenes, como es el caso de los depósitos de HDPE, fibra de vidrio, PVC, o de otro material.
No incluye las obras civiles.
Se debe precisar que para Cisternas y Reservorios, que involucra estructuras se deberán tratar de manera independiente las partidas que lo integran.

Unidad de Medida
Global (Glb).

Forma de medición
Estos elementos se metrarán de acuerdo a su forma, capacidad y tipo de material debiendo incluir las instalaciones que requieren para su funcionamiento tales como: accesorios, controladores de nivel, etc.

OE.4.2.7 EQUIPOS Y OTRAS INSTALACIONES

Ver partida OE.5.6 EQUIPOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS

OE.4.3 SISTEMA DE AGUA CALIENTE

Descripción

Se refiere a la distribución de agua caliente desde el equipo de producción a los aparatos sanitarios o puntos requeridos con o sin retorno de agua caliente. El sistema sin retorno se permite en instalaciones con calentadores individuales, el sistema con retorno se utiliza con la instalación de equipos centrales de agua caliente.

El sistema comprende equipo de producción, redes de distribución, accesorios, válvulas, varios, aislamiento y una serie de dispositivos de seguridad y control.

OE.4.3.1 SALIDA DE AGUA CALIENTE

Comprende el suministro e instalación de tuberías, accesorios y todos los materiales necesarios para su instalación dentro de un ambiente, a partir del ramal de distribución hasta llegar al punto de salida donde se conectará posteriormente el aparato sanitario.

Además, quedan incluÍdos en la unidad, los espacios libres dejados en la albañilería, su posterior relleno con concreto y la mano de obra para la instalación las tuberías.

Unidad de Medida

Punto (Pto).

Forma de medición

Se contará el número de puntos de salida.

OE.4.3.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE

Comprende el suministro e instalación de tuberías de agua caliente y todos los materiales necesarios para su instalación, desde el equipo de producción de agua caliente hasta el punto donde se ubica el aparato sanitario.

Además, comprende los canales en la albañilería, la excavación y relleno de zanjas y la mano de obra para la instalación de las tuberías.

En el caso de tuberías de distintos diámetros deberán figurar como partidas independientes

Unidad de Medida

Metro (m).

Forma de medición

El cómputo se ejecutará por metro sin descontar la longitud de los accesorios.

OE.4.3.3 ACCESORIOS DE REDES DE AGUA CALIENTE

Comprende el suministro e instalación de los accesorios para las redes de distribución de agua caliente.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo de accesorios se efectuará por cantidad de unidades, agrupándose por tipo de material y diámetro.

OE.4.3.4 VÁLVULAS

Comprende el suministro e instalación de todos los mecanismos o elementos que regulan el paso del agua caliente.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo se efectuará por cantidad de unidades, agrupándose por tipo de material y diámetro.

OE.4.3.5 EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE

Comprenden los calentadores de gas, eléctricos y solares incluyendo los accesorios, válvulas y dispositivos de seguridad y control.

Los equipos pueden ser individuales o equipos centrales de producción de agua caliente.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo se efectuará por cantidad de unidades agrupándose por tipo y capacidad.

OE.4.4 SISTEMA CONTRA INCENDIO

OE.4.4.1 REDES DE ALIMENTACIÓN

Extensión

Comprende el suministro e instalación de tuberías, y todos los materiales necesarios para su instalación.

Además, comprende para el caso de tuberías enterradas los canales en la albañilería, la excavación y relleno de zanjas y la mano de obra para la instalación de las tuberías, asimismo si las tuberías fueran aéreas o adosadas también se considerará los materiales y mano de obra para su instalación.

En el caso de tuberías de diversos tipos de material deberán figurar como partidas independientes y de acuerdo a su diámetro.

Unidad de Medida

Metro (m).

Forma de medición

El cómputo se ejecutará por metro sin descontar la longitud de los accesorios.

OE.4.4.2 ACCESORIOS

Comprende el suministro e instalación de los accesorios para las redes de alimentación

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo de accesorios se efectuará por cantidad de unidades, agrupándose por tipo de material y diámetro.

OE.4.4.3 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GABINETES CONTRA INCENDIO

Comprenden los gabinetes contra incendio del tipo A o B empotrados o adosados para pared según sea el caso y constaran de una caja metálica, incluye válvula, accesorios, manguera de lona, accesorios, etc.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
El cómputo se efectuará por cantidad de unidades agrupándose por tipo.

OE.4.4.4 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE JUNTA ANTISÍSMICA

Las juntas antisísmicas consisten en un arreglo de codos ranurados y acoples flexibles, por lo tanto deberán cumplir estos con la especificación señalada para acoples ranurados

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
El cómputo se efectuará por cantidad de unidades agrupándose por dimensión.

OE.4.4.5 VÁLVULAS DE SISTEMA CONTRA INCENDIO

Extensión
Comprende el suministro e Instalación de las siguientes válvulas: Siamesa Tipo Poste, Hidrante Tipo Poste Barril Seco y Válvula Check ranurada para Siamesa, Válvula OS&Y, válvula de alivio, válvula mariposa entre otras.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
El cómputo se efectuará por cantidad de unidades agrupándose por tipo y dimensión.

OE.4.4.6 INSTALACIONES ESPECIALES

Se refiere a los accesorios y/o instalaciones tales como: rociadores, soportes, acoples, etc los cuales se utilizan dependiendo del tipo de sistema contra incendio a emplearse.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
El cómputo se efectuará por cantidad de unidades agrupándose por tipo y dimensión.

OE.4.5 SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

Descripción

En este rubro se incluyen: canaletas, rejillas, sumideros, y tuberías que recolectan el agua proveniente de las precipitaciones pluviales que caen sobre techos, terrazas, patios y zonas pavimentadas de una edificación y las evacuan a jardines. Si no es posible su evacuación a estas zonas deberá realizarse su evacuación hacia el sistema de drenaje exterior o de la calzada.

En los casos que las tuberías o canaletas que recolectan las aguas de lluvia no puedan descargar por gravedad deberán proveerse de un tanque recolector y un sistema de bombeo para su descarga automática similar al bombeo de aguas residuales.

OE.4.5.1 RED DE RECOLECCIÓN

Comprende el suministro e instalación de tuberías o canaletas, y todos los materiales necesarios para su instalación.

En el caso de tuberías de diversos tipos de material deberán figurar como partidas independientes y de acuerdo a su diámetro.

Unidad de Medida

Metro (m).

Forma de medición

El cómputo se ejecutará por metro lineal sin descontar la longitud de los accesorios.

OE.4.5.2 ACCESORIOS

Comprende el suministro e instalación de los accesorios para las redes de recolección de aguas de lluvia.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo de accesorios se efectuará por cantidad de unidades, agrupándose por tipo de material y diámetro.

OE.4.6 DESAGÜE Y VENTILACIÓN

Descripción

En este rubro se incluyen las redes interiores y exteriores de desagüe y de ventilación.

Las redes de evacuación de desague comprenden las derivaciones, montantes o bajantes y los colectores. Las tuberías de ventilación están constituidas por tuberías que acometen a la red interna de desagüe cerca de las trampas, estableciendo una comunicación con el aire exterior, y constan igualmente, de derivaciones y columna de ventilación.

OE.4.6.1 SALIDAS DE DESAGÜE

Comprende el suministro e instalación de tuberías, accesorios y todos los materiales necesarios dentro de un ambiente a partir del ramal de derivación, hasta llegar al punto de entrada del desagüe, donde se conectará posteriormente el aparato sanitario

Además, quedan incluidos en la unidad, los espacios libres dejados en la albañilería, su posterior relleno con concreto y la mano de obra para la instalación de las tuberías.

Unidad de Medida
Punto (Pto).

Forma de medición
Se contará el número de puntos de entrada para desagüe.

OE.4.6.2 REDES DE DERIVACIÓN

Comprende el suministro e instalación de tuberías, accesorios y todos los materiales necesarios para su instalación, desde el ambiente donde se ubica el aparato sanitario hasta las redes colectoras incluyendo las montantes o bajantes, para tuberías de desagüe y ventilación.
Además comprende los espacios libres dejados en la albañilería, su posterior relleno con concreto y la mano de obra para la instalación de las tuberías
En el caso de tuberías de diversos tipos de material deberán figurar como partidas independientes y de acuerdo a su diámetro.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de Medición
El cómputo se ejecutará por metro sin descontar la longitud de los accesorios.

OE.4.6.3 REDES COLECTORAS

Comprende el suministro e instalación de tuberías de todos los materiales necesarios para su instalación, desde las redes de derivación o montante hasta la conexión domiciliaria.
En el caso de tuberías de diversos tipos de material deberán figurar como partidas independientes y de acuerdo a su diámetro.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
El cómputo se ejecutará por metro lineal sin descontar la longitud de los accesorios.

OE.4.6.4 ACCESORIOS DE REDES COLECTORAS

Comprende el suministro e instalación de los accesorios para las redes.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo de accesorios se efectuará por cantidad de unidades, agrupándose por tipo de material y diámetro.

OE.4.6.5 CÁMARAS DE INSPECCIÓN

Son espacios abiertos hacia el exterior que se instalan en las redes colectoras para realizar inspecciones y trabajos de mantenimiento. Pueden ser cajas de registro o buzones.
Además, quedan incluidos en la unidad, los espacios libres dejados en la albañilería, su posterior relleno con concreto y la mano de obra para la instalación de las cámaras de inspección.

Unidad de Medida:

	Descripción	Unidad de medida
OE.4.6.5.1	**PARA CAJAS DE REGISTRO**	Unidad (Und.)
OE.4.6.5.2	**PARA BUZONES.**	Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo de cajas de registro se efectuará por cantidad de unidades. El cómputo de buzones se efectuará por cantidad de unidades agrupándose por rango de profundidad promedio y tipo de material.

OE.4.6.6 INSTALACIONES ESPECIALES

Se refiere a instalaciones no comprendidas en otras partidas y para usos específicos no comunes como trampas de grasa, cámara de retención de sólidos, cámara de rejas, entre otros que se emplean en cocinas, industrias, etc.
Además, quedan incluidos en la unidad, los espacios libres dejados en la albañilería, su posterior relleno con concreto y la mano de obra para su instalación.

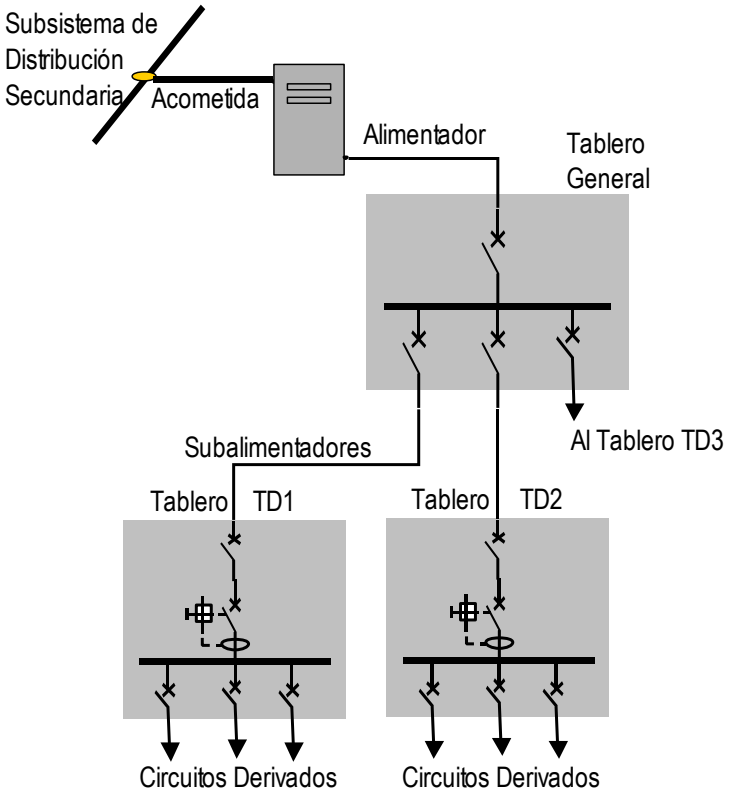
Unidad de Medida
Unidad (Und.) o Global (Glb.)

Forma de medición
El cómputo de estas instalaciones se efectuará por cantidad de unidades agrupándose de acuerdo a sus dimensiones.

OE.4.7 VARIOS

OE.5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS.

En cuanto se refiere a instalaciones eléctricas de edificaciones en general, el metrado debe considerar las partidas necesarias, las mismas que deben tomar en cuenta las partes que conforman la instalación eléctrica de utilización: conexión a la red externa (acometida, caja de conexión) si fuese necesario, alimentadores, subalimentadores, tableros, circuitos derivados, tal como puede apreciarse en la siguiente figura:



El metrado correspondiente a la conexión a la red externa, cuenta con una partida específica.

El metrado correspondiente a las salidas para alumbrado, tomacorrientes y fuerza, es decir parte de la instalación que corresponde a los circuitos derivados, considera tres subpartidas:

- Salidas (salidas para alumbrado, tomacorrientes, etc.)
- Canalizaciones, Conductos o tuberías
- Conductores en tuberías.

El metrado correspondiente a los alimentadores y/o sub alimentadores, dependiendo de cada caso debe considerar las siguientes sub partidas:

- Salidas (cajas de derivación o de paso)
- Canalizaciones, conductos o tuberías
- Conductores en tuberías.
- Cruzadas con ductos de concreto.

Para el caso de los circuitos de señales débiles deberán considerarse las partidas siguientes:

- Salidas (salidas para señales débiles)
- Canalizaciones, conductos o tuberías
- Conductores en tuberías.
- Sistemas de conductos

Nota: Para los sistemas electrónicos de comunicaciones complejos y/o especializados véase OE.6 INSTALACIONES DE COMUNICACIONES.

OE.5.1 CONEXIÓN A LA RED EXTERNA DE MEDIDORES

Extensión de trabajo

Por lo general la conexión al servicio público de electricidad es por cuenta del propietario y los trabajos los ejecuta la empresa de servicio público de electricidad, sin embargo, podrían haber labores accesorias como cajas de paso, obras de albañilería, etc. para efectuar la instalación del suministro eléctrico.

Unidad de medida
Global (Glb.)

Forma de medición
El cómputo global significa que se pondrá una cifra total por la instalación del suministro eléctrico.

OE.5.2 SALIDAS PARA ALUMBRADO, TOMACORRIENTES, FUERZA Y SEÑALES DÉBILES

El metrado debe iniciarse desde el alimentador, subalimentadores y circuitos derivados.
El metrado correspondiente a los alimentadores y/o sub alimentadores, dependiendo de cada caso debe considerar las siguientes sub partidas:

- Salidas (cajas de derivación o de paso)
- Canalizaciones, conductos o tuberías
- Conductores en tuberías.
- Cruzadas con ductos de concreto.

El metrado correspondiente a las salidas para alumbrado, tomacorrientes y fuerza, es decir parte de la instalación que corresponde a los circuitos derivados, considera tres subpartidas:

- Salidas (salidas para alumbrado, tomacorrientes, etc.)
- Canalizaciones, Conductos o tuberías
- Conductores en tuberías.

Para el caso de los circuitos de señales débiles deberán considerarse las partidas siguientes:

- Salidas (salidas para señales débiles)
- Canalizaciones, conductos o tuberías
- Conductores en tuberías.
- Sistemas de conductos

Nota: Para los sistemas electrónicos de comunicaciones complejos y/o especializados véase OE.6 INSTALACIONES DE COMUNICACIONES.

OE.5.2.1 SALIDA

Descripción
La salida es la parte de la instalación eléctrica conformada por la caja, en la cual se ha de instalar los artefactos de alumbrado o equipos de utilización, así como los dispositivos de control (interruptores) o de señal débil.

Extensión del trabajo:
Incluye el suministro de la caja, sus accesorios y la mano de obra de instalación.

Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Se medirá en base a la cantidad de unidades de salidas, pudiendo agruparse en subpartidas diferentes, de acuerdo a sus tipos y características, tales como:
Salida para alumbrado
Salida para tomacorrientes
Salida para interruptores
Salida para dimers
Salida para pulsadores
Salida para intercomunicadores
Salida de señales débiles (data y comunicaciones)
Cajas de derivación
Cajas de paso

OE.5.2.2 CANALIZACIONES, CONDUCTOS O TUBERÍAS

Descripción
Esta partida considera las canalizaciones, conductos o tuberías que son necesarios para la instalación de los conductores y cables de energía; correspondiente a los alimentadores, circuitos derivados y circuitos de señal débil.

Extensión del trabajo
Incluye el suministro de los conductos o tuberías, sus accesorios y la mano de obra de instalación.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
Se medirá la longitud de los conductos y/o tuberías, pudiendo agruparse en subpartidas diferentes, de acuerdo a sus tipos y características.

OE.5.2.3 CONDUCTORES Y CABLES DE ENERGÍA EN TUBERÍAS

Descripción
Esta partida considera los conductores que se instalarán en los conductos y/o tuberías, así como en los sistemas de conductos, correspondiente a los alimentadores, circuitos derivados y circuitos de señal débil.

Extensión de Trabajo
Incluye el suministro de conductores, cables de energía, accesorios de cables (llámese empalmes, derivaciones, puntas muertas, terminaciones, conectores, etc.), así como la mano de obra de la instalación.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
Se medirá la longitud total de conductores y/o cables de energía agrupándose en partidas diferentes de acuerdo a sus tipos y características. Cuando los conductores colocados en las tuberías son del mismo tipo y características, su

longitud se determina, multiplicando los metros de conductos o tubería por el número de conductores, pudiendo agruparse en subpartidas diferentes, de acuerdo a sus tipos y características.

OE.5.2.4 SISTEMAS DE CONDUCTOS

Descripción

Para efectos de protección mecánica, facilidad de instalación o remoción de los conductores y/o cables de energía, cables de telecomunicaciones, se hace necesaria la instalación de sistemas de conductos.

Extensión de Trabajo

Incluye el suministro de conductos, buzones, cámaras de inspección y/o empalmes así como la mano de obra de instalación con sus materiales requeridos.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.5.2.4.1	**BUZONES**	Unidad (Und.)
OE.5.2.4.2	**CONDUCTOS**	Metro (m)

Forma de medición

Se medirá la longitud de la cruzada y de ser necesaria se puede separar por cantidad de conductos o vías y/o tipo de material.

OE.5.2.5 INSTALACIONES EXPUESTAS

Descripción

Son instalaciones visibles, colocadas o adosadas sobre apoyos o soportes.

Extensión de trabajo

Comprende el suministro y montaje de los dispositivos de sujeción o soporte para los conductores.

Unidad de medida

Unidad (Und.)

OE.5.2.6 TABLEROS PRINCIPALES

Extensión de trabajo

Comprende el suministro e instalación del o los tableros principales o generales, según especificaciones y planos.

Unidad de medida

Unidad (Und.)

Forma de medición

El cómputo será por cantidad de unidades indicando las características generales del tablero, que deberá incluir todos los elementos que lo integran.

OE.5.2.7 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN

Todo lo indicado en los tableros principales, referido a los tableros que van después del general, repartidos por zonas, llamados también secUnd.arios.

OE.5.2.8 DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN

Descripción

Los dispositivos de maniobra y protección, son los que deberán ser instalados en los tableros y que sirven para efectuar el control, protección contra sobrecorrientes y fallas a tierra de los circuitos eléctricos y/o de señales débiles.

Extensión de trabajo

Esta partida considera el suministro de los dispositivos, accesorios, cableado y la mano de obra de instalación.

Unidad de medida

	Descripción	Unidad de medida
OE.5.2.8.1	**DISPOSITIVOS UNIPOLARES**	Unidad (Und.)
OE.5.2.8.2	**DISPOSITIVOS BIPOLARES**	Unidad (Und.)
OE.5.2.8.3	**DISPOSITIVOS TRIPOLARES**	Unidad (Und.)
OE.5.2.8.4	**DISPOSITIVOS TETRAPOLARES**	Unidad (Und.)

Forma de medición

Se computarán por cantidad de unidades comprendiendo todos los trabajos necesarios para su completa instalación, pudiendo agruparse en subpartidas diferentes, de acuerdo a sus tipos y características.

OE.5.3 INSTALACION DE PARARRAYOS

Extensión de Trabajo

Esta partida comprende el suministro e instalación del Pararrayo o Captor de Rayos, la columna o barra metálica de sostén, el sistema de fijación de ésta a la estructura de la edificación, el sistema de puesta a tierra, uniones, conexiones, soldaduras, conductor de bajada, agregados y accesorios. También comprende las pruebas previas a la puesta en servicio.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

Se tomara en cuenta el estudio previo para su implementación, el suministro e instalación del sistema de pararrayos, las pruebas previas a la puesta en servicio.

OE.5.4 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Extensión de Trabajo

Esta partida comprende el suministro de materiales, accesorios y la mano de obra de instalación del sistema de puesta a tierra. El sistema de puesta a tierra consta de pozo de puesta a tierra o sistema de malla, uniones, conexiones, soldaduras, accesorios necesarios y el conductor de puesta a tierra desde el electrodo hasta la barra de puesta a tierra del tablero general, este último incluye también los ductos necesarios.

También comprende las pruebas previas a la puesta en servicio y la medición de la resistividad del terreno y la resistencia de puesta a tierra.

Unidad de Medida

Pozo puesta a tierra (Und.).

Sistema de Malla de puesta a tierra (Und.).

Forma de medición

El cómputo de pozos de puesta a tierra vertical se efectuará por la cantidad de pozos ejecutados. En caso de Sistema de Malla a Tierra, el metrado se efectuará en global por la cantidad total de pozos de la malla y de la longitud de conductores empleados.

OE.5.5 ARTEFACTOS

Descripción

Se refiere al suministro y colocación de todo tipo de artefactos a la salida correspondiente sea de iluminación, de señales, etc., incluyendo materiales y obras necesarias para la debida conexión a la caja de salida y las pruebas respectivas para el funcionamiento del artefacto.

OE.5.5.1 LÁMPARAS

Extensión de trabajo

Comprende el suministro y colocación de la base y el elemento de iluminación, accesorios y todo lo necesario para el funcionamiento de la lámpara.

Unidad de medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo de lámparas se efectuará por cantidad de unidades y por cada tipo, indicando las características más notorias.

OE.5.5.2 REFLECTORES

Todo lo indicado en OE.5.5.1 LÁMPARAS, aplicado a reflectores que son artefactos de luz dirigida.

OE.5.6 EQUIPOS ELECTRICOS Y MECANICOS

Descripción

Se incluye suministro, transporte, colocación y conexiones de todos los equipos requeridos, de acuerdo con los planos y especificaciones.

En la unidad o en la suma global de los diferentes equipos se incluyen todos los trabajos y materiales necesarios para su instalación hasta dejarlos en funcionamiento.

OE.5.6.1 BOMBA PARA AGUA

La unidad de medida es cada unidad en particular para aplicarle una suma global por el equipo suministrado, instalado y en funcionamiento.

En casos especiales se agrupan unidades iguales en tipo y dificultad de colocación.

Unidad de medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.2 BOMBAS PARA DESAGÜE (IGUAL A BOMBAS PARA AGUA)

Unidad de medida

Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.3 OTRAS BOMBAS
Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.4 GRUPOS ELECTRÓGENOS
Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.5 SISTEMA DE RECIRCULACIÓN
Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.6 ASCENSORES Y MONTACARGAS
Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.7 SISTEMAS DE PARLANTES
Unidad de medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.8 SISTEMA DE MÚSICA AMBIENTAL
Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.9 SISTEMA DE TRADUCCIÓN SIMULTANEA
Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición

Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.10 SISTEMA DE SEGURIDAD

Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.11 PROYECTORES Y PANTALLAS

Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.12 CAMPANAS EXTRACTORAS

Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.13 SISTEMA DE VAPOR

Unidad de medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.14 SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.15 SISTEMA DE OXÍGENO

Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.16 SISTEMA DE VENTILACIÓN MECÁNICA

Unidad de medida
Unidad (Und.).

Forma de medición
Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.17 SISTEMA DE VACÍO

Unidad de medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.5.6.18 SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

Unidad de medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

Para el cómputo total se considerará el equipo instalado

OE.6 INSTALACIONES DE COMUNICACIONES

OE.6.1 CABLEADO ESTRUCTURADO EN INTERIORES DE EDIFICIOS

Extensión de trabajo

Es un sistema de cableado capaz de integrar tanto a los servicios de voz, datos y vídeo, como a los sistemas de control y automatización de un edificio bajo una plataforma estandarizada y abierta. Las partes de un cableado estructurado son:
Cableado horizontal: El cableado horizontal incorpora el sistema de cableado que se extiende desde la salida del área de trabajo de telecomunicaciones (Work Area Outlet, WAO) hasta el cuarto de telecomunicaciones.

Cableado del backbone: El propósito del cableado del backbone es proporcionar interconexiones entre cuartos de entrada de servicios de edificio, cuartos de equipo y cuartos de telecomunicaciones. El cableado del backbone incluye la conexión vertical entre los pisos del edificio. El cableado del backbone incluye medios de transmisión (cable), puntos principales e intermedios de conexión cruzada y terminaciones mecánicas.

Cuarto de telecomunicaciones: El cuarto de telecomunicaciones es el área en un edificio utilizada para el uso exclusivo de equipo asociado con el sistema de cableado de telecomunicaciones. El espacio del cuarto de telecomunicaciones no debe ser compartido con instalaciones eléctricas que no sean de telecomunicaciones. El cuarto de telecomunicaciones debe ser capaz de albergar equipo de telecomunicaciones, terminaciones de cable y cableado de interconexión asociado. El diseño de cuartos de telecomunicaciones debe considerar, además de voz y datos, la incorporación de otros sistemas de información del edificio tales como televisión por cable (CATV), alarmas, seguridad, audio y otros sistemas de telecomunicaciones. Todo edificio debe contar con al menos un cuarto de telecomunicaciones o cuarto de equipo. No hay un límite máximo en la cantidad de cuartos de telecomunicaciones que puedan haber en un edificio.

Cuarto de equipo: El cuarto de equipo es un espacio centralizado de uso específico para equipo de telecomunicaciones tal como central telefónica, equipo de cómputo y/o conmutador de video. Varias o todas las funciones de un cuarto de

telecomunicaciones pueden ser proporcionadas por un cuarto de equipo. Los cuartos de equipo se consideran distintos de los cuartos de telecomunicaciones por la naturaleza, costo, tamaño y/o complejidad del equipo que contienen. Los cuartos de equipo incluyen espacio de trabajo para personal de telecomunicaciones. Todo edificio debe contener un cuarto de telecomunicaciones o un cuarto de equipo.

Cuarto de entrada de servicios: El cuarto de entrada de servicios consiste en la entrada de los servicios de telecomunicaciones al edificio, incluyendo el punto de entrada a través de la pared y continuando hasta el cuarto o espacio de entrada. El cuarto de entrada puede incorporar el "backbone" que conecta a otros edificios en situaciones de campus.

Sistema de puesta a tierra y puenteado: ANSI/TIA/EIA-607 discute el esquema básico y los componentes necesarios para proporcionar protección eléctrica a los usuarios y a la infraestructura de las telecomunicaciones mediante el empleo de un sistema de puesta a tierra adecuadamente configurado e instalado. EIA/TIA 607, define al sistema de tierra física y el de alimentación bajo las cuales se deberán de operar y proteger los elementos del sistema estructurado. ANSI/TIA/EIA-607 Tierras y aterramientos para los sistemas de telecomunicaciones de edificios comerciales

Forma de medición
También se denomina "punto de red" y quedan comprendidos en él todos los materiales y obras necesarias para la conexión de datos desde el lugar en que el conductor penetre en los conductos, tuberías hasta su salida.
La variedad de sistemas obliga a que los cables se especifiquen de acuerdo a la partida OE.6.1.1 CABLES EN TUBERÍAS , muy aparte del presupuesto que sería comprendido por el equipo y accesorios necesarios para su funcionamiento.

Unidad de Medida
Punto de red (Pto.)

OE.6.1.1 CABLES EN TUBERÍAS

Descripción
Esta partida considera los conductores que se instalarán en los conductos y/o tuberías, del sistema de cableado estructurado

Extensión de Trabajo
Incluye el suministro de conductores, accesorios de cables (llámese empalmes, derivaciones, puntas muertas, terminaciones, conectores, etc.), así como la mano de obra de la instalación.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
Se medirá la longitud total de conductores agrupándose en partidas diferentes de acuerdo a sus tipos y características

OE.6.2 CANALETAS, CONDUCTOS Y/O TUBERÍAS

Extensión de trabajo.

Para el soporte físico del cableado a ser distribuido horizontalmente en cada piso se debe utilizar una tubería principal que recorrerá cada una de las plantas a lo largo de éstas y se harán derivaciones para llevar los cables hasta cada uno de los tabiques y mobiliarios, empleando canaletas plásticas con sus accesorios para las áreas visibles y para el interior de las oficinas, terminando cada canaleta en una caja con su respectivo wallplate

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
Se medirá la longitud de las canaletas, tuberías y conductos

OE.6.3 SALIDA DE COMUNICACIONES

Es la conexión en la cual se le entrega al usuario el servicio de datos, voz, video, control entre otros. Puede instalarse sobre la pared y dentro de ella, para lo cual se utiliza con un face plate o cubierta.

Extensión de trabajo
Incluye las cajas y accesorios de salida de comunicaciones, así como la mano de obra de instalación.

Unidad de Medida
Punto de red (Pto.).

OE.6.4 CONDUCTORES DE COMUNICACIONES

Extensión de Trabajo
Incluye los conductores de comunicaciones que están colocados en las canalizaciones, conductos o tuberías.

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición
Se medirá la longitud total de conductores de comunicaciones agrupándose en partidas diferentes de acuerdo a sus tipos y características. Cuando los conductores colocados en las canalizaciones o tuberías son del mismo tipo y características, su longitud se determina, multiplicando los metros de conductos o tubería por el número de conductores.

OE.6.5 PATCH PANEL

Es un arreglo de conectores hembra RJ 45 que se utiliza para realizar conexiones cruzadas entre los equipos activos y el cableado horizontal. Permite un gran manejo y administración de los servicios de la red, ya que cada punto de conexión del patch panel maneja el servicio de una salida de telecomunicaciones.

Extensión de Trabajo
Se definen como paneles donde se ubican los puertos de una red, normalmente localizados en un bastidor o rack de telecomunicaciones. Todas las líneas de entrada y salida de los equipos tendrán su conexión a uno de estos paneles. En una red LAN, el Patch Panel conecta entre si a las computadoras de una red, y a su vez, a líneas salientes que habilitan la LAN para conectarse a Internet o a otra

red WAN.
Las conexiones se realizan con patch cords o cables de parcheo, que son los que entrelazan en el panel los diferentes equipos. Los Patch Panel permiten hacer cambios de forma rápida y sencilla conectando y desconectando los cables de parcheo

Unidad de Medida
Unidad por número de puertos.

OE.6.6 RACK DE COMUNICACIONES
Es un gabinete necesario y recomendado para instalar el patch panel y los equipos activos proveedores de servicios.

Extensión de Trabajo
El rack es un armazón metálico con un ancho normalizado de 19 pulgadas destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones. Sus medidas están normalizadas para que sea compatible con el equipamiento de cualquier fabricante.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

OE.6.7 CAJA DE PASE PARA TRANSFORMADOR
En esta caja se ubicara el transformador de comunicaciones y/o los equipos de comunicaciones de señales débiles.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

Extensión de Trabajo
Las cajas de pase para transformador en comunicaciones son de medidas comerciales (cuadradas o rectangulares) y en ellas se ubican el transformador y su conexión.

OE.7 INSTALACIONES DE GAS
En cuanto se refiere a instalaciones de gas (Gas Licuado de Petróleo y/o Gas Natural) en edificaciones en general, el metrado debe ser efectuado tomando en cuenta las partes que conforman el circuito de gas de acuerdo a lo señalado en las normas y reglamentos nacionales vigentes.

OE.7.1 TUBERÍAS
Forma de medición
El cómputo será midiendo la longitud efectiva en las tuberías a instalarse agrupándose en partidas independientes según su diámetro, tipo, clase y tipo de montaje. El metrado incluirá la cantidad y tipo de los accesorios excluyendo los artefactos y acometidas que deberán ser considerados en la partida correspondiente.

OE.7.1.1 TUBERÍA A LA VISTA
Descripción
Es la que no está en contacto con el suelo ni esta empotrada o embebida en la pared.

Utilizada para el transporte de gas fabricado de acuerdo a los materiales y especificaciones acogidas por la reglamentación nacional vigente. Puede ser de superficie o plana. Las uniones para tuberías de cobre, acero, multicapa de polietileno, polietileno reticulado compuesta de Pe-AL_Pe ó Px-Al-PX, etc.
Incluye los accesorios que se metrarán por unidad.

Unidad de medida
Metro (m) : Tubería

OE.7.1.2 TUBERÍA CON CANALETA O POR CONDUCTO:

Descripción
Tubería instalada en el interior de conductos o camisas. Consiste en la ubicación y protección de la tubería dentro de camisas o canaletas metálicas o plásticas las cuales son adosadas a los muros o paredes mediante anclajes que soporten el peso del sistema.
Las uniones para tuberías de cobre, acero, multicapa de polietileno, polietileno reticulado compuesta de Pe-AL_Pe ó Px-Al-PX, etc.
Incluye los accesorios que se metrarán por unidad.

Unidad de medida
Metro (m) : Tubería

OE.7.1.3 TUBERÍA MONTANTE

Descripción
Tubería ubicada en las fachadas de los edificios, en pozos de luz o en ductos elaborados especialmente bajo reglamentación técnica vigente.
Las uniones para tuberías de cobre, acero, multicapa de polietileno, polietileno reticulado compuesta de Pe-AL_Pe ó Px-Al-PX, etc.
Incluye los accesorios que se metrarán por unidad.

Unidad de medida
Metro (m) : Tubería

OE.7.2 ARTEFACTOS (GAS LICUADO DE PETRÓLEO Ó GAS NATURAL SECO)

Descripción
Es el artefacto diseñado para ser usado con o sin conexión a un conducto de evacuación de los productos de la combustión hacia el exterior o hacia otro ambiente.
Pueden ser de diferentes tipos: Artefactos de calor bajo, de calor medio, del tipo A, del tipo B, etc.

Forma de medición
El cómputo se efectuará por cantidad de unidades figurando en partidas diferentes de acuerdo con sus características (tipo, clase, grifería, etc.). La unidad incluye todos los materiales necesarios para su correcto funcionamiento.

OE.7.2.1 INSTALACIÓN DE UN ARTEFACTO

Extensión de Trabajo
Comprende el cómputo de aparatos (artefactos a gas natural seco o GLP) en referencia únicamente a la mano de obra de colocación.

Unidad de Medida

Unidad (Und..).

Forma de medición
El cómputo se efectuará por cantidad de unidades, donde cada aparato a gas será del tipo A y/o B, figurando en partidas aparte de acuerdo con la clase de aparatos y la dificultad en su instalación (numero de quemadores u hornillas).

OE.7.2.2 CONVERSIÓN DE UN ARTEFACTO

Descripción
Consiste en los cambios necesarios para hacer que el equipo o artefacto sea susceptible de trabajar con un combustible gaseoso diferente al combustible usado originalmente, teniendo en cuenta las limitaciones o rangos máximos de producción de monóxido de carbono al realizar la conversión.
La conversión de los artefactos solo será posible en aquellos que así lo permitan, no debiéndose tratar de hacer funcionar artefactos que hayan sido diseñados para un solo tipo de combustible.

Unidad de medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo se hará por unidad convertida.

OE.7.3 ACCESORIOS

Extensión de trabajo
Comprende el cómputo de accesorios con referencia únicamente a la mano de obra de colocación.

Unidad de Medida
Unidad (Und..).

Forma de medición
El cómputo se efectuará por cantidad de unidades, figurando en partidas diferentes de acuerdo con su clase y dificultad de colocación.

OE.7.4 VENTILACIONES

Descripción
Los requerimientos de aire varían de acuerdo con la potencia de los artefactos a gas que se instalen en la edificación. Las aberturas (superior o inferior) realizadas en la edificación aportan las debidas infiltraciones de aire para la seguridad de sus habitantes.

OE.7.4.1 VENTILACIÓN (SUPERIOR O INFERIOR).

Descripción
Consiste en la generación de aberturas permanentes en el muro o cerramiento del ambiente en donde estarán instalados los artefactos a gas.

Unidad de medida
Unidad (Und.)

Forma de medición

El cómputo se hará por abertura efectuada (esta abertura debe guardar relación con el tipo de artefacto A y/o B, la potencia instalada y el numero de quemadores). Cuando se hace desde el diseño deberán incluirse las partidas de edificaciones correspondientes.

OE.7.5 DUCTOS

OE.7.5.1 DUCTOS DE EVACUACIÓN DE HUMOS PARA LOS ARTEFACTOS A GAS.

Descripción

Consiste en la colocación o construcción de ductos dentro de las edificaciones a fin de evacuar los productos de la combustión (gases de combustión) producidos por los artefactos a gas.

Unidad de medida

Metro cúbico (m3)

Forma de medición

El cómputo estará en función a la sección del ducto y a su longitud de recorrido.

OE.7.6 GABINETE DE REGULACIÓN

Descripción

Recinto con dimensiones suficientes y ventilaciones adecuadas para la instalación y mantenimiento del sistema de regulación y medición, con el propósito de controlar el suministro del servicio de gas natural seco y GLP para uno o varios usuarios.

Unidad de Medida

Unidad (Und.)

Forma de medición

El cómputo se efectuará por cantidad de unidades.

TITULO III

METRADOS PARA HABILITACIONES URBANAS (HU)

HU.1 **OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD.**

HU.2 **PISTAS Y VEREDAS**

HU.2.1 **MOVIMIENTO DE TIERRA**
HU.2.1.1 **CORTE CON ELIMINACIÓN LATERAL.**
HU.2.1.2 **CORTES Y RELLENOS COMPENSADOS.**
HU.2.1.3 **TERRAPLENES.**
HU.2.1.4 **ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE.**
HU.2.1.5 **REFINE DEL TERRAPLÉN.**
HU.2.1.6 **ESCARIFICADO.**

HU.2.2 **SUB-BASE Y BASE**
HU.2.2.1 **SUB-BASE.**
HU.2.2.2 **BASE O AFIRMADO**

HU.2.3 **VEREDAS**
HU.2.3.1 **VEREDAS DE ASFALTO.**

HU.2.3.2 VEREDAS EMPEDRADAS.
HU.2.3.3 VEREDAS DE ADOQUINES DE CONCRETO.

HU.2.4 PISTAS
HU.2.4.1 CAPA DE IMPRIMACIÓN.
HU.2.4.2 CARPETA ASFÁLTICA.
HU.2.4.3 SELLADO ASFÁLTICO.
HU.2.4.4 PAVIMENTO DE CONCRETO.
HU.2.4.4.1 DOWELLS
HU.2.4.5 SELLADO DE JUNTAS
HU.2.4.6 PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO

HU.2.5 SARDINELES
HU.2.6 BERMAS
HU.2.7 JARDINES Y OTRAS OBRAS
HU.2.7.1 MOVIMIENTO DE TIERRA
HU.2.7.1.1 PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

HU.2.7.2 SEMBRÍO DE GRASS
HU.2.7.3 SEMBRÍO DE PLANTAS Y ÁRBOLES
HU.2.7.4 SEMBRÍO DE MACIZOS Y SETOS
HU.2.7.4.1 PARA MACIZOS
HU.2.7.4.2 PARA SETOS.

HU.2.7.5 OTRAS OBRAS
HU.2.7.5.1 JARDINES
HU.2.7.5.2 BANCAS
HU.2.7.5.3 POZAS
HU.2.7.5.4 ROSETONES
HU.2.7.5.5 EMPEDRADO
HU.2.7.5.6 GRADAS

HU.2.7.6 HITOS DE SEÑALIZACIÓN- SEÑALIZACIÓN DE LOTES
HU.2.7.7 OBRAS DE CANALIZACIÓN
HU.2.7.7.1 MOVIMIENTO DE TIERRA
HU.2.7.7.2 CANALIZACIÓN

HU.3 INFRAESTRUCTURA SANITARIA

HU.3.1 OBRAS PROVISIONALES.
HU.3.2 TRABAJOS PRELIMINARES COMPLEMENTARIOS.
HU.3.3 SEGURIDAD Y SALUD.
HU.3.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS.
HU.3.5 TUBERÍAS.
HU.3.6 ACCESORIOS.
HU.3.7 VÁLVULAS, GRIFOS Y MEDIDORES.
HU.3.8 CÁMARAS PARA VÁLVULAS Y SIMILARES.
HU.3.9 CÁMARAS DE INSPECCIÓN: BUZONES, BUZONETAS, CAJAS, CÁMARAS DE REUNIÓN.
HU.3.10 ESTACIONES DE BOMBEO, REBOMBEO PARA AGUA POTABLE Y AGUAS RESIDUALES (*).

HU.3.11 ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO.
HU.3.12 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.
HU.3.13 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.
HU.3.14 INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS
HU.3.15 INSTALACIONES HIDRAULICAS
HU.3.16 REDES ELÉCTRICAS Y DE COMUNICACIÓN
HU.3.17 EMPALMES
HU.3.18 PRUEBAS HIDRAULICAS Y DE CALIDAD
HU.3.19 PAVIMENTOS EN ZONAS AFECTADAS
HU.3.20 PERFORACIÓN DE POZOS TUBULARES

HU.4 INFRAESTRUCTURA ELECTRICA

HU.4.1 OBRAS PRELIMINARES
HU.4.2 REDES SUBTERRÁNEAS
HU.4.3 REDES AÉREAS
HU.4.4 SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN
HU.4.5 INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO

HU.5 INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES

HU.5.1 PLANTA EXTERNA TELEFONICA
HU.5.2 ESTACION BASE CELULAR

HU.6 INFRAESTRUCTURA DE GAS

HU.6.1 TUBERÍAS
HU.6.2 VÁLVULAS.
HU.6.3 ESTACIONES DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN
HU.6.4 EQUIPAMIENTOS ELECTROMECÁNICOS
HU.6.5 REDES ELÉCTRICAS Y DE COMUNICACIÓN
HU.6.6 EMPALMES

HU.1 OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD.

Descripción.

Comprende la partida **OE.1 OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD,** descrita en Metrados para Obras de Edificación.

Forma de medición.

Varía de acuerdo al tamaño de la habilitación urbana.
Metro (m)

Metro cuadrado (m2)
Kilómetro (km)
Global (Glb.)

HU.2 PISTAS Y VEREDAS

HU.2.1 MOVIMIENTO DE TIERRA

Extensión de trabajo.

Comprende la forma en que debe realizarse la medición de los cortes, rellenos y eliminación del material, excedente así como el refine de la sub-base y base de pistas, veredas y bermas.

Para los cortes, se podrán agregar subpartidas según el tipo de material (roca fija, roca suelta u otros).

HU.2.1.1 CORTE CON ELIMINACIÓN LATERAL.

Consiste únicamente en la operación de corte, de acuerdo a los niveles que figuran en los planos, y la eliminación de la tierra, colocándose en los costados, fuera de los límites de la zona de trabajo. El volumen de corte se calculará multiplicando la longitud del tramo de vía por sus secciones transversales de acuerdo con los perfiles respectivos, luego sumando los resultados parciales para obtener el volumen total.

Unidad de medida

Metro cúbico (m^3.)

HU.2.1.2 CORTES Y RELLENOS COMPENSADOS.

Se da esta denominación cuando el volumen de tierra necesario para el relleno, es aproximadamente equivalente al volumen de tierra obtenido de los cortes, de acuerdo con los niveles que figuran en los planos respectivos. Para el material que faltare o el que se hallare en exceso, se aplicarán las normas de relleno o de eliminación de material sobrante respectivamente. El volumen de corte y el volumen de relleno respectivamente se calcularán multiplicando la longitud del tramo de vía por sus secciones transversales de acuerdo con los perfiles respectivos, luego sumando los resultados parciales de corte y de relleno separadamente para obtener el volumen total de cada uno.

Unidad de medida

Metro cúbico (m^3.)

HU.2.1.3 TERRAPLENES.

Es el volumen de material que es necesario transportar a la obra para completar el relleno hasta el nivel de la subrasante cuando no existe suficiente material proveniente de excavaciones. Este material puede estar conformado por material propio, material de préstamo lateral o material transportado.

Unidad de medida

Metro cúbico (m3.)

Forma de medición

Para el cálculo de volúmenes de terraplenes se usará el método del promedio de áreas extremas, en base a la determinación de las áreas en secciones transversales consecutivas, su promedio y multiplicado por la longitud entre las secciones a lo largo de la línea del eje de la vía.

HU.2.1.4 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE.

Comprende el retiro del volumen de material excedente determinado después de haber efectuado los cortes y rellenos de la obra.

Unidad de medida

Metro cúbico (m3.)

Forma de medición

El volumen de material excedente será igual a la diferencia de los volúmenes respectivos del corte menos los volúmenes respectivos del relleno con material propio.
Esta diferencia será afectada por el esponjamiento que deberá calcularse teniendo en cuenta los valores la siguiente tabla.

TIPO DE SUELO	FACTOR DE ESPONJAMIENTO
ROCA DURA (VOLADA)	1,50 - 2,00
ROCA MEDIANA (VOLADA)	1,40 - 1,80
ROCA BLANDA (VOLADA)	1,25 – 1,40
GRAVA COMPACTA	1,35
GRAVA SUELTA	1,10
ARENA COMPACTA	1,25 – 1,35
ARENA MEDIANA DURA	1,15 – 1,25
ARENA BLANDA	1,05 - 1,15
LIMOS, RECIEN DEPOSITADOS	1,00 – 1,10
LIMOS, CONSOLIDADOS	1,10 – 1,40
ARCILLAS MUY DURAS	1,15 – 1,25
ARCILA MEDIANAS A DURAS	1,10 – 1,15
ARCILLAS BLANDAS	1,00 – 1,10
MEZCLA DE ARENA/GRAVA/ARCILLA	1,15 – 1,35

Los valores anteriores son referenciales. Cualquier cambio debe sustentarse técnicamente.

Fuente: Características Físicas de los Suelos. Raúl S. Escalante. Cátedra Ingeniería de Dragado - Escuela de Graduados de Ingeniería Portuaria. Argentina. 2007.

HU.2.1.5 REFINE DEL TERRAPLÉN.

Comprende los trabajos de nivelación, riego y compactación, o sea, la operación de igualar y alisar la parte superior de rellenos y cortes llevados a perfil longitudinal y transversal que indican los planos. El área de terraplén se obtiene multiplicando la longitud de los tramos por la sección transversal de acuerdo con los planos y sumando lo resultados parciales para obtener el área total. Se separa en partidas: refine y nivelación y riego en pistas, en veredas o en pistas y veredas.

Unidad de medida
Metro cuadrado (m^2.)

HU.2.1.6 ESCARIFICADO.

Comprende el retiro de todo material suelto e inestable que no se compacte fácilmente o que no sirva para el objeto propuesto: canto rodado, roca viva, raíces, hierbas, etc.

Unidad de medida
Metro cuadrado (m^2.)

HU.2.2 SUB-BASE Y BASE

HU.2.2.1 SUB-BASE.

Sub-base es la estructura térrea de soporte situado bajo la base.

Forma de Medición

El área de la sub-base se obtiene multiplicando la longitud del tramo por el ancho de la vía, indicando los espesores de acuerdo al diseño

Unidad de medida

Metro cuadrado (m^2.)

HU.2.2.2 BASE O AFIRMADO

Es una capa de material especial que va encima de la sub-base para mejorar las condiciones de soporte y drenaje. En algunos casos se prescinde de ejecutar la base, y el pavimento se apoya directamente en la sub-base.

Forma de medición

El área de la base se obtiene multiplicando la longitud del tramo por el ancho de la vía, indicando los espesores de acuerdo al diseño.

Unidad de medida

Metro cuadrado (m^2.)

HU.2.3 VEREDAS

Extensión de trabajo.

Son vías destinadas al tránsito de peatones, ubicadas generalmente a los lados de las pistas, en los parques y/o junto a paramento de las edificaciones, etc. En la partida correspondiente del metrado deberán figurar el tipo y sus características respectivas (resistencia del concreto, espesor, tipo de acabado, etc.).

Unidad de medida.

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición.

El área de veredas se obtendrá multiplicando la longitud total por el ancho de la sección transversal sin considerar el sardinel. La unidad comprenderá el refine, compactación y nivelación del terraplén. Se separará en partidas (igual a pistas).

HU.2.3.1 VEREDAS DE ASFALTO.

Pueden ser de concreto asfáltico en frío o en caliente, y cumplirá las mismas condiciones inherentes al diseño de la mezcla asfáltica de las capas de rodadura para transito vehicular.

Unidad de medida.

Metro cuadrado (m^2).

HU.2.3.2 VEREDAS EMPEDRADAS.

Este trabajo consiste en la ejecución de aceras de concreto simple, con un acabado superficial, conformado por cantos rodados achatados: en un espesor de 2'' o 5 cms., asentados con mortero cemento – arena 1:5 y fraguados, con mortero cemento-arena 1:3.

Unidad de medida.

Metro cuadrado (m^2).

HU.2.3.3 VEREDAS DE ADOQUINES DE CONCRETO.

Este trabajo consiste en la colocación de una capa de arena, la colocación, compactación y confinamiento de adoquines de concreto y el sello del pavimento, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto.

Unidad de medida.

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición

El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del proyecto por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Supervisor. No se incluirá en la medida ningún área por fuera de estos límites.

HU.2.4 PISTAS

Extensión del trabajo.

Comprende el trabajo de terminación de la superficie apta para la circulación de vehículos, sobre los movimientos de tierra descritos anteriormente, es decir, que constituye el plano de rodadura (las pistas más usuales son de concreto y asfalto en frío o caliente).

Se debe considerar el uso de losa de concreto como capa de rodadura.

Unidad de medida.

Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición.

El área de pistas se obtendrá multiplicando el ancho de vía por la longitud. Para el cálculo del ancho de pista no se debe considerar la dimensión del perfil abovedado sino su proyección horizontal.

La superficie de los encuentros entre los tramos longitudinales y transversales, y la curva que los une, se medirán por separado, calculando su área en función de su forma.

El área total de pistas, de un mismo tipo y espesor, se obtendrá sumando las áreas parciales de tramos y encuentros, obtenidos en la forma indicada anteriormente.

HU.2.4.1 CAPA DE IMPRIMACIÓN.

Este trabajo se refiere al suministro y aplicación en material bituminoso (asfalto) a una base preparada de antemano mediante un distribuidor a presión.

Unidad de medida

Metro cuadrado (m^2).

HU.2.4.2 CARPETA ASFÁLTICA.

Este trabajo consiste en extender una capa de rodadura compuesta de una mezcla compactada de agregado mineral y de material asfáltico, sobre base preparada previamente.

Unidad de medida.

Metro cuadrado (m^2).

HU.2.4.3 SELLADO ASFÁLTICO.

Consiste en la aplicación de material bituminoso con agregados (arena) de recudimiento a una superficie asfáltica previamente preparada.
Las capas de sellado deben ser compactadas, hasta que el agregado de recubrimiento quede uniforme y completamente incorporado al asfalto.
Se separará en partidas: a) Tratamiento superficial simple; b) Losa de concreto; c) carpeta asfáltica en frío; d) Carpeta asfáltica en caliente.

Unidad de medida.
Metro cuadrado (m^2).

HU.2.4.4 PAVIMENTO DE CONCRETO.

Este trabajo consiste en la colocación de una superficie de rodadura de concreto de cemento portland (con o sin refuerzo) de acuerdo con los alineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos del proyecto.

Unidad de medida.
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
El área se determinará multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho especificado en los planos. No se medirán cantidades por fuera de estos límites.
Se indicara el espesor del pavimento

HU.2.4.4.1 DOWELLS

Son barras de unión de acero que permiten la interconexión de pavimentos de concreto hidráulico.

Unidad de medida.
Metro (m)

Forma de medición
La longitud se determinará multiplicando la cantidad de barras de unión por la longitud de una de ellas.

HU.2.4.5 SELLADO DE JUNTAS

Este trabajo consiste en sellar o tapar las juntas que se dejaron en el pavimento con cualquier material otro de acuerdo a su necesidad o tipología.

Unidad de medida
Metro (m)

Forma de medición
La longitud se determinara midiendo la longitud de la junta.

HU.2.4.6 PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO

Este trabajo consiste en la colocación de una capa de arena, la colocación, compactación y confinamiento de adoquines de concreto y el sello del pavimento, de acuerdo con los alineamientos y secciones indicados en los documentos del proyecto.

Unidad de medida.
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición
El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del proyecto por el ancho especificado en los planos u ordenado por el Supervisor. No se incluirá en la medida ningún área por fuera de estos límites.
Se indicara el espesor del pavimento.

HU.2.5 SARDINELES

Extensión del trabajo.
Es la faja o cinta (de concreto, ladrillo, piedra, etc.) que forma el borde de una vereda, pista, zona de estacionamiento, etc., pudiendo formar parte de estos elementos o ser independientes, caso en que puede ser peraltado.
En el caso de las veredas, tiene por objeto limitar por la parte superior, la superficie destinada a la circulación, rematando la inferior en la base de los pavimentos, jardines o bermas, por lo que deberá tener una altura mayor que el espesor de la vereda.

Unidad de medida.
Metro (m).

Forma de medición.
Los sardineles se medirán por su longitud efectiva, considerando en los ochavos de las esquinas, ya sean curvas o rectas, la longitud de la cara exterior.
En el metrado deberán figurar, en partidas diferentes, los sardineles de distinto tipo, forma y dimensión. La unidad incluye la excavación, revestimiento de sus puntos visibles y eliminación de desmonte.

HU.2.6 BERMAS

Extensión del trabajo.
Son terraplenes que figuran en los costados de las pistas, con el fin de aumentar eventualmente su ancho y darles mayor seguridad, facilitando además el estacionamiento fuera de los canales de circulación. Esta sección se refiere al acabado, que puede ser de concreto, asfalto, canto, rodado, etc.

Unidad de medida.
Metro cuadrado (m^2).

Forma de medición.
El área de las bermas se obtendrá multiplicándose su ancho por la longitud total.
En el metrado deberán figurar en partidas independientes, las que tengan diferentes acabados, espesores, etc.

HU.2.7 JARDINES Y OTRAS OBRAS

Descripción.
En las partidas que siguen se consideran los movimientos de tierra de jardines, el sembrío de grass, siembra de semillas, fertilización, plantas y árboles y elementos varios, como jardineras, bancas. Cuando se trata de terrenos de baja calidad se incluirá transporte y extensión de cultivo.

HU.2.7.1 MOVIMIENTO DE TIERRA

Extensión del trabajo.

Comprende los cortes y rellenos compensados para tener una superficie que siga los contornos del terreno pero suavemente conformada.

Unidad de medición.

	Descripción	Unidad de medida
HU.2.7.1.1	**PREPARACIÓN DE SUPERFICIE**	Metro cúbico (m^3)

Forma de medición.

El cómputo de cortes y rellenos para preparación de superficie se obtendrán determinando el volumen respectivo de acuerdo con los perfiles que marquen los planos.

El área de tierra de cultivo se obtendrá en base a las dimensiones de jardín que señalan los planos, debiendo figurar en las partidas del metrado los espesores correspondientes.

HU.2.7.2 SEMBRÍO DE GRASS

Extensión del trabajo.

Comprende el sembrío de grass y es por semilla o por planchas, así como el tipo de grama, incluye fertilización.

Unidad de medida.

Metro cuadrado (m2).

Forma de medición.

Se determinará el área efectiva sembrada en proyección horizontal, de acuerdo a los planos.

HU.2.7.3 SEMBRÍO DE PLANTAS Y ÁRBOLES

Extensión de trabajo.

Se refiere al sembrío de todo tipo de plantas y todo tipo de árboles , arbustos, enredaderas y plantas de recubrimiento.

Unidad de medida.

Unidad (Und.).

Forma de medición.

Se contará la cantidad de piezas de cada planta y cada árbol especificando su especie, tamaño y otras características que se consideran necesarias.

HU.2.7.4 SEMBRÍO DE MACIZOS Y SETOS

Extensión del trabajo

Los macizos constituyen un conjunto apretado de arbustos y los setos son arbustos en hilera como formando vallas.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.2.7.4.1	**PARA MACIZOS**	Metro cuadrado (m^2)
HU.2.7.4.2	**PARA SETOS.**	Metro (m)

Forma de medición

Al calcular el área de macizos se especificará la especie y el número de plantas por metro cuadrado. Al indicar la longitud de setos, se especificará la especie, el número de hileras dentro del seto y el número de plantas por metro de hilera.

HU.2.7.5 OTRAS OBRAS

Extensión del trabajo

Comprende una serie de elementos de ornato que van en los jardines, como jardineras de albañilería o prefabricados, bancas, etc., gradas, empedrado, rosetones de concreto; pozas para arbolés, rampas, etc.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.2.7.5.1	**JARDINES**	Unidad (Und.)
HU.2.7.5.2	**BANCAS**	Unidad (Und.)
HU.2.7.5.3	**POZAS**	Unidad (Und.)
HU.2.7.5.4	**ROSETONES**	Metro cuadrado (m^2)
HU.2.7.5.5	**EMPEDRADO**	Metro cuadrado (m^2)
HU.2.7.5.6	**GRADAS**	Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición

Se contará la cantidad de piezas de tipo diferente.

La unidad incluye todas las obras y elementos necesarios para la colocación o ejecución hasta su acabado final.

HU.2.7.6 HITOS DE SEÑALIZACIÓN- SEÑALIZACIÓN DE LOTES

Extensión del trabajo.

Consiste en la ejecución de muretes indicadores de la nomenclatura de calles y suministro y colocación de estacas metálicas o tubulares de concreto para delimitar lotes, así como la señalización de los mismos en el borde interior de las veredas utilizando una pintura indicativa de color conveniente (anaranjado).

Unidad de medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

Incluye la ejecución de cada uno de los hitos.

HU.2.7.7 OBRAS DE CANALIZACIÓN

Descripción

Comprende todas las obras de canalización de aguas de regadío. Estas obras pueden ser ejecutadas ya sea con tuberías de concreto o con estructuras de concreto variadas en el sitio.

HU.2.7.7.1 MOVIMIENTO DE TIERRA

Extensión del trabajo

Comprende las obras de excavación para la canalización, el relleno posterior, si hubiera y la eliminación del material de la excavación.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.2.7.7.1.1	**EN EXCAVACIÓN DE ZANJAS**	Metro (m) o metro cúbico (m^3)
HU.2.7.7.1.2	**EN RELLENO DE ZANJAS**	Metro (m) o metro cúbico (m^3)
HU.2.7.7.1.3	**EN ELIMINACIÓN DE MATERIAL SOBRANTE**	Metro cúbico (m^3)

Forma de medición

Se medirá la longitud de zanjas para tuberías o canales indicándose en el metrado el ancho y profundidad de las zanjas. Si resulta más conveniente el cómputo también puede efectuarse en volumen de excavaciones. Cuando hay necesidad de relleno, especialmente si se ha colocado tuberías, se medirá la longitud de la zanja indicando en el metrado el volumen de relleno por metro. Si resulta más conveniente el cómputo también puede efectuarse en volumen total de relleno.

El volumen de eliminación de material excedente se obtendrá, descontando al volumen total, el volumen de relleno con material propio más el volumen ocupado por la tubería o canal y multiplicando la diferencia por el coeficiente de esponjamiento.

HU.2.7.7.2 CANALIZACIÓN

Extensión del trabajo

Comprende la colocación de tuberías, o vaciado del canal en sitio, incluyendo todos los materiales y obras necesarias para su completa operación.

Unidad de medida

Metro (m).

Forma de medición

El cómputo se obtendrá midiendo la longitud total de la tubería o canal.

HU.3 INFRAESTRUCTURA SANITARIA

En cada una de las siguientes obras:

- Construcción y equipamiento de estaciones de bombeo de agua potable.
- Construcción y equipamiento de estaciones de bombeo de agua para edificaciones.
- Construcción de reservorios apoyados (caseta de válvulas o caseta de rebombeo, equipamiento electromecánico e instalación hidráulica)
- Construcción de reservorios elevados e instalaciones hidráulicas.
- Construcción de estaciones de bombeo de aguas residuales (equipamiento electromecánico e instalación hidráulica).
- Construcción de estructuras de captación.
- Plantas de tratamiento para agua potable.
- Plantas de tratamiento para aguas residuales.
- Conducción y redes de distribución de agua potable.
- Redes de aguas residuales.
- Otros sub grupos u obras de similares características.

es usual el empleo de partidas contempladas en el rubro de Obras de Edificación (OE.).
Sin embargo, se precisa a continuación un agrupamiento de partidas con características muy propias para el rubro de Infraestructura Sanitaria.

Las partidas de primer orden usuales en el rubro de Infraestructura Sanitaria son:

HU.3.1 OBRAS PROVISIONALES.
HU.3.2 TRABAJOS PRELIMINARES COMPLEMENTARIOS.
HU.3.3 SEGURIDAD Y SALUD.
HU.3.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS.
HU.3.5 TUBERÍAS.
HU.3.6 ACCESORIOS.
HU.3.7 VÁLVULAS, GRIFOS Y MEDIDORES.
HU.3.8 CÁMARAS PARA VÁLVULAS Y SIMILARES.
HU.3.9 CÁMARAS DE INSPECCIÓN: BUZONES, BUZONETAS, CAJAS, CÁMARAS DE REUNIÓN.
HU.3.10 ESTACIONES DE BOMBEO, REBOMBEO PARA AGUA POTABLE Y AGUAS RESIDUALES (*).
HU.3.11 ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO.
HU.3.12 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.
HU.3.13 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.
HU.3.14 INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS
HU.3.15 INSTALACIONES HIDRAULICAS
HU.3.16 REDES ELÉCTRICAS Y DE COMUNICACIÓN
HU.3.17 EMPALMES
HU.3.18 PRUEBAS HIDRAULICAS Y DE CALIDAD
HU.3.19 PAVIMENTOS EN ZONAS AFECTADAS
HU.3.20 PERFORACIÓN DE POZOS TUBULARES

(*) Partidas contempladas en OE.4.6 EQUIPOS ELECTRICOS Y MECÁNICOS
(**) Partidas contempladas en HU.4 INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA y HU.5 INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES.

Como aplicación general, el cómputo de metrado de las partidas será neto, sin tener en cuenta el volumen de esponjamiento (Movimiento de tierras, materiales agregados, etc.), ni desperdicios (Acero estructural, materiales agregados, etc.), los mismos que irán como parte integrante del Análisis de Precios de las Partidas correspondientes.
Para el caso de eliminación de material excedente el metrado final será afectado por el factor de esponjamiento de cada material.

HU.3.1 OBRAS PROVISIONALES.

Comprende todas las construcciones e instalaciones que con carácter temporal son ejecutadas por la Contratista, para el servicio del personal administrativo y obrero, para almacenamiento y cuidado de los materiales y equipos durante la ejecución de las obras.
Las construcciones son de carácter temporal y no forman parte definitiva ó integrante de la Obra. Considera las Partidas de Construcciones Provisionales, Instalaciones Provisionales, Agua y Desagüe para la Construcción, y otras Partidas conforme a la descripción, unidad de medida y forma de medición indicado en el Capítulo II Obras en Edificación.

HU.3.2 TRABAJOS PRELIMINARES COMPLEMENTARIOS.

Comprenden Partidas complementarias a las consideradas en la partida de Trabajos Preliminares, unidades de medida y normas de medición indicadas en el Capítulo II Obras de Edificación.

Generalmente las partidas que se presentan en las Obras de Habilitación Urbana, tienen características propias de trabajos que se realizan en los exteriores a una Edificación: Calles y/o zonas descampadas; por lo que es usual considerar partidas complementarias como:

HU.3.2.1 LIMPIEZA DEL TERRENO Y OBRAS SIMILARES

	Descripción	Unidad de Medida
HU.3.2.1.1	**LIMPIEZA Y HABILITACIÓN DE TROCHA CARROZABLE**	Metro (m).
HU.3.2.1.2	**LIMPIEZA DE TERRENO PARA INFRAESTRUCTURA SANITARIA**	Metro cuadrado (m^2).

Etc.

Forma de medición

Limpieza y Habilitación de trocha carrozable:

Comprende el corte del terreno, limpieza – eliminación del desmonte y habilitación provisional o definitiva de trochas para el traslado de las maquinas y vehículos que se emplearán para la construcción de una obra ya sea en terrenos eriazos y/o de cultivo. Las especificaciones de construcción de las trochas serán indicadas en las Especificaciones y/o planos del Proyecto. En caso de una habilitación provisional, se deberá restituir la zona como se encontró inicialmente, considerándose las autorizaciones e indemnización del caso.

Limpieza de terreno para infraestructura sanitaria: Se aplicará la Forma de Medición para una Obra de Edificación, para un área efectiva de limpieza. El método a emplear deberá especificarse en la descripción y especificación de la partida.

HU.3.2.2 DEMOLICIONES

Se aplicará lo indicado en el numeral OE.1.1.6 DEMOLICIONES perteneciente a OE.1 OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD.

En lo referido a HU.3.2.2.1 DEMOLICION DE BUZON, se precisaran las características del buzón a demoler; es decir si es concreto simple ó armado, profundidad y diámetro.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de Medida
HU.3.2.2.1	**DEMOLICIÓN DE BUZÓN**	Unidad (Und.).

HU.3.2.3 TRANSPORTE DE MAQUINARIAS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES.

Forma de medición

Transporte de equipos, herramientas y materiales para la construcción de la infraestructura sanitaria.

Considera el traslado de todos los materiales, maquinarias y herramientas requerido para la construcción completa de la estructura, incluyendo el retiro del material de desmonte proveniente de dicha construcción a una zona autorizada para su posterior eliminación, de ser lo especificado.

Unidad de medida

Global (Glb.)

HU.3.2.4 TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEOS

HU.3.2.4.1 TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR Y DURANTE LA OBRA

Considera los trabajos necesarios para la ubicación de Estructuras e Instalaciones existentes y/o proyectadas, colocación de B.M. auxiliares de referencia y otras, para el trazo de los trabajos a ejecutar, etc.

Unidad de medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.3.2.4.1	**PARA INSTALACIÓN DE LÍNEAS, REDES DEPENDIENDO DE LA ENVERGADURA DE LA OBRA.**	Metro (m) o kilómetro (km)
HU.3.2.4.1	**PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS**	Unidad (Und.)
HU.3.2.4.1	**PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS O SIMILARES**	Metro cuadrado (m2)

Forma de medición

En instalación de líneas y redes: la longitud en metros e incluyen los accesorios, cajas, cámaras, buzones, empalmes.
En conexiones domiciliarias: por unidad completa de conexión nueva ó conexión a rehabilitar.
En estructuras hidráulicas: por metro cuadrado de la estructura

HU.3.2.4.1 REPLANTEO AL FINALIZAR LA OBRA

Considera los trabajos de campo y gabinete, para la elaboración de los Planos, Croquis y demás documentos de Replanteo de la obra.

Unidades de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.3.2.4.1.1	**PARA INSTALACIÓN DE LÍNEAS, REDES DEPENDIENDO DE LA ENVERGADURA DE LA OBRA.**	Metro (m) o kilómetro (km)
HU.3.2.4.1.2	**PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS**	Unidad (Und.)
HU.3.2.4.1.3	**PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS O SIMILARES**	Metro cuadrado (m2)

Forma de medición

En instalación de líneas y redes: la longitud en metros e incluyen los accesorios, cajas, cámaras, buzones, empalmes.
En conexiones domiciliarias: por unidad completa de conexión nueva ó conexión a rehabilitar.
En estructuras hidráulicas: por metro cuadrado de la estructura

HU.3.3 SEGURIDAD Y SALUD.

En concordancia con la Norma G.050 Seguridad durante la construcción, del Reglamento Nacional de Edificaciones en la que se establece la obligatoriedad de contar con el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST) como requisito indispensable para la adjudicación de contratos, todo proyecto de habilitación urbana, debe incluirse en el Expediente Técnico de Obra, la partida correspondiente a Seguridad y Salud en la que se estimará el costo de implementación de los mecanismos técnicos y administrativos contenidos en dicho Plan (PSST). Las partidas consideradas en el presupuesto oferta, deben corresponder a las definidas en la presente Norma Técnica.

HU.3.3.1 PROTECCIÓN DE SERVICIOS EXISTENTES, ENTIBADOS, TABLAESTACADOS

HU.3.3.1.1 PROTECCIÓN DE SERVICIOS EXISTENTES.

Comprende todos los materiales, maquinarias, personal, herramientas, protecciones colectivas y equipos de protección personal, que deben ser utilizados en los servicios existentes ubicados en el trazo del Proyecto.

Unidad de medida

	Descripción	Unidad de Medida
HU.3.3.1.1.1	**PROTECCIÓN EN CRUCE CON RED EXISTENTE DE AGUA POTABLE**	Unidad (Und.)
HU.3.3.1.1.2	**PROTECCIÓN EN CRUCE CON RED EXISTENTE DE ALCANTARILLADO**	Unidad (Und.)
HU.3.3.1.1.3	**PROTECCIÓN EN CRUCE CON CABLES ELÉCTRICOS**	Unidad (Und.)
HU.3.3.1.1.4	**PROTECCIÓN EN CRUCE CON VÍA FÉRREA**	Unidad (Und.)
HU.3.3.1.1.5	**PROTECCIÓN DE POSTES DE ALUMBRADO Y/O TELEFÓNICOS UBICADOS CERCA AL TRAZO**	Unidad (Und.)

Etc.

Forma de medición

Comprenden lo requerido en el Expediente Técnico de Obra en lo referente a personal y recursos disponibles para ejecutar dicha actividad, los mismos que deberán estar sujetos a las coordinaciones con las Empresas Prestadoras de los Servicios y Gobierno Local correspondiente.

Las Partidas expresadas en unidades, varían de acuerdo al tipo de servicio a proteger; líneas, redes, postes, línea férrea, etc.

ç

HU.3.3.1.2 PROTECCIÓN EN CRUCES DE CANALES DE REGADÍO, RÍOS.

Comprende todos los materiales, maquinarias, personal, herramientas, protecciones colectivas y equipos de protección personal, que deben ser utilizados en el cruce de líneas, redes, etc. en Canales de Regadío ó Ríos.

Entre ellos se debe considerar, sin llegar a ser una limitación: casco de seguridad, gafas de acuerdo al tipo de actividad, escudo facial, protectores de oído, respiradores, guantes, botines/botas con puntera de acero, arnés de cuerpo entero y línea de enganche, prendas de protección, bombas de agua, sistema de iluminación, etc.

Unidad de medida

	Descripción	Unidad de Medida
HU.3.3.1.2.1	**PROTECCIÓN EN CRUCE CON CANALES DE RIEGO**	Unidad (Und.)
HU.3.3.1.2.2	**PROTECCIÓN EN CRUCE CON RÍO**	Unidad (Und.)

Etc.

Forma de medición

Comprenden lo requerido en el Expediente Técnico de Obra en lo referente a la Especificación Técnica y Análisis de Precios. Las Partidas podrán variar de acuerdo a la magnitud y complejidad del cruce a realizar.

HU.3.3.1.3 ENTIBADOS Y TABLAESTACADOS.

HU.3.3.1.3.1 TABLAESTACADO CONTÍNUO

Refiere a las obras de apuntalamiento de las excavaciones, zanjas, pozos, etc. cuando el terreno por falta de estabilidad ofrece grandes riesgos de deslizamiento sea en condición seca o húmeda. Este tipo de protección considera la cara completa del terreno a proteger.

La partida comprende todos los insumos necesarios para la construcción y retiro de los tablestacados.

Unidad de Medida

Descripción	Unidad de medida
HU.3.3.1.3.1.1 PARA EXCAVACIONES PARA ESTRUCTURAS, POZOS	Metro cuadrado (m^2)
HU.3.3.1.3.1.2 PARA EXCAVACIONES DE ZANJAS.	Metro (m)

Forma de medición

El cómputo de tablestacado o entibado continuo en excavaciones para estructuras, se obtendrá calculando el área neta protegida, deducida de la multiplicación de la altura necesaria del tablestacado por su longitud.

El cómputo por metro lineal de zanja involucra las 2 caras de la zanja, debiendo precisarse las profundidades de las zanjas.

HU.3.3.2 MANTENIMIENTO DEL SERVICIO DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

HU.3.3.2.1 MANTENIMIENTO DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE.

Comprende la instalación provisional de tuberías, válvulas y accesorios que empalmaran a las conexiones domiciliarias, con la finalidad de mantener el servicio de agua potable de los usuarios afectados. Incluye el empalme de esta tubería provisional a la red existente que permitirá mantener el servicio. Se considera también el retiro de la misma una vez culminado los trabajos.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

Forma de medición

Se computará el total de conexiones domiciliarias que reciben el mantenimiento del servicio.

HU.3.3.2.2 DESVÍO DE RED DE AGUAS RESIDUALES.

Comprende los gastos de colocar provisionalmente las tuberías que empalmaran los tramos de colectores que se encuentran en servicio y que dejaran de funcionar por motivos de reemplazo por encontrarse deteriorados, cambio de diámetro, cambio de material, etc. Se considera el retiro de las instalaciones provisionales una vez culminado los trabajos.

Unidad de Medida

Metro (m).

Forma de medición

Se computará la longitud en metros de los tramos de tubería provisional.

HU.3.3.2.3 BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES.

Comprende el personal, equipos, herramientas, materiales y permisos correspondientes que deben ser empleados para el bombeo de aguas residuales, que se presentan generalmente al realizar rehabilitaciones de servicios de alcantarillado en funcionamiento. Incluye la línea de impulsión que se empleará para la conducción del agua bombeada hasta un punto de descarga autorizado. Se considera también el retiro de las instalaciones provisionales una vez culminado los trabajos.

Unidad de Medida

Hora (h) ó Global (Glb.)

Forma de medición

Se computará por hora efectiva de bombeo, según la característica del equipo de bombeo especificado. Cuando la partida es global, se estimará en el análisis de la partida las horas de bombeo y equipos requeridos.

HU.3.3.3 SEÑALIZACIONES DEL TRÁNSITO VEHICULAR Y SEGURIDAD

HU.3.3.3.1 SEÑALIZACIONES, ILUMINACIÓN NOCTURNA.

El análisis se refiere a los gastos de colocación y retiro de tranqueras, barreras de señalización y luces necesarias para la prevención de accidentes, para el corte o restricción del tránsito peatonal y vehicular, tanto de día como de noche, según Especificaciones Técnicas, Cartilla de Señalización y/o Estudio de tránsito del Proyecto.

Unidad de Medida

Metro (m), Kilómetro (Km), dependiendo de la envergadura de la obra.

Forma de medición

Se computará el total de las longitudes de vías, que requieren de señalización permanente durante el tiempo que duren los trabajos. El Análisis de precio deberá considerar el estimado de horas-hombre y materiales requeridos.

HU.3.3.3.2 Cerco de Malla de Protección, cintas, tranqueras, barreras, letreros, conos.

El análisis se refiere a los gastos de colocación y retiro de los cercos de mallas y/o cintas de señalización, con sus respectivos postes de sujeción, para el corte o restricción del tránsito peatonal y vehicular, tanto de día como de noche, según Especificaciones Técnicas, Cartilla de Señalización y/o Estudio de tránsito del Proyecto.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.3.3.3.2.1	**PARA CERCO DE MALLAS, CINTAS DE SEÑALIZACIÓN**	Metro (m)
HU.3.3.3.2.2	**PARA TRANQUERAS, BARRERAS, LETREROS, BARRERAS, LETREROS, CONOS.**	Unidad (Und.)

Forma de medición

Los cercos y cintas se computarán el total de las longitudes de vías, que requieren de señalización permanente durante el tiempo que duren los trabajos.
Las tranqueras, barreras, letreros, conos serán contabilizados por unidades (piezas)
Las señalizaciones en la cantidad indicada en el Presupuesto, deberán permanecer durante el tiempo que dure la obra.

HU.3.3.3.3 PASES TEMPORALES: VEHICULARES Y PEATONALES.

Las partidas consideran los gastos de colocación, mantenimiento durante el periodo de ejecución de la obra y retiro de elementos (madera, perfiles metálicos, etc.), los que tendrán que ser móviles para ser empleados en su debida oportunidad. Los pases vehiculares y/o peatonales, serán colocados en zonas estratégicas y de acuerdo a la especificación del proyecto y evaluación de la Inspección.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
Los pases se computarán por unidades (piezas).
Nota: Las señalizaciones en la cantidad indicada en el presupuesto deberá permanecer durante el tiempo que dure la obra.

HU.3.3.3.4 CRUCE DE VÍAS DE GRAN TRÁNSITO (INCLUYE SEÑALIZACIONES, ILUMINACIÓN NOCTURNA, CINTAS, TRANQUERAS, BARRERAS, LETREROS, CONOS).

El análisis se refiere a los gastos de colocación y retiro de todo un sistema de protección permanente, incluyendo los elementos propios de protección, además de las actividades para la habilitación de vías temporales de desvío y personal de señalizadores tanto de día como de noche, según Especificaciones Técnicas, Cartilla de Señalización y/o Estudio de Tránsito del Proyecto.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
Se computará por unidad de cruce, diferenciando los cruces de una vía, de dos, etc. El análisis de precio deberá considerar el estimado de horas-hombre y materiales requeridos durante el tiempo que demande los trabajos.

HU.3.3.4 MEDIO AMBIENTE

HU.3.3.4.1 RIEGO DE LA ZONA DE TRABAJO POR CONTAMINACIÓN DEL AIRE (POLVO).

Comprende el personal, equipos de riego, herramientas y materiales que deben ser empleados para mitigar la contaminación del aire (polvo) en las zonas de trabajo donde se desarrollarán actividades que involucran movimientos de tierra.
Entre ellos se debe considerar, el costo de adquisición del agua y transporte del mismo.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.3.3.4.1.1	**PARA INSTALACIÓN DE LÍNEAS, REDES**	Metro (m) o Kilómetro

DEPENDIENDO DE LA ENVERGADURA DE LA OBRA. (Km)

HU.3.3.4.1.2 PARA EDIFICACIONES, ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS Global (Glb.)

Forma de medición
Cumplir lo requerido en el Expediente Técnico de Obra en lo referente a la cantidad de equipos y sistema requerido, por el tiempo que demande las actividades de movimiento de tierras.

HU.3.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS.

HU.3.4.1 EXCAVACIONES

HU.3.4.1.1 EXCAVACIÓN DE ZANJAS

Esta partida comprende toda excavación para la instalación de tuberías, considerando partidas independientes por diámetro nominal de tuberías, tipo de terreno y profundidad.

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición
Se computarán en partidas separadas aquellas excavaciones que exijan un trabajo especial debido al sistema de excavación (maquinaria o a pulso), a la calidad y condiciones del terreno, así como las que tuviesen problemas de presencia de aguas subterráneas, o de alguna otra índole que no permita la ejecución normal de esta partida. El cómputo se hará midiendo la longitud de la zanja, sin incluir alguna estructura.

HU.3.4.1.2 EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS

Esta partida comprende toda la excavación para construcciones de estructuras, considerando partidas independientes por tipo de terreno.

Unidad de Medida
Metro cúbico (m^3)

Forma de medición
Se medirá el volumen del material en el sitio, antes de excavar. Se computarán en partidas separadas aquellas excavaciones que exijan un trabajo especial debido al sistema de excavación (maquinaria o a pulso), a la calidad y condiciones del terreno, así como las que tuviesen problemas de presencia de aguas subterráneas, o de alguna otra índole que no permita la ejecución normal de esta partida.
El cómputo se hará multiplicando el área de la sección horizontal promedio por su altura.

HU.3.4.1.3 CORTES

Acción de cortar, realizada manualmente o con maquinaria, a fin de separar del nivel definitivo del terreno que se indica en los planos, las elevaciones, montículos, así como cortes de taludes . Incluye el acarreo del material fuera de los límites de cada estructura. Pueden ser ejecutados manualmente o con maquinaria.

Unidad de Medida
Metro cúbico (m^3)

Forma de medición
Se medirá el volumen, mediante los levantamientos topográficos necesarios, hasta alcanzar los niveles superficiales que se indique en los planos. La medición se hará neta sin incluir esponjamiento.

HU.3.4.2 REFINE Y NIVELACIÓN

Estas partidas consideran las labores de refine, nivelación y conformación de fondo. Se computarán en partidas separadas debido a la calidad y condiciones del terreno (tipo de terreno).

HU.3.4.2.1 REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJAS

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición
El cómputo se hará midiendo la longitud de la zanja. Considerando partidas independientes por diámetro nominal de tuberías y tipo de terreno.

HU.3.4.2.2 REFINE Y NIVELACIÓN PARA ESTRUCTURAS

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
El cómputo se hará midiendo el área de la sección horizontal. Considerando partidas independientes por tipo de terreno.

HU.3.4.3 RELLENOS

Comprende la ejecución de trabajos tendientes a rellenar zanjas (como es el caso de colocación de tuberías, cimentaciones enterradas, etc.) o el relleno de zonas requeridas por los niveles de pisos establecidos en los planos.

HU.3.4.3.1 RELLENO Y COMPACTACIÓN PARA ZANJAS

Comprende todos los trabajos para el relleno y compactación de zanjas, después de instalar las tuberías, incluye el material de relleno que puede ser propio, selecto o seleccionado, sea propio o de préstamo.

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición
Se computará midiendo la longitud de la zanja, en concordancia con lo tipificado para las Partidas de Excavación de Zanjas, es decir se hará midiendo la longitud de la zanja, descontando las cámaras o buzones. Se agruparán por rango de tuberías y profundidad. Considera la cama o lecho de tubería, material selecto y seleccionado propio y/o de préstamo

HU.3.4.3.2 RELLENO Y COMPACTACIÓN PARA ESTRUCTURAS

Comprende todos los trabajos para el relleno y compactación de excavaciones, incluye el material de relleno que puede ser propio, selecto o seleccionado, sea propio o de préstamo.

Unidad de Medida
Metro cúbico (m^3).

Forma de medición
Se medirá el volumen de relleno compactado. La unidad comprende el esparcimiento del material, agua para la compactación, la compactación propiamente dicha y la conformación de rasantes.
El volumen de relleno en cimentaciones, será igual al volumen de excavación, menos el volumen de concreto que ocupa el cimiento. Igualmente el relleno de zanjas para tuberías, cajas de inspección, etc., será igual al de la excavación menos el volumen ocupado por el elemento de que se trate.

HU.3.4.3.2.1 RELLENO CON MATERIAL PROPIO.
Esta partida comprende los rellenos a ejecutarse utilizando el material proveniente de las excavaciones de la misma obra.

HU.3.4.3.2.1 RELLENOS CON MATERIAL DE PRÉSTAMO.
Esta partida comprende los rellenos a efectuarse utilizando materiales traídos desde fuera de obra.

HU.3.4.3.3 MATERIAL DE PRÉSTAMO PARA RELLENOS
Refiere esta partida al volumen de material que es necesario transportar a la obra cuando el volumen del material disponible proveniente de las excavaciones es inferior al que se requiere para los rellenos, que se tenga que reemplazar el material no apropiado para rellenos, o en el caso que se especifique algún material especial para ejecutar dichos rellenos.

Unidad de Medida
Metro cúbico (m^3).

Forma de medición
El volumen del material transportado para el relleno será igual a la diferencia entre el volumen de relleno necesario compactado, menos el volumen del material disponible compactado. En el caso de que no se utilice el material disponible para los fines de relleno, el volumen del material que se transportará será igual al volumen de relleno necesario compactado.
Los Volúmenes de relleno compactado se computarán midiendo las áreas de la sección horizontal promedio por su altura. Los esponjamientos del material se considera en los Análisis de Precios de las Partidas.

HU.3.4.4 ELIMINACIÓN DEL DESMONTE Y/O DEL MATERIAL EXCEDENTE
Comprende la eliminación del material excedente determinado, así como la eliminación de desperdicios de la obra como son residuos de mezclas, ladrillos y basura, etc. producidos durante la ejecución de la construcción. Esta partida considera la carga, transporte y descarga para eliminar el material excedente. Se deberá indicar la distancia máxima de transporte.

HU.3.4.4.1 ELIMINACIÓN DEL DESMONTE

Comprende la eliminación de desperdicios de la obra como son residuos de mezclas, ladrillos y basura, etc. producidos durante la ejecución de la construcción. Esta partida considera la carga, transporte y descarga para eliminar el desmonte

Unidad de Medida
Global (Glb)

HU.3.4.4.2 ELIMINACIÓN DEL MATERIAL EXCEDENTE DE EXCAVACIÓN DE ZANJAS
Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de Medición
Se computará midiendo la longitud de la zanja.
Para el caso de zanjas en donde sea necesario reemplazar el material (por ejemplo en terreno rocoso) adicionalmente a la agrupación por rango de tuberías deberá precisarse la profundidad de la zanja, debido al reemplazo del material no apropiado en las capas superiores del relleno al promedio por su altura. El volumen del material que se considere en al Análisis de Costo de la Partida incluye su esponjamiento.

HU.3.4.4.3 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE DE EXCAVACIONES PARA ESTRUCTURAS
Unidad de Medida
Metro cúbico (m3).

Forma de Medición
El volumen de material excedente de excavaciones, será igual a la diferencia entre el volumen excavado, menos el volumen del material necesario para el relleno compactado.
En caso de no presentarse material requerido para relleno El cómputo se hará multiplicando la sección horizontal promedio por la altura.
En ambos casos, el factor por esponjamiento es considerado en el Análisis del Costo de la Partida.

HU.3.5 TUBERÍAS.

HU.3.5.1 SUMINISTRO DE TUBERÍAS
Esta partida involucra el suministro y transporte hasta el lugar próximo a su instalación. Se considera los elementos de unión, transporte a pie de obra, y recubrimientos de ser el caso. El desperdicio si bien se menciona en la descripción de la Partida, será considerado en el Análisis de Precios de las Partidas.
Las tuberías son fabricados de diferente material y presiones de trabajo. Asimismo, presentan varios tipos de junta, como es el caso de tubos con extremos tipo Espiga, Biselado, Campana (Enchufe), Bridado, Simple Presión, Unión Flexible, Unión Roscada.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
El cómputo será midiendo la longitud efectiva en las tuberías a instalarse agrupándose en partidas independientes según su diámetro, tipo y clase. El

metrado no incluirá la longitud de los accesorios, cámaras, ni buzones. , ni cualquier infraestructura.

HU.3.5.2 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

Esta partida involucra el acarreo de la tubería a pie de zanja, bajada e instalación de acuerdo a las especificaciones técnicas del Proyecto.

Unidad de Medida

Metro (m).

Forma de medición

El cómputo será midiendo la longitud efectiva en las tuberías a instalarse agrupándose en partidas independientes según su diámetro, tipo y clase. El metrado no incluirá la longitud de los accesorios, cámaras ni buzones.

HU.3.6 ACCESORIOS

HU.3.6.1 SUMINISTRO DE ACCESORIOS PARA TUBERÍAS

Esta partida considera el suministro y transporte hasta el lugar de su instalación, de todos los accesorios necesarios para cambios de dirección, derivaciones, reducciones, terminales, transiciones, etc., de los diámetros y características establecidas en el proyecto.

Los accesorios, al igual que las tuberías, son fabricados de diferente material y pueden presentarse para diferentes presiones de trabajo según la tubería donde se instalarán. Asimismo, presentan varios tipos de unión como es el caso de uniones con extremos tipo Espiga, Biselado, Campana (Enchufe), Bridado, Simple Presión, Unión Flexible, Unión Roscada.

Unidad de Medida

Unidad (Und.)

Forma de medición

El cómputo se hará contando el número de unidades agrupadas por diámetro, tipo y clase.

HU.3.6.2 INSTALACIÓN DE ACCESORIOS PARA TUBERÍAS

Esta partida considera la instalación de accesorios.

Unidad de Medida

Unidad (Und.)

Forma de medición

El cómputo se hará contando el número de unidades agrupadas por tipo, diámetro y clase.

HU.3.6.3 Anclaje y dados de concreto para accesorios

Esta partida comprende la construcción de los elementos que servirán para fijar los accesorios en el terreno.

Unidad de Medida

Descripción	Unidad de medida

HU.3.6.3.1	**PARA ANCLAJES DE DISEÑO TÍPICO O SIMILAR**	Unidad (Und.)

Cuando se trate de accesorios de gran diámetro con diseños especiales, se podrá optar por tratar las partidas en forma independiente:

HU.3.6.3.2	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
HU.3.6.3.3	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
HU.3.6.3.4	**PARA ACERO DE REFUERZO**	Kilogramo (kg)
HU.3.6.3.5	**PARA PIEZAS DE UNIÓN TIPO ABRAZADERA O SIMILAR**	Unidad (Und.)

Forma de medición

Los anclajes y dados de diseño típico o similar, por presentarse en forma repetitiva, el cómputo se hará contando el número de unidades a fijarse agrupándose por diámetro, tipo y clase de los accesorios.

Para anclajes y dados que requieren ser tratados en partidas independientes:

El volumen de concreto se obtiene calculando el volumen real por ejecutar de acuerdo a su forma geométrica.

El área de encofrado (y desencofrado) se determinará como el área efectiva a ejecutarse en contacto con el concreto.

El cómputo del peso de la armadura será el metrado neto, sin desperdicios ni retaceos.

El cómputo de las piezas de unión tipo abrazaderas, se efectuará por unidad según el modelo.

HU.3.7. VALVULAS, GRIFOS Y MEDIDORES DE CAUDAL

HU.3.7.1 SUMINISTRO DE VÁLVULAS, GRIFOS Y MEDIDORES DE CAUDAL

Esta partida considera el suministro y transporte hasta el lugar de instalación de las válvulas, grifos y medidores de caudal, asimismo de materiales componentes de la misma y aditamentos indispensables para su perfecto funcionamiento, conforme a las especificaciones técnicas del Proyecto.

En válvulas especiales de control, adicionalmente a los aditamentos propios de la válvula de control, son requeridos otros componentes que al ser representativos toman la denominación de Instalación Hidráulica para válvulas. Estos componentes pueden ser tratados en partidas independientes de acuerdo al diseño.

Las válvulas son fabricadas de diferente material (Fierro fundido laminar, dúctil, acero inoxidable, de bronce, etc.) y pueden ser para diferentes presiones de trabajo según la Línea ó Red de Tubería donde se instalarán. Asimismo, presentan varios tipos de unión, como es el caso de uniones con extremos tipo Campana (Enchufe o embone), Bridado, Unión Roscada.

En cuanto al Sistema de funcionamiento, las válvulas presentan diferentes sistemas. Estas pueden ser de Control manual directo, Control Automático mediante un sistema con piloto, control motorizado, con Actuadores y Control Scada, etc.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.3.7.1.1	**CUANDO SE TRATA DE COMPONENTES POR**	Unidad (Und.),

HU.3.7.1.2	**SEPARADO CUANDO SE TRATA DE COMPONENTES AGRUPADOS**	Global (Glb.)

Forma de medición

El cómputo se hará contando el número de unidades, agrupándolas de acuerdo al diámetro, tipo y clase.

HU.3.7.2 SUMINISTRO DE COMPONENTES DE INSTALACIÓN HIDRÁULICA PARA VÁLVULAS, GRIFOS Y MEDIDORES CAUDAL

Esta partida involucra el suministro de los componentes (niples de tubos, bridas, pernos, empaquetaduras, válvulas complementarias, uniones flexibles, codos, transiciones, manómetros, etc.) y aditamentos (abrazaderas) que se albergarán en la cámara y que acompañarán en conjunto a la Válvula de Control y/o Medidor de Caudal para su perfecto funcionamiento.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.3.7.2.1	**CUANDO SE TRATA DE COMPONENTES POR SEPARADO**	Unidad (Und.),
HU.3.7.2.2	**CUANDO SE TRATA DE COMPONENTES AGRUPADOS**	Global (Glb.)

Forma de medición

El cómputo se hará contando el número de unidades, agrupándolas de acuerdo al diámetro, tipo y clase.

En válvulas especiales de control, la partida incluye el suministro de los componentes de la instalación hidráulica ubicados dentro de la cámara hasta los empalmes de ingreso y salida de la misma.

HU.3.7.3 MONTAJE EN CÁMARA, DE VÁLVULAS, GRIFOS Y MEDIDORES DE CAUDAL.

Esta partida involucra el montaje de válvulas, grifos y medidores de caudal, con todos sus aditamentos para su perfecto funcionamiento.

En válvulas especiales de control, la partida además de la válvula y/o medidor, incluye el montaje de los componentes y aditamentos de la Instalación Hidráulica ubicadas dentro de la cámara hasta los empalmes de ingreso y salida de la misma.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.3.7.3.1	**CUANDO SE TRATA DE COMPONENTES POR SEPARADO**	Unidad (Und.),
HU.3.7.3.2	**CUANDO SE TRATA DE COMPONENTES AGRUPADOS**	Global (Glb.)

Forma de medición

El cómputo se hará contando el número de unidades, agrupándolas de acuerdo al diámetro, tipo y clase.

En válvulas especiales de control, el montaje de las válvulas y/o medidores con sus componentes de instalaciones hidráulicas, se hará contando el número de unidades, agrupándolas de acuerdo a los diseños e incluye el montaje de los elementos ubicados dentro de la cámara hasta los empalmes de ingreso y salida de la misma.

HU.3.7.4 ANCLAJE Y DADOS DE CONCRETO PARA VÁLVULAS, GRIFOS Y MEDIDORES

Esta partida comprende la construcción de los elementos que servirán para fijar los accesorios en el terreno ó cámara.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.3.7.4.1	**PARA ANCLAJES DE DISEÑO TÍPICO O SIMILAR**	Unidad (Und.)
	Cuando se trate de diseños en cámaras, se podrá optar por tratar las partidas en forma independiente:	
HU.3.7.4.2	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
HU.3.7.4.3	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO**	Metro cuadrado (m^2)
HU.3.7.4.4.	**PARA ACERO DE REFUERZO**	Kilogramo (kg)
HU.3.7.4.5	**PARA PIEZAS DE UNIÓN TIPO ABRAZADERA O SIMILAR**	Unidad (Und.)

Forma de medición

Los anclajes y dados de diseño típico o similar, de presentarse en forma repetitiva, el cómputo se hará contando el número de unidades a fijarse agrupándose por diámetro, tipo y clase de válvulas, grifos y medidores de caudal.

Para anclajes y dados que requieren ser tratados en partidas independientes:

El volumen de concreto se obtiene calculando el volumen real por ejecutar de acuerdo a su forma geométrica.

El área de encofrado (y desencofrado) se determinará como el área efectiva a ejecutarse en contacto con el concreto.

El cómputo del peso de la armadura será el metrado neto, sin desperdicios ni retaceos.

El cómputo de las piezas de unión tipo abrazaderas, se efectuará por unidad según el modelo.

HU.3.7.5 ELEMENTOS PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS

HU.3.7.5.1 SUMINISTRO DE ELEMENTOS DE TOMA DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE

Esta partida considera el suministro y transporte hasta el lugar de su instalación, de la válvula corporation y accesorios necesarios para la toma ó conexión entre el punto de salida de la red (abrazadera) hasta la tubería ramal que abastecerá a la edificación. Considera la válvula corporation, niple transición, tuerca, empaquetadura y curva u otro elemento de empalme con la tubería ramal, de los diámetros y especificaciones establecidas en el proyecto.

Unidad de Medida

Unidad (Und.)

Forma de medición

El cómputo se hará contando el número de unidades agrupadas por conexión domiciliaria, de acuerdo al diámetro y tipo.

HU.3.7.5.2 INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE TOMA DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE

Esta partida considera la instalación de los elementos de toma de la conexión domiciliaria.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo se hará contando el número de unidades agrupadas por conexión domiciliaria, de acuerdo al diámetro y tipo.

HU.3.7.5.3 SUMINISTRO DE ELEMENTOS DE CONTROL DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE

Esta partida considera el suministro y transporte hasta el lugar de su instalación, de las válvulas de paso y accesorios necesarios para conformar la Batería de Control de la conexión domiciliaria, ubicada dentro de la Caja del Medidor de la Conexión. Considera las válvulas de paso, niples transición, tuercas, empaquetaduras, uniones presión – rosca y todo elemento necesario para el control de la Conexión Domiciliaria, de los diámetros y especificaciones establecidas en el proyecto.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo se hará contando el número de unidades agrupadas por conexión domiciliaria, de acuerdo al diámetro y tipo.

HU.3.7.5.4 INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE

Esta partida considera la instalación de los elementos de control de la conexión. La prueba esta considerada en la prueba integral de la conexión completa.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo se hará contando el número de unidades agrupadas por conexión domiciliaria, de acuerdo al diámetro y tipo.

HU.3.7.5.5 SUMINISTRO DE ELEMENTOS DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO

Esta partida considera el suministro y transporte hasta el lugar de su instalación, del Codo cachimba ó Codo Block y elementos necesarios para la conexión (sujetadores, anclajes, etc.) de la red de alcantarillado con la tubería colectora de desagüe de la edificación.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo se hará contando el número de unidades agrupadas por conexión domiciliaria, de acuerdo al diámetro, tipo y clase.

HU.3.7.6 INSTALACIÓN DE ELEMENTOS DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO

Esta partida considera la instalación de los elementos de la conexión domiciliaria.

Unidad de Medida

Unidad (Und.)

Forma de medición

El cómputo se hará contando el número de unidades agrupadas por conexión domiciliaria, de acuerdo al diámetro y tipo.

HU.3.8. CÁMARAS PARA VÁLVULAS Y SIMILARES

HU.3.8.1 CONSTRUCCIÓN DE CÁMARAS PARA VÁLVULAS DE AIRE, PURGA, CONTROL O SIMILAR

Comprende la construcción según diseño y especificación, de la cámara ó caja que servirá para alojar, proteger y facilitar su acceso y operación de las válvulas, con sus respectivos componentes de instalación hidráulica. Incluye el movimiento de tierras necesario para su construcción.

Unidad de Medida

Descripción	Unidad de medida
HU.3.8.1.1 PARA CÁMARAS DE DISEÑO TÍPICO O SIMILAR	Unidad (Und.),

Cuando se trate de cámaras de gran dimensión con diseños especiales, se podrá optar por tratar las partidas en forma independiente:

Metro cúbico (m^3) para el concreto.
Metro cuadrado (m^2) para el encofrado y desencofrado.
Kilogramo (kg) para acero de refuerzo.
Unidad (Und.), para marcos y tapas
Metro (m), para escaleras, etc.
Y otras unidades, se adaptaran conforme las partidas para Obras de Edificación (OE).

Forma de medición

Las cámaras y cajas de diseño típico o similar, de presentarse en forma repetitiva, el cómputo se hará contando el número de unidades agrupándolas de acuerdo al tipo, características de diseño y clasificación del terreno indicados en el proyecto.
Cuando se trate de cámaras ó cajas de gran dimensión con diseños especiales, se podrá optar por tratar las partidas en forma independiente, aplicándose las normas de medición de las partidas para Obras de Edificación (OE).

HU.3.9. CAMARAS DE INSPECCION: BUZONES, BUZONETAS, CAJAS, CÁMARAS DE REUNIÓN

Comprende la construcción de buzones, buzonetas y cajas de registro y otras cámaras. Incluye el movimiento de tierras necesario para su construcción según diseño y especificación.

Unidad de Medida

Descripción	Unidad de medida

HU.3.9.1 **PARA CÁMARAS DE DISEÑO TÍPICO O SIMILAR** Unidad (Und.),

Cuando se trate de cámaras de gran dimensión con diseños especiales, se podrá optar por tratar las partidas en forma independiente:

HU.3.9.2	**PARA EL CONCRETO**	Metro cúbico (m^3)
HU.3.9.3	**PARA EL ENCOFRADO Y DESENCOFRADO.**	Metro cuadrado (m^2)
HU.3.9.4	**PARA ACERO DE REFUERZO.**	Kilogramo (kg)
HU.3.9.5	**PARA MARCOS Y TAPAS**	Unidad (Und.)
HU.3.9.6	**PARA ESCALERAS, ETC.**	Metro (m)

Y otras unidades, se adaptaran conforme a las partidas para Obras de Edificación (OE).

Forma de medición

Para las cámaras de inspección de diseño típico o similar, el cómputo se hará contando el número de unidades agrupándolas de acuerdo al tipo, características de diseño, rango de profundidades y clasificación de los terrenos indicados en el proyecto.

HU.3.10. ESTACIONES DE BOMBEO, REBOMBEO PARA AGUA POTABLE Y AGUAS RESIDUALES:

Son aplicables todas las partidas para Obras de Edificación (OE) así como algunas con características particulares para la construcción de Estructuras Hidráulicas y obras complementarias (Casetas, Cercos, Canales, etc.).

HU.3.11. ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO

Son aplicables todas las partidas para Obras de Edificación (OE) así como algunas con características particulares para la construcción de Estructuras Hidráulicas y obras complementarias (Casetas, Cercos, Canales, etc.).

HU.3.12. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

Son aplicables todas las partidas para Obras de Edificación (OE) así como algunas con características particulares para la construcción de Estructuras Hidráulicas y obras complementarias (Casetas, Cercos, Canales, etc.).

HU.3.13. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Son aplicables todas las partidas para Obras de Edificación (OE) así como algunas con características particulares para la construcción de Estructuras Hidráulicas y obras complementarias.

HU.3.14. INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS

Comprende los suministros, transporte, montajes y pruebas de funcionamiento de los equipos mecánicos, eléctricos según planos y especificaciones técnicas del proyecto.

HU.3.14.1 SUMINISTRO Y TRANSPORTE DE EQUIPOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS

Estas partidas comprenden el suministro y transporte a pie de obra, de bombas, motores, tableros, electrobombas, generadores y otros similares especificados en el proyecto.

Los Equipos, por las características de diseño, se consideran en Partidas independientes.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.3.14.1.1	**PARA CADA EQUIPAMIENTO EN PARTICULAR.**	Unidad (Und.),

Forma de medición

Se contará por unidad, la cantidad de elementos iguales, agrupándolos si las características técnicas (especificaciones) son las mismas.

Como norma de ayuda, los suministros pueden ser:

HU.3.14.1.1 EQUIPOS ELÉCTRICOS DE SUB-ESTACIONES DE TRANSFORMACIÓN ELÉCTRICA

Conformados por:

Celda de Llegada, incluye seccionadores, fusibles, botella terminal, etc.

Celda de Transformación, incluye transformador de potencia, base portafusibles, aisladores, barra de cobre armada, etc.

HU.3.14.1.2 TABLEROS DE BAJA TENSIÓN.

Considera Celda de metal – Gabinete, Interruptores, elementos de Control y Medición, cableado, etc.

HU.3.14.1.3 TABLERO DE CONTROL DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Considera Celda de metal – Gabinete, Interruptores, elementos de Control y Medición, cableado, etc.

HU.3.14.1.4 TABLEROS DE ARRANQUE Y PARADA DE EQUIPOS.

Considera Banco de Condensadores, Celda de metal – Gabinete, Interruptores, elementos de Control y Medición, cableado, etc.

HU.3.14.1.5 TABLEROS DE CONTROL AUTOMÁTICO.

Considera Celda de metal – Gabinete, Interruptores, Relés de Control de Niveles, Sistema de Alarma, Retardador de Tiempo, Alternador, Contactores, Fusibles, Cableado Interior, etc.

HU.3.14.1.6 GRUPOS ELECTRÓGENOS.

Conformados por el Equipo completo, compuesto por su motor, incluyendo su alternados, regulador electrónico, sistema de refrigeración, filtros, base de acero, ventilador, tablero de control y de transferencia, encapsulado de protección del ruido, etc. y todo elemento que complementa de acuerdo a las características del Proyecto.

HU.3.14.1.7 ELECTROBOMBAS.

Conformadas por la Bomba y el Motor, de acuerdo a las características del Proyecto, incluye además todos los elementos de acoplamiento entre la Bomba y el Motor, Base de metal y Columna de Producción, que va desde el punto de succión hasta la Boca de Descarga de la Bomba, de acuerdo al tipo y diseño requerido.

HU.3.15 INSTALACIONES HIDRAULICAS

Comprende los suministros, transporte, montajes y pruebas de funcionamiento de las instalaciones hidráulicas según planos y especificaciones técnicas del proyecto.

HU.3.15.1 SUMINISTRO Y TRANSPORTE DE COMPONENTES DE INSTALACIÓN HIDRÁULICA

Esta partida comprende el suministro y transporte a pie de obra, de las válvulas, medidores, manómetros, accesorios, niples de tubos, bridas, empaquetaduras, pernos, balanzas, aditamentos, etc. y todo complemento requerido para el correcto funcionamiento de las instalaciones hidráulicas.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.3.15.1.1	**PARA LAS VÁLVULAS, CODOS, TEES, MEDIDORES, ETC. CON EXCEPCIÓN DE LOS TUBOS**	Unidad (Und.)
HU.3.15.1.2	**PARA TUBERÍAS**	Metro (m),
HU.3.15.1.3	**CUANDO LOS COMPONENTES FORMAN PARTE DEL ANÁLISIS DE PRECIOS DE LA PARTIDA.**	Global (Glb.)

Forma de medición

Se contarán por unidad, la cantidad de elementos iguales, agrupándolos si las características técnicas (especificaciones) son las mismas.

HU.3.15.2 MONTAJE – INSTALACIÓN Y PRUEBA DE LOS EQUIPOS ELECTROMECÁNICO E INSTALACIONES HIDRÁULICAS

Comprende el Montaje de los Equipos Electro Mecánicos, Eléctricos e Instalaciones Hidráulicas y todos los componentes que forman parte del Equipamiento y/o Sistema Hidráulico de: estaciones de bombeo, de rebombeo, caseta de válvulas, etc. Así mismo incluye el soldado de tuberías, bridas, colocación de empaquetaduras, pernos, recubrimientos anticorrosivos, cables eléctricos, rotura y resane de las zonas afectadas.

Considera asimismo la Prueba de Puesta en Funcionamiento de los Equipos, lo que permitirá poner en marcha los Equipos con todas sus Instalaciones tanto Eléctricas, Mecánicas, Hidráulicas y el Sistema de Automatización, logrando su correcto funcionamiento.

Unidad de Medida

Unidad (Und.) de equipamiento, que involucra el montaje total de los suministros y pruebas.

Forma de medición

Se contarán por cada equipamiento agrupándolos si las características técnicas (especificaciones) son las mismas.

HU.3.16 REDES ELÉCTRICAS Y DE COMUNICACIÓN

Se cumplirá con las partidas HU.4 Infraestructura eléctrica y HU.5 Infraestructura de comunicaciones.

HU.3.17. EMPALMES

HU.3.17.1 EMPALMES DE TUBERÍAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Esta partida se refiere a la conexión de las obras en ejecución al sistema existente y considera, movimiento de tierras, desmontaje y montaje de tuberías del sistema existente.

En Sistemas de agua potable, comprenden todos los accesorios necesarios para realizar los empalmes, tales como: niples, uniones flexibles, anclajes etc

En Sistemas de alcantarillado, ~~no~~ incluye el suministro de tuberías, cámaras de inspección y anclajes que deberán considerarse para realizar los empalmes.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo se hará midiendo la cantidad de empalmes a ejecutar, agrupándola según el sistema a empalmar, su diámetro y tipo.

HU.3.18. PRUEBAS HIDRAULICAS Y DE CALIDAD

Las pruebas hidráulicas, la limpieza y desinfección se realizan antes de la puesta en servicio de la infraestructura sanitaria, conforme a las Especificaciones Técnicas del Proyecto.
Las pruebas de calidad corresponden a la calidad del concreto y prueba de compactación de suelos.

HU.3.18.1 PRUEBA FINAL Y DESINFECCIÓN DE TUBERÍAS

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
El cómputo se hará midiendo la longitud efectiva y agrupándola según su diámetro.

HU.3.18.2 PRUEBA FINAL Y DESINFECCIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Unidad de Medida
Metro cúbico (m^3).

Forma de medición
El cómputo se hará midiendo el volumen de la capacidad efectiva.
Observación: En estructuras que representen un gran volumen de almacenamiento, con la finalidad de evitar el derroche de agua potable, solo para la limpieza y desinfección de la estructura, se podrá realizar por ésta por metro cuadrado (m^2) de área efectiva.

HU.3.18.3 PRUEBA DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

Considera las actividades adecuadas que permitirán cumplir con la exigencia establecida en las Especificaciones Técnicas de Relleno y Compactación del Proyecto.
Sobre el número de pruebas a desarrollarse, se tomará en cuenta las exigencias de las Ordenanzas Municipales.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo se hará midiendo la cantidad de pruebas a ejecutar, independizando el tipo de las mismas.

HU.3.18.4 PRUEBA DE CALIDAD DEL CONCRETO

Considera las actividades adecuadas que permitirán cumplir con la exigencia establecida en las Especificaciones Técnicas del Proyecto, referente a la resistencia del concreto.
Sobre el número de pruebas a desarrollarse, se tomará en cuenta las exigencias del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo se hará midiendo la cantidad de pruebas a ejecutar.

HU.3.19. PAVIMENTOS EN ZONAS AFECTADAS

HU.3.19.1 CORTE, ROTURA, ELIMINACIÓN DEL DESMONTE Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS

Esta partida se refiere a las obras de corte y rotura de pavimentos existentes, la reposición del pavimentos una vez concluido los trabajos en zanja. Incluye además el material y labores para la conformación de la base y la eliminación del desmonte proveniente de la rotura, considerando partidas independientes por tipo y espesor del pavimento a reponer.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
El cómputo se hará calculando el área neta afectada.

HU.3.19.2 CORTE, ROTURA Y ELIMINACIÓN DEL DESMONTE Y REPOSICIÓN DE SARDINEL

Esta partida se refiere a las obras de corte y rotura de sardineles existentes, la reposición del mismo una vez concluido los trabajos en zanja. Incluye además la eliminación del desmonte proveniente de la rotura, considerando partidas independientes por tipo y espesor del pavimento.

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición
El cómputo se hará calculando la longitud del sardinel afectado.

HU.3.19.3 RETIRO Y REPOSICIÓN DE JARDINES

Considera las actividades adecuadas que permitirán el retiro y reposición en iguales condiciones a como se encontró, de los jardines que se ubican en el trazo de las zanjas y/o zonas afectadas por las construcciones.

Unidad de Medida
Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
El cómputo se hará calculando el área de reposición.

HU.3.19.4 REPOSICIÓN DE EMPEDRADOS

Considera las actividades adecuadas que permitirán el retiro y reposición en iguales condiciones a como se encontró, de los empedrados que se ubican en el trazo de las zanjas y/o zonas afectadas por las construcciones.

Unidad de Medida

Metro cuadrado (m^2)

Forma de medición
El cómputo se hará calculando el área de reposición.

HU.3.20. PERFORACIÓN DE POZOS TUBULARES

HU.3.20.1 PERFORACIÓN DEL POZO (INCLUYE ANTE-POZO).

Considera la perforación del pozo con equipo perforador tipo percusión, rotación o mixto a una profundidad establecida en el diseño y especificaciones del proyecto.
La partida incluye de ser el caso, la perforación inicial con un ante-pozo cuya profundidad debe ser aprobada también por la entidad, cumpliendo el contratista a su costo con las medidas de seguridad.

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición
El cómputo se hará de acuerdo a la profundidad de perforación ejecutada, incluyendo el ante-pozo.

HU.3.20.2 ALQUILER, INSTALACIÓN Y RETIRO DE TUBERÍA HERRAMIENTA.

Comprende la ejecución de los trabajos del entubado de acero provisional que servirá como herramienta, necesario para la buena marcha de los trabajos de perforación.

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición
El cómputo se hará de acuerdo a la cantidad de entubado provisional ejecutado. En el caso de que parte del material quede bajo tierra será por cuenta del Contratista (a su costo). Se considera en el costo las zapatas provisionales requeridas.

HU.3.20.3 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA HERRAMIENTA (INCL. ZAPATA).

Comprende la ejecución de los trabajos, en que el Contratista de acuerdo al diseño y a pedido de la Entidad efectuará la entubación definitiva (suministro e instalación) que el diseño considere necesarias para la buena marcha de los trabajos de perforación y mantenimiento del pozo.

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición
El cómputo se hará de acuerdo a la cantidad de entubado definitivo ejecutado. Se considera en el costo las zapatas requeridas.

HU.3.20.4 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PARA COLUMNA DE ACERO (INCLUYE CENTRADORES Ó GUÍAS)

Comprende la ejecución de los trabajos, en que el Contratista de acuerdo al diseño y especificaciones técnicas efectuará el entubado de la columna con tubo de acero del pozo (suministro e instalación). Se considera los centradores ó guías que

permiten mantener la verticalidad y alineamiento del entubado y las uniones de empalme.

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición
El cómputo se hará de acuerdo a la cantidad de entubado definitivo suministrado e instalado. Se incluye en el costo los centradores requeridos. Se tratará en partidas independientes de acuerdo a la clase de tubo y diámetro.

HU.3.20.5 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTROS PARA POZO TUBULAR.

Comprende la ejecución de los trabajos, en que el Constructor de acuerdo al diseño y especificaciones técnicas efectuará la columna de filtro del pozo (suministro e instalación) .
Los filtros presentan variabilidad de diseño y de material, siendo las más usuales los de ranura continua, puente trapezoidal, en materiales que van de acero al carbono, acero galvanizado, acero inoxidable, etc., presentándose en diferentes diámetros nominales.

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición
El cómputo se hará de acuerdo a la cantidad de filtro suministrado e instalado e incluye los elementos de unión entre tramos o con el entubado de acero. Se considera en partidas independientes de acuerdo al tipo de filtro y diámetro.

HU.3.20.6 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA FIERRO GALVANIZADO PARA COLUMNA DE GRAVA.

Comprende la ejecución de los trabajos, en que el Constructor de acuerdo al diseño y especificaciones técnicas suministra e instala el tubo de acero o fierro galvanizado en la parte superior del pozo, el mismo que permitirá la colocación de la grava selecta para mantenimiento del pozo. Se considera un tapón del mismo material, que permitirá mantener aislado el tubo de cualquier contaminación exterior.

Unidad de Medida
Metro (m)

Forma de medición
El cómputo se hará de acuerdo a la cantidad de tubería suministrada e instalada. Se incluye en el costo los centradores requeridos. Se tratará en partidas independientes de acuerdo a la clase de tubo y diámetro.

HU.3.20.7 PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE GRAVA SELECTA PARA POZO TUBULAR.

Todo pozo deberá perforarse teniendo en cuenta la utilización de un empaque de grava, sea estabilizador o prefiltro de grava. Esta partida considera la provisión y colocación de este empaque, con grava selecta basalto con partículas limpias,

firmes, durables, y bien redondeadas, con tamaño de grano y granulación seleccionados fijadas por las especificaciones del Proyecto. El espesor mínimo del empaque de grava será de 75 m.m.(3") y no será mayor de 305 m.m. (12") y la granulometría de la grava será determinada en base a la granulometría de los estratos acuíferos.

Unidad de Medida
Metro cúbico (m^3)

Forma de medición
El cómputo se hará de acuerdo a la cantidad de grava suministrada y colocada. El metrado no considera el esponjamiento ni desperdicio, los mismos que forman parte del costo unitario de la partida.

HU.3.20.8 DESARROLLO DEL POZO POR PISTONEO Y/O AIRE COMPRIMIDO.

La partida considera el desarrollo del pozo utilizando una o la combinación de los métodos listados más abajo, dependiendo de la reacción del pozo al proceso de desarrollo.

Método de Pistoneo: La agitación se producirá mediante un pistón adecuado, de acuerdo a las especificaciones del Proyecto, que podrá ser construido con válvula o sin ella. El diámetro del pistón deberá ser ajustado al diámetro interior de la tubería o tramo filtrante en desarrollo. Se considerará terminado el desarrollo por pistoneo si no se produce un embanque de arena en cantidad y el tiempo especificado.

Método de Desarrollo con Aire: El desarrollo considera la utilización de un sistema de bombeo de aire, utilizando el entubamiento a manera de tubo eductor. El desarrollo de filtros de gran tamaño puede requerir el empleo de un tubo eductor de diámetro más pequeño, en cuyo caso su empleo debe ser aprobado por la entidad antes de su aplicación.
Se considera compresores de aire, tuberías de bombeo y de aire, accesorios, etc., que serán de tamaño adecuado para bombear el pozo mediante el método de elevación del agua por aire a una capacidad especificada. El Constructor bombeará inicialmente el pozo con aire hasta que el pozo haya sido desarrollado al punto de producir agua clara y sin arena. Luego se desconectará el aire permitiendo que el agua en el pozo alcance una condición estática. El Constructor repetirá las operaciones indicadas hasta que el pozo no produzca ya más material fino al ser agitado y lavado como se acaba de describir.
El extremo inferior de la línea de aire se colocará en los niveles enrejillados o perforados para facilitar el desarrollo de todas las áreas de ingreso y zonas de producción múltiple de agua.

Unidad de Medida
Hora (h)

Forma de medición
El cómputo se hará de acuerdo a la cantidad de horas efectivas de desarrollo del pozo.

HU.3.20.9 PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE HEXAMETAFOSFATO DE SODIO.

Si el pozo es perforado por el método rotativo, el primer paso de desarrollo será el desplazamiento del fluido de perforación (lodo), haciendo circular agua clara a través de la tubería de perforación hasta el fondo del entubamiento.
La partida considera la aplicación de polifosfatos al pozo como agente para dispersar el lodo adherido a las paredes del pozo y el lodo residual de perforación. Los polifosfatos usados serán hexametafosfato sódico, ó sustitutos aprobados como tripolifosfato sódico, septafosfato sódico, piro fosfato tetrasódico o cualquier otro agente de dispersión de fosfato, conforme a especificaciones técnicas del Proyecto.

Unidad de Medida
Kilogramo (Kg)

Forma de medición
El cómputo se hará de acuerdo a la cantidad de kilogramos efectivos empleados en la construcción del pozo.

HU.3.20.10 TRANSPORTE, INSTALACIÓN Y RETIRO DE EQUIPO DE BOMBEO PARA PRUEBA DEL POZO.

Considera el traslado del sistema de bombeo que se utilizará para la prueba del pozo (equipo de bombeo, instalaciones hidráulicas, etc.) desde los almacenes del contratista a la obra, su instalación y el retiro posterior una vez concluido la prueba a entera satisfacción de los requisitos especificados.

Unidad de Medida
Global (Glb.)

Forma de medición
El cómputo se hará contabilizando el traslado total del sistema por cada pozo ejecutado.

HU.3.20.11 EVACUACIÓN DEL AGUA POR PRUEBA DE BOMBEO DEL POZO.

Esta Partida considera la descargada del agua que será conducida desde la bomba al curso de agua más cercana, aprobada por la entidad. Cuando menos a una distancia donde el agua será conducida a través de tuberías aprobadas o acequias revestidas para evitar la recirculación del agua. Es imperativo asegurar que no se cause ningún daño por inundación o erosión a la estructura de drenaje o sitios de disposición escogidos.

Unidad de Medida
Global (Glb.)

Forma de medición
El cómputo se hará contabilizando el traslado total del sistema por cada pozo ejecutado.

HU.3.20.12 SELLO SANITARIO EN ESPACIO ANULAR SUPERIOR.

HU.3.20.12.1 ANILLO SUPERIOR DE CONCRETO ARMADO EN ESPACIO ENTRE ANTE-POZO Y TUBERÍA HERRAMIENTA.

La parte superior del entubado permanente llevará un sello sanitario y anillo de concreto firme con el terreno para proveer un sello que impida la entrada de

filtraciones de agua superficial u otros fluidos. El anillo de concreto sirve además como elemento de sujeción del entubado del pozo y sub base de apoyo cuando se instale el equipo de bombeo definitivo (equipamiento del pozo tubular).

Unidad de Medida
Para el sello sanitario y anillo de concreto: Metro (m).

Forma de medición
El cómputo se hará de acuerdo a la profundidad del sello ó anillo ejecutado.

HU.3.20.13 CEMENTACIÓN EN ESPACIO ANULAR ENTRE PARED DEL POZO Y TUBERÍA DE COLUMNA.

HU.3.20.13.1 SELLADO CON CEMENTO EN FONDO DEL POZO TUBULAR.

En el caso de encontrar durante la perforación estratos acuíferos conteniendo aguas de calidad indeseable se procederá al sellado anular, según las especificaciones técnicas. Similar procedimiento se ejecuta al fondo del pozo tubular.

Unidad de Medida

Descripción	Unidad de medida
HU.3.20.13.1.1 PARA EL SELLADO ANULAR.	Metro (m),
HU.3.20.13.1.2 PARA EL SELLADO DEL FONDO.	Unidad (Und.),

Forma de medición
El cómputo del sellado anular se hará de acuerdo a la cantidad de entubado de columna sellada.
El cómputo de sellado en fondo del pozo es por cada pozo ejecutado.

HU.3.20.14 LIMPIEZA FINAL, NIVELACIÓN DEL TERRENO Y ELIMINACIÓN DEL DESMONTE POST CONSTRUCCIÓN DEL POZO.

Comprende la limpieza de la zona de trabajo, eliminación del desmonte, nivelación y habilitación de la zona en condiciones óptimas similares a como se encontró antes de iniciar los trabajos

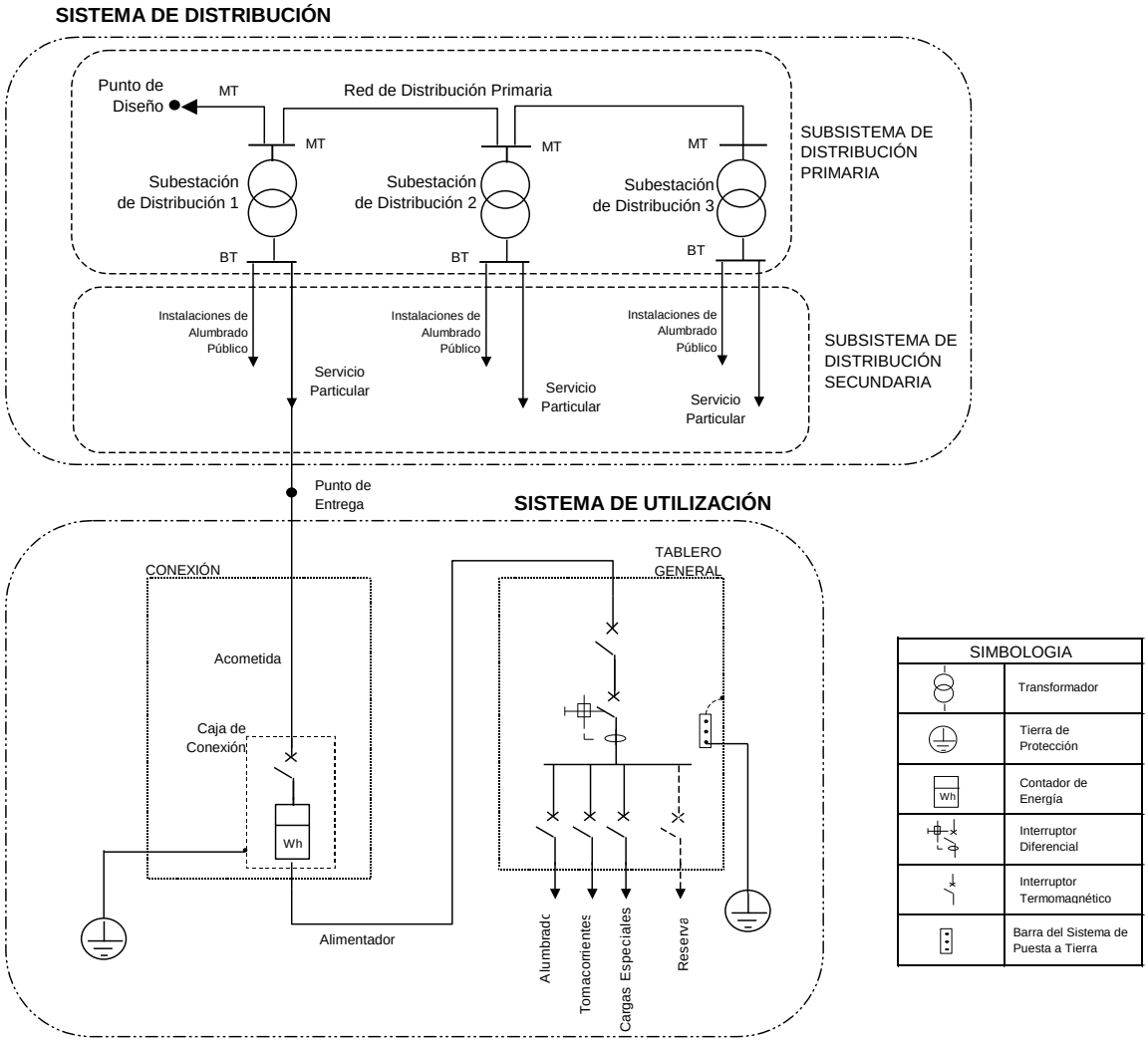
Unidad de Medida
Global (Glb.)

Forma de medición
El cómputo se hará contabilizando por cada pozo ejecutado.

HU.4 INFRAESTRUCTURA ELECTRICA

Los proyectos y obras que corresponden a las instalaciones eléctricas del Sistema de Distribución para el suministro de energía eléctrica constan de lo siguiente:

- Subsistema de Distribución Primaria
- Subsistema de Distribución Secundaria
- Instalaciones de Alumbrado Público
- Conexiones
- Punto de entrega



Nota:

El metrado de los Sistemas de Utilización están considerados en el Metrado para Obras de Edificación.

Para la elaboración de estos proyectos se deben tomar en cuenta la norma de "Procedimientos para la Elaboración de Proyectos y Ejecución de obras en Sistemas de Distribución y Sistemas de Utilización en Media Tensión en Zonas de Concesión de Distribución" aprobada mediante Resolución Directoral N° 018-2002-EM/DGE, así como las demás Normas de la Dirección General de Electricidad correspondientes.

HU.4.1 OBRAS PRELIMINARES

Descripción

Se considera obras preliminares a las actividades, el suministro y ejecución de labores correspondientes a la preparación del terreno para la ejecución de obras referente a habilitaciones urbanas.

Extensión del trabajo

Comprende las actividades, los labores preliminares a la ejecución del trabajo como por ejemplo la inspección del terreno, comprobación de los hitos de referencia, sondeo de los puntos de alimentación, sondeo de las instalaciones eléctricas existentes, demoliciones previas al trabajo, entre otros.
Se puede considerar como subpartidas, de acuerdo a la importancia y características del trabajo, como por ejemplo: inspección del terreno, sondeo de los puntos de alimentación, sondeo y reconocimiento de las instalaciones eléctricas existentes, nivelación del terreno, caminos de acceso, apertura de senda nueva, trozado y limpieza de arbustos, ramas y la maleza, excavación todo terreno excepto roca, excavación terreno arenoso, excavación terreno con filtración de agua, excavación en roca, relleno y compactación de excavación con material propio, relleno y compactación de excavación con suministro de tierra, eliminación de desmonte, suministro de material de compactación (afirmado), demoliciones previas al trabajo, transporte de maquinaria y equipo para la obra, otros.

Unidad de medida
Unidad (Und.)
Global (Glb.)

HU.4.2 REDES SUBTERRÁNEAS

Descripción
El suministro e instalaciones de la presente partida corresponden al sistema de distribución de energía eléctrica, conformada por Redes Subterráneas:
- Subsistema de Distribución Primaria
- Subsistema de Distribución Secundaria

Extensión del trabajo
El Subsistema de Distribución Primaria, comprende desde el punto de diseño hasta la última subestación de distribución; y el Subsistema de Distribución Secundaria, en baja tensión, comprende desde los tableros de distribución de baja tensión de cada subestación de distribución, hasta el extremo de los cables de los circuitos troncal y lateral de baja tensión que abastecerán a los suministros eléctricos.
Las instalaciones de Alumbrado Público, inician desde el tablero de baja tensión hasta el extremo de cada poste de alumbrado público o las puntas muertas del cable de alumbrado público.
Las partidas involucradas se refieren al caso de redes subterráneas y comprenden además de los trabajos, materiales y mano de obra; todos los accesorios y labores menores comúnmente no indicados pero necesarios para poder probar y entregar a satisfacción las obras de Redes Subterráneas de Media y Baja Tensión.
Comprenden las zanjas, cruzadas de concreto, empalmes entre cables subterráneos, diferenciados según tipos (media o baja tensión, rectos o derivación).
También se considera las cámaras o buzones a instalarse dentro del predio para ingreso de redes eléctricas para alimentar subestaciones, banco de medidores, etc.
Esta partida considera ensayos y pruebas de control que se efectúan a las redes de instalación eléctrica.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.4.2.1	**EMPALMES PARA CABLES**	Unidad (Und)
HU.4.2.2	**BUZONES O CÁMARAS**	Unidad (Und)
HU.4.2.3	**ENSAYOS Y PRUEBAS DE CONTROL EN LABORATORIO**	Unidad (Und)

HU.4.2.4	**ZANJAS**	metro (m)
HU.4.2.5	**CRUZADAS**	metro (m)
HU.4.2.6	**CABLES DE ENERGÍA DE MEDIA TENSIÓN**	metro (m)
HU.4.2.7	**CABLES DE ENERGÍA DE BAJA TENSIÓN DEL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA**	metro (m)
HU.4.2.8	**CABLES DE ENERGÍA DE BAJA TENSIÓN PARA ALUMBRADO PÚBLICO**	metro (m)

Forma de medición

El cómputo de la excavación de zanjas para obras de electricidad en urbanización será en la longitud por cada sección según el proyecto y se obtendrá de considerar la longitud total de recorrido para cables ya sea para instalación directamente enterrado, con ductos, para uno o varios cables.

En esta partida se incluye el trazado, excavación, refine, nivelado y relleno de zanjas, así como el cernido, apisonado, compactado y eliminación del desmonte.

El cómputo de las cruzadas será en longitud por número de vías según el proyecto y se obtendrá considerando un ancho total de calles donde se considera cruzada. En esta partida se incluye el suministro e instalaciones de los ductos así como el solado de concreto, cuando se especifica y la mayor excavación y relleno de zanjas.

En lo que concierne a los cables de energía que van instalados en las zanjas se considera el suministro de los cables de energía, accesorios de empalmes, así como la mano de obra de instalación. Pudiendo agruparse en subpartidas diferentes, de acuerdo a sus tipos y características: cables de energía de media tensión, cables de energía de baja tensión del Subsistema de Distribución Secundaria y cables de energía de baja tensión del Alumbrado Público.

El cómputo de cables de energía o cables será en longitud por cada sección y por tipo de cables, según el proyecto y se obtendrá de considerar el recorrido total indicado más **10 m** de cable en el interior de las subestaciones y más el **5%** del total para retaceo y desperdicios. Esta partida, comprende el suministro e instalación de cables, ladrillos y cinta señalizadora, así como la prueba y aislamiento.

Dependiendo del tipo y dificultad del terreno que implican distintos rendimientos, se deberán establecer las diferencias en el costo de las partidas de redes subterráneas Ver partidas en excavaciones.

HU.4.3 REDES AÉREAS

Descripción

El suministro e instalaciones de la presente partida corresponden al sistema de distribución de energía eléctrica, conformada por Redes Aéreas:

- Subsistema de Distribución Primaria
- Subsistema de Distribución Secundaria
- Instalaciones de Alumbrado Público

Extensión del trabajo

Las Redes Aéreas del Subsistema de Distribución Primaria, comprende desde el Punto de Diseño hasta la última Subestación de Distribución; el Subsistema de Distribución Secundaria comprende desde los tableros de distribución de baja tensión de cada subestación de distribución, hasta el extremo de los cables de los circuitos troncal y lateral de baja tensión que abastecerán a los suministros eléctricos. Las instalaciones de alumbrado público, inician desde el tablero de baja tensión hasta el extremo de cada poste de alumbrado público ó las puntas muertas del conductor de alumbrado público

Las partidas involucradas se refieren al caso de redes aéreas y comprenden además de los trabajos, materiales y mano de obra; todos los accesorios y labores menores comúnmente no indicados pero necesarios para poder probar y entregar a satisfacción las Redes Aéreas de Media y Baja Tensión.

Las redes aéreas del Subsistema de Distribución, Subsistema de Distribución Secundaria e Instalaciones de Alumbrado Público, comprenden las siguientes subpartidas:

HU.4.3.1 CABLES DE ENERGÍA

Descripción

Esta partida considera los cables de energía que se han de instalar fijados, adosados a los postes, así como en los que pasan de instalación subterránea a aéreo a través de sistemas de conductos o tuberías, correspondiente a los alimentadores, circuitos derivados, que salen de las subestaciones, se considerara a partir de las barras colectoras, seccionadores verticales u horizontales hasta el punto de alimentación del ultimo usuario en cada circuito o punta muerta.

Extensión de Trabajo

Incluye el suministro de cables de energía, cables, accesorios, así como la mano de obra de la instalación. El tendido de cable considera la preparación para el tendido, el transporte de las bobinas de cables, la instalación del winche de jalado, y la colocación de los respectivos polines de fibra y de metal, así como la lubricación de los mismos, entre otros.

Unidad de Medida

	Descripción	Unidad de medida
HU.4.3.1.1	**CABLES DE ENERGÍA DE MEDIA TENSIÓN**	metro (m)
HU.4.3.1.2	**CABLES DE ENERGÍA DEL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA**	metro (m)
HU.4.3.1.3	**CABLES DE ENERGÍA PARA ALUMBRADO PÚBLICO**	metro (m)

Forma de medición

El cómputo de cables de energía o cables será en longitud por cada sección y por tipo de cables, según el proyecto y se tendrá que considerar el recorrido total indicado más 10 m de cable en el interior de las subestaciones y más el 5% del total para retaceo y desperdicios. Esta partida, comprende el suministro e instalación de cables, ladrillos y cinta señalizadora, así como la prueba de continuidad, secuencia de fases y aislamiento.

El computo de cables de energía o cables será en longitud por cada sección, por número de fases y por tipo de cables.

Si se toma en cuenta el desperdicio en el metrado ya no se considerará en el análisis de precios.

HU.4.3.2 ESTRUCTURA DE SOPORTE

Descripción

Se considera postes y otros soportes que estén normados y *cuyos fabricantes estén aceptados por la compañía eléctrica de distribución*, así como los accesorios y ferretería de fijación de los cables de energía y de la propia estructura, tanto para media tensión y baja tensión.

Extensión de Trabajo

Comprende el suministro, transporte, la instalación, y preparación del poste, con altura y carga de trabajo indicada en planos del proyecto, desde los almacenes hasta el punto de instalación en obra, así como el tratamiento de la base hasta una altura normada. Asimismo, considera el suministro y la instalación de crucetas, aisladores, retenidas, accesorios y ferretería para la fijación de los cables de energía y las retenidas. Si la estructura soporta redes aéreas de baja tensión correspondiente al Subsistema de Distribución Secundaria, se deberán considerar las cajas de conexión de acometidas.

Unidad de Medida

Estructura: Unidad (Und.).

Forma de medición

El cómputo de postes será por cantidad de piezas o unidades por cada tipo de poste. Esta partida incluye el suministro e instalación de poste, la cimentación, así como el empalme al cable principal de distribución.

HU.4.4 SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN

Descripción

Mediante las subestaciones de distribución se logra reducir la media tensión a baja tensión para efectuar el suministro de energía eléctrica a cada usuario y al alumbrado público.

La ejecución de las subestaciones de distribución en general, implican Movimiento de Tierras, Obras de concreto simple, obras de concreto armado, muros de albañilería, ductos, bases para equipos, electrodos de puesta a tierra, fabricaciones metálicas y acabados.

Se dividirán en 4 sub partidas:

- Estructura (Ver partidas de edificación)
- Accesorios
- Transformador
- Tableros de distribución

Extensión del trabajo

Las Subestaciones de Distribución comprende el suministro y la instalación de la estructura de soporte o la obra civil de la base o caseta, el transformador, los equipos de protección de media y baja tensión, aisladores, tablero de distribución con todos los equipos de maniobra y protección, el sistema de puesta a tierra, así como los accesorios para efectuar las conexiones a la red de distribución primaria y a las redes de baja tensión.

Comprenden las siguientes pruebas eléctricas: medición de la resistencia de aislamiento, verificación del funcionamiento de los accesorios de protección del transformador de potencia, verificación del tablero de distribución, medición de las puestas a tierra, otros.
Asimismo, según el tipo de subestación: interior, subterránea, compacta pedestal o compacta bóveda, se debe considerar ensayos, pruebas de calidad y control durante todo el proceso de la obra (ensayo de compactación, ensayo a compresión de probetas de concreto, pruebas de alineamiento, verticalidad, etc.)

Unidad de Medida
Estructura: Unidad (Und.).

HU.4.5 INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO

Descripción
Considera las unidades de iluminación de las vías o áreas públicas, que son alimentadas de las redes de baja tensión para alumbrado público, ya sean subterráneas o aéreas.

Extensión del trabajo
Comprende el suministro e instalación de las luminarias, farolas, reflectores, lámparas, pastorales, palomillas, cables de energía, empalmes de derivación y todos los accesorios necesarios del artefacto para alumbrado público. Asimismo, puede considerar el suministro y la instalación de accesorios antihurto.

Si las Instalaciones de Alumbrado Público es subterráneo en esta subpartida se considera el suministro y la instalación de los postes para alumbrado público.

Unidad de Medida
Postes: Unidad (Und.) – si son redes subterráneas.
Pastorales : Unidad (Und.) – incluye todos los accesorios de sujeción.
Luminarias: Unidad (Und.) – incluye la lámpara y demás accesorios.
Farolas: Unidad (Und.) – incluye la lámpara y demás accesorios.
Reflectores: Unidad (Und.) – incluye la lámpara y demás accesorios.

Forma de medición
El cómputo de pastorales, luminarias, farolas, reflectores y lámparas, se hará por cantidad de piezas iguales, incluyendo reactor y condensador o cualquier otro equipo necesario para la operación de la unidad de alumbrado.

HU.5 INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES

HU.5.1 PLANTA EXTERNA TELEFONICA

Cables e instalaciones que siendo partes integrantes de la red pública de telefonía, conforman el medio de transmisión de las señales de telecomunicaciones hasta el block de conexión

A los cables, enlaces e instalaciones que siendo partes integrantes de las redes de servicios públicos de telecomunicaciones, conforman el medio de transmisión de las señales de telecomunicaciones

Los pares telefónicos distribuidos en el área de influencia de la central y sus conexiones una malla de hilos o conductores que se denominan red telefónica.

La red se clasifica por su instalación en:

Planta aérea: Son los cables, cajas terminales, elementos de transmisión, ferretería, etc. Instalado sobre postes.

Planta subterránea: Constituida por los elementos instalados en canalizaciones subterráneas (cámaras, tuberías o ductos); estos son: cables generalmente de mayor capacidad, cajas de generadores del sistema MIC, bobinas de carga, ferreterías, etc.

Extensión del trabajo

Red de distribución.

HU.5.1.1 CONEXIÓN DOMICILIARIA

Es la línea de abonado que conecta el aparato con el terminal de distribución.

HU.5.1.2 TERMINALES DE DISTRIBUCIÓN

Elemento de conexión telefónica desde donde se distribuyen las líneas de abonado, o sea donde se conecta las líneas que van a los domicilios con los terminales de los cables de distribución.

Unidad de medida.

Unidad (Und.).

HU.5.1.3 CABLES DE DISTRIBUCIÓN

Son los que alimentan los terminales de distribución y están conectados a un armario de distribución.

Unidad de Medida

Metro (m.).

HU.5.1.4 ARMARIO DE DISTRIBUCIÓN

Es una caja de conexión telefónica donde termina el cable de alimentación y empieza el cable de distribución.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

HU.5.1.5 CAJA DE DISTRIBUCIÓN

Es la caja que contiene los terminales de distribución y provee el espacio necesario para hacer las conexiones domiciliarias con la red de distribución.

Unidad de Medida

Unidad (Und.).

HU.5.1.6 CABLE DE ALIMENTACIÓN

Es el que interconecta los armarios de distribución con la Central Telefónica de la zona.

Unidad de Medida
Metro (m.)

HU.5.1.7 TUBERÍAS SUBTERRÁNEAS
Permiten la instalación de los cables.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

HU.5.1.8 CANALIZACIONES
Red de ductos que sirve para enlazar dos cámaras entre sí, una cámara y un armario, una cámara y un clasificador, ductos de concreto de 12 x 4 vías. Incluye excavaciones y relleno.

Unidad de Medida
Unidad (Und.).

HU.5.1.9 CÁMARAS
Construcciones ejecutadas en el subsuelo, destinadas a permitir los empalmes de los cables telefónicos, cambio de dirección y distribución de los mismos.

Unidad de medida
Unidad (Und.).

HU.5.1.10 POSTES
Son elementos de soporte de los cables aéreos que son instalados en lugar donde no moleste el transito vehicular y cuya distancia de separación con cables de energía debe ser de acuerdo al Código Nacional de Electricidad-Suministro.

Unidad de medida
Unidad (Und.).

HU.5.1.11 ANCLAJES
Sirven para fijar pilares de sujeción a los postes.

Unidad de medida
Unidad (Und.).

HU.5.1.12 EMPALMES
Es la unión de dos conjuntos de cables del mismo o distinto numero de pares y de iguales o diferentes cubiertas.

Unidad de medida
Unidad (Und.).

HU.5.1.13 CIERRES DE EMPALMES O MANGAS
Da protección a los empalmes, pueden ser termocontraibles, mecanizados o de plomo.
Se deben metrar separadamente de acuerdo a sus dimensiones y tipo y por partidas; excavación, concreto de paredes de fondo, de tapa terminado frotachado, etc.

Forma de medición
Se tomará en cuenta el cuadro de símbolos consignados en los planos correspondientes.

Unidad de medida
Unidad (Und.).

HU.5.2 ESTACION BASE CELULAR

Los teléfonos móviles celulares funcionan comunicándose con una estación base próxima, que contiene un transceptor de baja potencia y una antena. La antena está montada normalmente sobre una estructura (torre, edificación, etc.) que provea la suficiente altura para una cobertura adecuada.

HU.5.2.1 RADIOBASE

Los sistemas de comunicación celular necesitan varias estaciones base repartidas por todo el territorio donde dan servicio. Cuando un usuario realiza una llamada, su teléfono se comunica con una estación base próxima, la cual redirecciona la llamada a una central de conmutación y ésta a su vez se comunica con la red telefónica conmutada terrestre. Si el usuario se mueve entre celdas, la conexión se va traspasando de una estación base a otra
Cada estación base es, pues, una estación de radio de baja potencia que da servicio a una región geográfica pequeña, llamada "celda".
A medida que el sistema crece las estaciones base se sitúan más próximas, para aumentar la capacidad, pero la potencia de emisión disminuye para evitar interferencias. De esta manera, en zonas urbanas la densidad de estaciones base es mayor pero su potencia es baja, mientras que en zonas rurales las celdas son mayores y las potencias también. Es necesario también un adecuado sistema de puesta a tierra de la torre y del shelter o caseta.

Unidad de medida:
Unidad (Und.)

HU.5.2.2 EQUIPOS

Los conmutadores de la estación base realizan la conexión entre el usuario y la red telefónica.

Unidad de Medida:
Unidad de equipos (Und.).

HU.5.2.3 SISTEMA RADIANTE O ANTENAS

La antena está montada normalmente en una torre, en el techo de un edificio o en otra estructura que provea la suficiente altura para una cobertura adecuada. También pueden estar montadas en postes elevados, o en torres de estructura metálica. También se pueden instalar en estructuras preexistentes, como depósitos de agua, torres de alta tensión o edificios y compartirlas entre varios, esto para reducir el impacto visual de las instalaciones. La antena debe integrar el entorno en el que se pretende instalar, debiendo armonizar con las edificaciones circundantes.

Unidad de Medida:
Unidad de Antenas (Und.)

HU.5.2.4 CABLE ALIMENTADOR O CABLE COAXIAL

Los cables coaxiales pueden ir por canalizaciones metálicas al shelter o caseta.

Unidad de Medida:
Metro (m)

Forma de medición
Se tomará en cuenta el cuadro de símbolos consignados en los planos correspondientes

HU.6 INFRAESTRUCTURA DE GAS

Se refiere a la infraestructura para gas (Gas natural y/o GLP).

HU.6.1 TUBERÍAS

Los materiales a utilizarse pueden ser de cobre, acero, polietileno, etc.

HU.6.1.1 SUMINISTRO DE TUBERÍAS

Esta partida involucra el suministro y transporte hasta el lugar próximo a su instalación. Se considera los elementos de unión, transporte a pie de obra, y recubrimientos de ser el caso. El desperdicio si bien se menciona en la descripción de la Partida, será considerado en el Análisis de Precios de las Partidas.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
El cómputo será midiendo la longitud efectiva en las tuberías a instalarse agrupándose en partidas independientes según su diámetro, tipo y clase. El metrado no incluirá la longitud de los accesorios, cámaras ni buzones.

HU.6.1.2 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS A ZANJA ABIERTA

Esta partida involucra el acarreo del tubo a pie de zanja, bajada y tendido, instalación y primera prueba a zanja abierta o tubería vista, de acuerdo a las especificaciones técnicas del Proyecto.

Unidad de Medida
Metro (m).

Forma de medición
El cómputo será midiendo la longitud efectiva en las tuberías a instalarse agrupándose en partidas independientes según su diámetro, tipo y clase. El metrado no incluirá la longitud de los accesorios, cámaras ni buzones.

HU.6.1.3 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS POR REDES PERFORADAS

Esta partida consiste en el pasado de una tubería a través de un conducto subterráneo hecho por una máquina tipo topo, de acuerdo a las especificaciones técnicas del Proyecto. Normalmente este trabajo se realiza en cruces de pistas (avenidas) o zonas donde el zanjado no es posible ya sea por la dificultad del trabajo o por la falta de acceso.

Unidad de medida
Metro (m)

Forma de medición
El cómputo se hará por metro lineal del ducto instalado o construido.

HU.6.1.4 TUBERÍAS DE CONEXIÓN.

Instalaciones que permiten el Suministro de Gas Natural desde las redes de Distribución hasta las Instalaciones Internas.

Unidad de medida
Metro (m)

Forma de medición
El cómputo se hará por metro lineal de tubería de conexión instalada.

HU.6.2 VÁLVULAS.

HU.6.2.1 SUMINISTRO DE VÁLVULAS.

Esta partida considera el suministro y transporte hasta el lugar de instalación de las válvulas y accesorios, asimismo de materiales componentes de la misma y aditamentos indispensables para su perfecto funcionamiento, conforme a las especificaciones técnicas del Proyecto.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo se hará contando el número de unidades, agrupándolas de acuerdo al diámetro, tipo y clase.

HU.6.2.2 MONTAJE Y PRUEBA DE VÁLVULAS

Esta partida involucra el montaje y prueba a zanja abierta o tuberías vista, de válvulas, grifos y medidores de caudal, con todos sus aditamentos para su perfecto funcionamiento.
En válvulas especiales de control, la partida además de la válvula y/o medidor, incluye el montaje de los componentes y aditamentos de la Instalación ubicadas dentro de la cámara hasta los empalmes de ingreso y salida de la misma.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo se hará contando el número de unidades, agrupándolas de acuerdo al diámetro, tipo y clase.

HU.6.3 ESTACIONES DE MEDICIÓN Y REGULACIÓN

Son estaciones de regulación (reducción de presión), de medición, de odorización o de una combinación de ellas.

Unidad de medida
Unidad (Und)

Forma de medición
El cómputo se hará por unidad instalada

HU.6.4 EQUIPAMIENTOS ELECTROMECÁNICOS

Comprende los suministros, transporte, montajes y pruebas de funcionamiento de los equipos mecánicos, eléctricos y las Instalaciones de Gas según planos y especificaciones técnicas del proyecto.

HU.6.5 REDES ELÉCTRICAS Y DE COMUNICACIÓN

Se cumplirán con lo referido en los rubros de:

HU.4 INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA
HU.5 INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIONES

HU.6.6 EMPALMES

HU.6.6.1 EMPALMES DE TUBERÍAS DE SISTEMAS DE GAS

Esta partida se refiere a la integración de las obras en ejecución al sistema existente y considera, movimiento de tierras, desmontaje y montaje de tuberías del sistema existente.

Unidad de Medida
Unidad (Und.)

Forma de medición
El cómputo se hará midiendo la cantidad de empalmes a ejecutar, agrupándola según el sistema a utilizar, su diámetro y tipo, según reglamentación nacional vigente.

REPUBLICA DEL PERU

Resolución Directoral

N° 05 – 2013 – MTC/14.
Lima, 18 de Febrero 2013

CONSIDERANDO:

Que, mediante Decreto Supremo N° 034-2008-MTC se aprobó el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, el cual tiene, entre otros objetivos, definir las pautas para las normas técnicas de diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, caminos y vías urbanas;

Que, dicho Reglamento ha previsto en su artículo 20º la relación de manuales de gestión de carreteras, que deben ser aprobados. Asimismo, ha precisado en su artículo 18° que los manuales son documentos de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio, que sirven como instrumentos técnicos a las diferentes fases de gestión de la infraestructura vial;

Que, uno de tales manuales de gestión de carreteras, es el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, el cual, según el artículo 22º del mismo reglamento, contiene las normas, guías y procedimientos de los estudios de suelos, geología, geotecnia y diseño de pavimentos. Dicho manual, asimismo, está conformado por dos (02) secciones: i) Suelos y Pavimentos, y ii) Geología y Geotecnia;

Que, el artículo 19° del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, establece que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en su calidad de órgano rector a nivel nacional, en materia de transporte y tránsito terrestre, elabora, actualiza y aprueba los manuales para la gestión de la infraestructura vial. Asimismo; en el Numeral 4.1, de su artículo 4°, se precisa que este Ministerio, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial, fiscalizar su cumplimiento, e interpretar las normas técnicas contenidas en dicho reglamento;

Que, de otro lado, según el artículo 60° del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, aprobado por Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, la Dirección Normatividad Vial de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, es la unidad orgánica que tiene como una sus funciones la de formular y actualizar normas de carácter técnico y/o administrativas relacionadas con la gestión de infraestructura vial (estudios, construcción, rehabilitación, mejoramiento, mantenimiento y uso de caminos);

Que, en cumplimiento de lo dispuesto por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial y en ejercicio de sus facultades, la citada unidad orgánica realizó, a través de una empresa consultora contratada (Barriga Dall'Orto

N° 05 – 2013 – MTC/14.
Lima, 18 de Febrero 2013

S.A. Ingenieros Consultores) la elaboración de la Sección Suelos y Pavimentos del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos;

Que, una vez que la empresa consultora concluyó dicho documento, se dispuso, en cumplimiento de las obligaciones previstas en el contrato de servicios, la publicación del proyecto de norma en la Página Web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones por un periodo inicial de 15 días (ampliado, finalmente, hasta 41 días hábiles), con el objeto de recibir comentarios, observaciones y sugerencias del público en general;

Que, luego de revisar los comentarios u observaciones presentados, la empresa consultora formuló la versión final de la Sección Suelos y Pavimentos, la misma que ha merecido la conformidad de la Dirección de Normatividad Vial;

Que, la Dirección de Normatividad Vial, mediante Informe Técnico N° 002-2013-MTC/14.04 e Informe N° 013-2013-MTC/14.04 de fecha 08 de Febrero del 2013, ha presentado y sustentado ante la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, la Sección: Suelos y Pavimentos, del Manual de Carreteras - "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", solicitando su aprobación;

Que, en virtud de lo expuesto, resulta pertinente dictar el acto administrativo de aprobación correspondiente;

De conformidad con la Ley N° 29370-Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Decreto Supremo N° 021-2007-MTC, y en uso de las facultades conferidas por Resolución Ministerial N° 506-2008-MTC/02;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Aprobar la Sección: Suelos y Pavimentos, del Manual de Carreteras - "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", como documento normativo y de cumplimento obligatorio para la gestión de la infraestructura vial.

El original de dicha Sección forma parte integrante de la presente resolución como Anexo, y consta de trescientos cuarenta y nueve (349) folios.

ARTÍCULO SEGUNDO- Disponer la publicación de la presente Resolución Directoral en el Diario Oficial "El Peruano". Asimismo, disponer la publicación de tal resolución y de su Anexo, en la página web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (http://www.mintc.gob.pe).

REPUBLICA DEL PERU

Resolución Directoral

N° 05 – 2013 – MTC/14.
Lima, 18 de Febrero 2013

ARTÍCULO TERCERO.- La norma aprobada por el artículo primero de la presente resolución, entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano".

ARTÍCULO CUARTO.- Disponer la remisión a la Dirección General de Desarrollo y Ordenamiento Jurídico del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, en un plazo no mayor de tres (3) días hábiles de la publicación de la resolución directoral en el Diario Oficial "El Peruano", copia autenticada y el archivo electrónico del Anexo respectivo.

Regístrese, comuníquese y publíquese,

DIRECCIÓN DE NORMATIVIDAD Y TEC. - DGCyF - MTC

DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES APOYO LEGAL

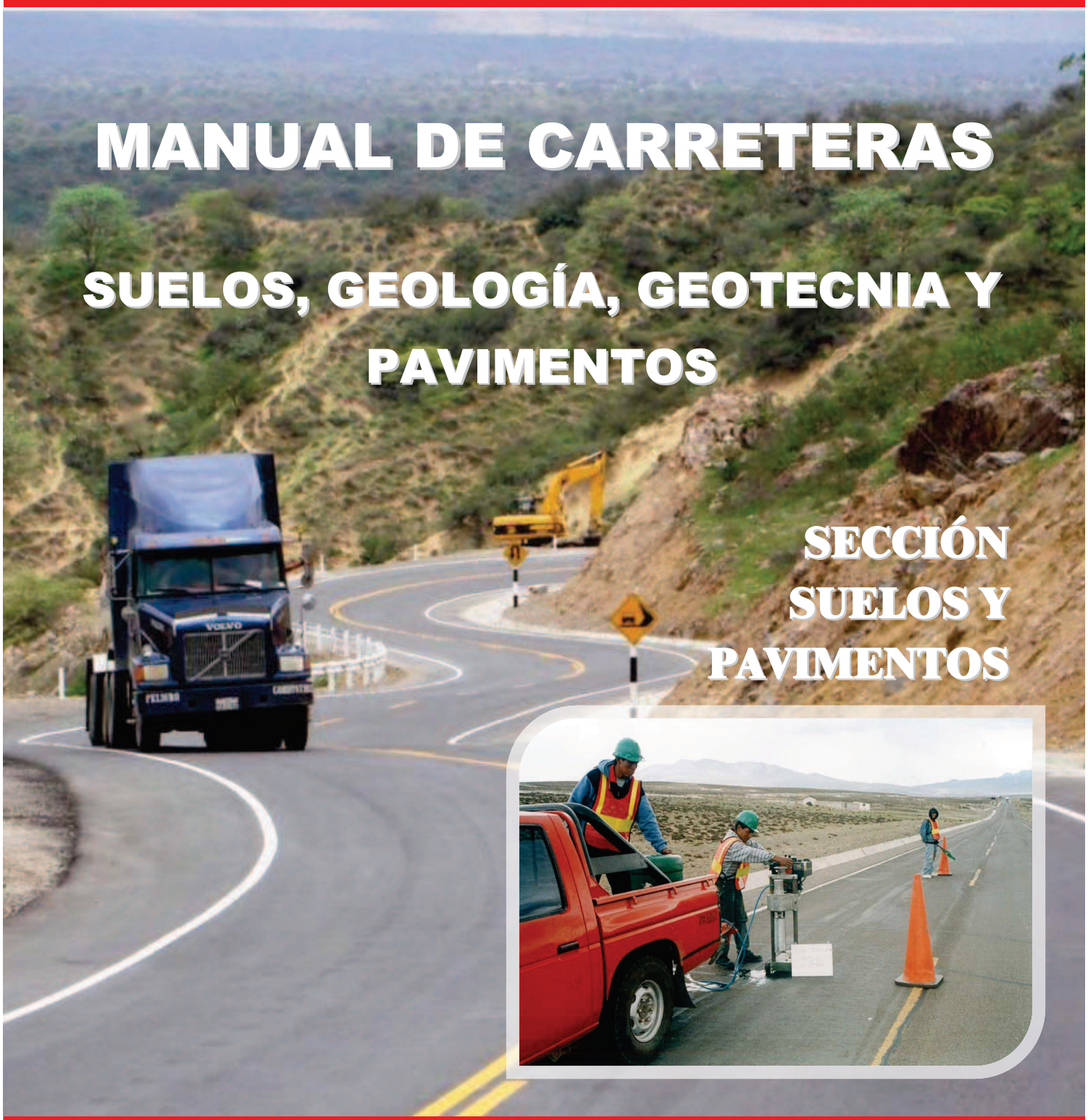
WALTER N. ZECENARRO MATEUS
DIRECTOR GENERAL
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
REPUBLICA DEL PERU
Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

PERÚ | Ministerio de Transportes y Comunicaciones | Viceministerio de Transportes | Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

MANUAL DE CARRETERAS

SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS



SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS

2013

INDICE

PRESENTACIÓN

CAPITULO I 3

1. INTRODUCCION 5

CAPITULO II 15

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN 17

CAPITULO III 19

3. COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL CAMINO 21

3.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO 22

3.2 EXPLANACIÓN 22

3.3 SUBRASANTE DEL CAMINO 23

3.4 AFIRMADO 23

3.5 PAVIMENTO 23

3.6 DRENAJE 25

CAPITULO IV 27

4. SUELOS 29

4.1 EXPLORACIÓN DE SUELOS Y ROCAS 29

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE 30

4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS 34

4.4 ENSAYOS DE LABORATORIO 44

4.5 INFORME DE EXPLORACIÓN 45

CAPITULO V 49

5. FUENTES DE MATERIALES Y FUENTES DE AGUA 51

5.1 GENERALIDADES 51

5.2 LINEAMIENTOS GENERALES PARA UN PROGRAMA DE EXPLORACION Y LOCALIZACION DE FUENTES DE MATERIALES PETREOS 51

5.3 ESTUDIO DE CANTERAS DE SUELO 53

5.4 ESTUDIO DE CANTERA DE ROCA 60

5.5 FUENTES DE AGUA 61
5.6 INSTALACIONES COMERCIALES DE SUMINISTRO 67
5.7 INFORME, DIAGRAMA DE CANTERA, FUENTES DE AGUA E INSTALACIONES DE SUMINISTRO 67

CAPITULO VI 71
6. TRÁFICO VIAL 73
6.1 CONOCIMENTO DE LA DEMANDA PARA ESTUDIOS 73
6.2 FACTOR DIRECCIONAL Y FACTOR CARRIL 74
6.3 CÁLCULO DE TASAS DE CRECIMIENTO Y PROYECCIÓN 75
6.4 NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES 78
6.5 CLASIFICACION DE NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES EN EL PERIODO DE DISEÑO 86

CAPITULO VII 89
7. EL CLIMA 91
7.1 CONCEPTOS DE APLICACIÓN (fuente AASHTO) 91
7.2 TEMPERATURA 91
7.3 LAS PRECIPITACIONES DE LLUVIAS 92
7.4 CONOCIMIENTO DEL CLIMA 93

CAPITULO VIII 97
8. DRENAJE 99
8.1 FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE DRENAJE EN LAS CARRETERAS 99
8.2 DRENAJE DE AGUAS SUPERFICIALES 99
8.3 DRENAJE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 103

CAPITULO IX 105
9. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS 107
9.1 CRITERIOS GEOTÉCNICOS PARA ESTABLECER LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS 107
9.2 ESTABILIZACIÓN MECÁNICA DE SUELOS 113
9.3 ESTABILIZACIÓN POR COMBINACIÓN DE SUELOS 113
9.4 ESTABILIZACIÓN POR SUSTITUCIÓN DE LOS SUELOS 113
9.5 SUELOS ESTABILIZADOS CON CAL 116

9.6 SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO 118
9.7 SUELOS ESTABILIZADOS CON ESCORIA 119
9.8 ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE SODIO 120
9.9 ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE CALCIO 122
9.10 ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE MAGNESIO 122
9.11 ESTABILIZACIÓN CON PRODUCTOS ASFÁLTICOS 124
9.12 ESTABILIZACIÓN CON GEOSINTÉTICOS 125

CAPITULO X 129
10. MATERIALES PARA PAVIMENTO 131
10.1 DE LOS GEOSINTÉTICOS 131
10.2 DEL AFIRMADO 131
10.3 DE LA SUBBASE GRANULAR 131
10.4 DE LA BASE GRANULAR 132
10.5 DE LAS BASES TRATADAS CON ASFALTO, CON CAL Y CON CEMENTO 132
10.6 DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN FRÍO 133
10.7 DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN CALIENTE 133
10.8 DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO 134
10.9 DE LOS PAVIMENTOS DE BLOQUES INTERTRABADOS (ADOQUINES) DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND 134

CAPITULO XI 135
11. AFIRMADOS 137
11.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO 137
11.2 SECCIONES DE CAPAS DE AFIRMADO 138
11.3 MATERIALES DE AFIRMADO 142

CAPITULO XII 147
12. PAVIMENTOS FLEXIBLES 149
12.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO 149
12.2 SECCIONES DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE 167
12.3 BERMAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 189
12.4 REFUERZO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE 192

CAPITULO XIII 209

13. PAVIMENTOS SEMIRRIGIDOS 211

13.1 PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO CON CARPETA ASFÁLTICA Y BASE TRATADA 211

13.2 BERMAS DEL PAVIMENTO SEMIRRIGIDO 245

13.3 REFUERZO DEL PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO 245

13.4 PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON ADOQUINES DE CONCRETO 246

CAPITULO XIV 259

14. PAVIMENTOS RÍGIDOS 261

14.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO 261

14.2 SECCIONES DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RÍGIDO 271

14.3 JUNTAS LONGITUDINALES Y JUNTAS TRANSVERSALES 282

14.4 BERMAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO 290

14.5 MATERIALES DEL PAVIMENTO RÍGIDO 291

14.6 REFUERZO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS 291

14.7 DETALLES TÍPICOS 293

CAPITULO XV 305

15. ENSANCHE DE PAVIMENTOS 307

CAPITULO XVI 309

16. COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS 311

16.1 PROCEDIMIENTO GENERAL 311

16.2 NIVELES DE SERVICIO 314

16.3 EJEMPLOS DE VERIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO POR NIVELES DE SERVICIO 318

CAPITULO XVII 341

17. ABREVIATURAS Y GLOSARIO DE NUEVOS TÉRMINOS 343

17.1 ABREVIATURAS 343

17.2 DEFINICIONES 345

PRESENTACIÓN

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es la autoridad competente para dictar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento.

La Dirección General de Caminos y Ferrocarriles es el órgano de línea de ámbito nacional encargada de normar sobre la gestión de la infraestructura de caminos, puentes y ferrocarriles; así como de fiscalizar su cumplimiento.

El Manual de **"Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos"** en su Sección **Suelos y Pavimentos**, forma parte de los **Manuales de Carreteras** establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC se propone como una guía y herramienta para los Ingenieros relacionados al diseño estructural de los pavimentos, con el propósito de homogenizar y estandarizar los diseños, tomando en cuenta la experiencia y estudio sistemático de las características y comportamiento de los materiales y de acuerdo a las condiciones especificas de los diversos factores que inciden en el desempeño de los pavimentos, como el tráfico, el clima y los sistemas de gestión vial.

Esta primera versión del Manual de **"Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos"** en su Sección **Suelos y Pavimentos**, tiene por finalidad de proporcionar a los Ingenieros, criterios homogéneos en materia de suelos y pavimentos que faciliten la aplicación en el diseño de las capas superiores y de la superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas y pavimentadas, dotándolas de estabilidad estructural para lograr su mejor desempeño posible en términos de eficiencia técnico – económica en beneficio de la sociedad en su conjunto.

El Manual de **"Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos"** esta formada por dos secciones, la primera conformada por la Sección **Suelos y Pavimentos**, que es materia del presente volumen y la segunda constituida por la Sección **Geología y Geotécnica** que será desarrollada y aprobada posteriormente para complementar el Manual.

Teniendo en consideración que como toda ciencia y técnica, la ingeniería vial está en permanente evolución, este Manual de Suelos y Pavimentos deberá ser revisado y actualizado periódicamente por el órgano normativo de la infraestructura vial del MTC.

Lima, Febrero de 2013

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCION

1.1 PROPÓSITO

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, es un organismo del Poder Ejecutivo que cuenta con personería jurídica de derecho público y constituye un pliego presupuestal, el mismo que conforme a lo señalado en la Ley Nº 29370 – Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, tiene entre sus funciones, la de formular, planear, dirigir, coordinar, ejecutar, fiscalizar, supervisar y evaluar la política nacional y sectorial, bajo su competencia, aplicable a todos los niveles del gobierno. En tal sentido es propósito de este documento desarrollar la Sección de Suelos y Pavimentos que conforma el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos correspondiente a las Carreteras y Caminos, con el propósito de brindar a los Ingenieros las pautas y criterios técnicos apropiados para diseñar eficientemente las capas superiores y la superficie de rodadura de los caminos o carreteras no pavimentadas y pavimentadas dotándolas de estabilidad estructural para lograr su mejor desempeño posible en términos de eficiencia técnico – económica en beneficio de la sociedad en su conjunto. Asimismo la sección de Suelos y Pavimentos permite a los consultores emplear nuevas tecnologías debidamente sustentadas y acreditadas ante el MTC.

En la redacción de este documento en adelante la Sección de Suelos y Pavimentos será identificada en lo posible con la denominación genérica de “el manual”.

1.2 ANTECEDENTES DEL ESTADO DEL CONOCIMIENTO Y EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

Desde los primeros diseños de estructuras de pavimentos para carreteras los ingenieros han empleado métodos analíticos y mecanísticos para el diseño y la evaluación de los pavimentos. Desde entonces se han producido numerosas contribuciones realizados por investigadores y académicos en diversos países. Tal es el caso del profesor de la Universidad de Columbia Donald Burmister, quién en 1943 desarrolló una solución para calcular esfuerzos y deformaciones en una estructura de dos capas y luego en 1945 desarrolló la solución para resolver sistemas estructurales de tres capas, que anteriormente se resolvían por las ecuaciones de Valentín Boussinesq. Los ensayos demostraron que para muchas estructuras de pavimento las ecuaciones de Boussinesq producían resultados de esfuerzos y deformaciones mayores que los medidos en el laboratorio.

Los métodos mecanísticos de diseño de estructuras de pavimentos se basan en el supuesto que un pavimento puede ser modelado como una estructura multicapa elástica o viscoelástica sobre una cimentación elástica o viscoelástica. Con esta premisa es posible calcular las tensiones y deformaciones producidas por las cargas de tráfico y por los efectos del clima. Sin embargo, los investigadores y académicos concuerdan que el comportamiento de los pavimentos está influenciado por varios factores que no permiten una modelación por métodos mecanísticos puros que produzca resultados suficientemente exactos y precisos para la predicción de su desempeño a lo largo de su ciclo de vida.

La fabricación masiva de automóviles y camiones que se inicia en Francia, Alemania y los Estados Unidos de Norteamérica a principio del siglo XX, y el crecimiento acelerado de la demanda de transporte en este tipo de vehículos tanto para fines civiles como militares hizo evidente la necesidad de mejorar continuamente la técnica del diseño de carreteras.

Como consecuencia de la Ley de Ayuda Federal para Carreteras de Junio de 1956, en los Estados Unidos de Norteamérica se produjo un gran plan de desarrollo del sistema de carreteras de esa nación, parte de este plan fue un ambicioso programa de investigación científica con ensayos a escala real, orientado a desarrollar una metodología empírica que permita diseñar estructuras de pavimentos que tengan un comportamiento previsible y confiable durante todo su ciclo de vida. El programa fue exitoso: en 1961 la Asociación Americana de Carreteras publicó la Guía Preliminar para el Diseño de Pavimentos Rígidos y Flexibles ("AASHO Interim Guide for the Design of Rigid and Flexible Pavements") y en 1972 la Asociación publica una Segunda versión de ésta Guía Preliminar. En 1986 con la publicación de una nueva versión la Guía deja de tener el carácter provisional; luego en 1993 después de la realización de investigaciones y ensayos adicionales AASHTO publica la última versión de ésta Guía. En los Estados Unidos actualmente la mayor parte de los Estados utilizan oficialmente las guías de Diseño de Pavimentos de AASHTO, publicadas en 1972, 1986 o 1993; con estas metodologías se han diseñado con éxito, las estructuras de pavimentos para varios millones de kilómetros de carreteras en el mundo.

La metodología de diseño implantada en 1972 con la publicación por AASHTO de la Guía de Diseño para Pavimentos Flexibles, es de carácter empírico y no incorpora procedimientos mecanísticos. La Guía de Diseño de 1993 indirectamente usa procedimientos mecanísticos para evaluar el deterioro debido al clima y establecer coeficientes para drenaje y transferencia de cargas. Asimismo, el empleo del Módulo de Resilencia para caracterizar las propiedades de los materiales introduce el concepto de caracterización por un módulo cuasi-elástico.

Entre los años 1976 y 1981 con el patrocinio del Gobierno de Brasil, del Banco Mundial y el de las Naciones Unidas, la Oficina de Planificación del Transporte de Brasil (GEIPOT) con un equipo de expertos internacionales de la Fundación de Investigación y Desarrollo de Texas (TRDF) realizó un amplio programa de investigación de las interrelaciones de los costos de construcción, conservación y operación de carreteras que proporcionó una valiosa Base de Datos para el posterior desarrollo por el Banco Mundial de los Modelos de

Deterioro de Pavimento y de los otros Modelos del HDM-III (Highway Design and Maintenance Standard Model).

El enfoque adoptado en el estudio para desarrollar los Modelos de Deterioro del HDM-III es un ejemplo de método empírico mejorado con principios mecanísticos. El estudio aprovecha cuantiosa información de campo proveniente de carreteras en servicio, y emplea avanzadas técnicas estadísticas para diseñar modelos estructurados en principios mecanísticos. Este enfoque difiere al propuesto por Rauhut, Lytton y Darter (1984) que se centra en un modelo mecanístico calibrado empíricamente con datos de campo para evaluar el deterioro producido por las cargas de tráfico en las principales carreteras de los Estados Unidos.

El HDM III como herramienta de diseño predice el desempeño durante todo el ciclo de vida de una estructura de pavimento, sometida a las cargas de tráfico y a los efectos del clima, considerando el efecto de las intervenciones de conservación programadas. El HDM proporciona resultados numéricos cuantitativos de la regularidad de la superficie del pavimento (IRI), del fisuramiento y de los ahuellamientos.

El éxito del HDM-III como herramienta de diseño y gestión de pavimentos es innegable, tiene alcance mundial y se usa regularmente al menos en 98 países muchos de los cuales están en etapa de desarrollo.

Entre los años 1993 y 1996 con el patrocinio del Banco de Desarrollo de Asia, el de la Oficina de Desarrollo en Ultramar del Reino Unido, el de la Oficina Nacional de Administración de Carreteras de Suecia y el del Banco Mundial se desarrolló el Estudio Internacional de Herramientas para el Desarrollo y Gestión de Carreteras. Este estudio tuvo el propósito de producir herramientas mejoradas para el desarrollo de estrategias técnicas y económicas en el sector Caminero. El estudio culminó en 1996 con la versión preliminar del HDM-4 el mismo que incluía la actualización y extensión de las relaciones de los modelos de deterioro y efectos de la conservación de los pavimentos de acuerdo con el estado del conocimiento y la experiencia internacional.

En la Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO de 1986 se reconoce abiertamente la conveniencia de avanzar hacia la adopción de procedimientos de diseño mecanísticos, que permitan predecir el desempeño de las estructuras de pavimento para periodos de diseño desde 1 año hasta 50 años o más, teniendo en consideración las variaciones en las cargas, los materiales, los dispositivos de diseño así como los efectos directos del clima.

Una década después, en marzo de 1996 el comité de Pavimentos de AASHTO, en cooperación con NCHRP y FHWA, patrocinó un Taller de Diseño de Pavimentos en Irvine, California. Entre los participantes se incluían a los más destacados Ingenieros de Pavimentos de los Estados Unidos a quienes se les encargó identificar los medios necesarios para disponer de Procedimientos de Diseño de Pavimentos Empírico

Mecanísticos y se puso en marcha el Proyecto NCHRP1-37A con la meta clave de desarrollar la Guía de Diseños de Estructuras de Pavimentos Nuevos y Rehabilitados 2002. La Guía de Diseño de Pavimentos Empírico-Macanístico (MEPDG) fue terminada en el año 2004 y distribuida al público para su revisión y evaluación. Posteriormente se efectuó una revisión formal y AASHTO en julio del 2008 publicó la versión preliminar de la Guía de Diseño de Pavimentos Empírico Mecanístico.

El método Empírico Mecanístico desarrollado en la Guía AASHTO 2008 representa un cambio substancial respecto a la metodología presentada en la Guía de 1993 actualmente vigente. El método utiliza los principios teóricos de la mecánica racional para predecir el comportamiento (esfuerzos y deformaciones) de los elementos de la estructura de pavimentos, en respuesta a las acciones internas de las cargas del tráfico y del clima.

Para los pavimentos flexibles el método Empírico – Mecanístico de AASHTO incorpora la contribución del profesor Dr. Jacof Uzan, adoptando el procedimiento de propósito general de análisis elástico por capas denominado JULEA (Jacob Uzan Layered Elastic Analysis). Este procedimiento ya venía siendo exitosamente empleado, desde antes de 1995, de modo particular en el diseño de pavimentos para pistas de aterrizaje, taxeo y parqueo en aeropuertos. El modelo JULEA de respuesta del pavimento es una aproximación basada en el deterioro incremental.

Al igual que los modelos HDM del Banco Mundial, el método Empírico-Mecanístico que presenta la Guía AASHTO 2008 no es un procedimiento directo para el diseño de los espesores de las diversas capas de la estructura del pavimento sino que el método permite evaluar el desempeño de una estructura de pavimento previamente establecida (por ejemplo, una sección de ensayo calculada de acuerdo a la Metodología AASHTO 1993), para predecir los deterioros, las fallas y la regularidad superficial IRI, en concordancia con el nivel de confiabilidad seleccionado.

El aprovechamiento en el Perú de la metodología presentada en la Guía de Diseño Empírico-Mecanístico publicada por AASHTO en Julio 2008, tiene como principal obstáculo la inexistencia de una adecuada zonificación climática, así como la de una base de datos horaria que contengan la información de temperaturas, humedad, precipitación y vientos que caracterizan el clima de cada una de las zonas del Territorio Nacional. El hecho de que en el país no se cuenta aún con suficientes laboratorios debidamente acreditados para efectuar de modo confiable ensayos para la determinación del Módulo Dinámico de Mezclas Asfálticas en Caliente, constituye un segundo obstáculo superable con mayor facilidad que el señalado anteriormente.

Aunque es previsible que en un futuro próximo, el empleo de los métodos de diseño empírico-mecanístico con software de última generación se introduzcan en el país, esta sección del manual no lo incorpora como método rutinario de diseño, pero este Manual constituye un primer paso para su implantación progresiva.

1.3 OBJETIVOS DEL MANUAL

La Sección de Suelos y Pavimentos de este manual se ha elaborado para proporcionar a los Ingenieros que trabajan tanto en el sector público como en el privado, criterios homogéneos en materia de suelos y pavimentos que faciliten la aplicación en el diseño de las capas superiores y de la superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas y pavimentadas.

En este sentido el Manual es un instrumento que permanentemente estará sujeto a la posibilidad de incorporar actualizaciones, ajustes, nuevas metodologías y temáticas o el perfeccionamiento de las existentes.

El Manual se actualizará por iniciativa del MTC o a propuesta de terceros. Para este efecto el MTC contará con procedimientos o una Directiva Oficial que establezca la forma regulada en que pueden presentarse propuestas de cambios o aportes por los expertos en la actividad vial; y la forma en que el MTC a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, canalizará estas propuestas debidamente justificados para su evaluación hasta que el MTC apruebe un cambio para su inclusión en el Manual.

1.4 ALCANCE DEL MANUAL

Esta Sección del Manual se aplica tanto a Caminos con superficie de rodadura no pavimentada, como con superficie pavimentada.

Los caminos con superficie de rodadura No Pavimentada son identificados como sigue:

1) Caminos de tierra, constituido por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.

2) Caminos de grava (lastrados), constituidos por una capa de revestimiento con material natural pétreo, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75mm.

3) Caminos afirmados, constituidos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificados naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo deseable del material 25 mm.
   Los caminos afirmados comprenden los siguientes tipos:

   c.1 Afirmados con gravas naturales o zarandeadas

   c.2 Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado

4) Caminos afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:

d.1 Afirmados con grava tratada con materiales como: asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros

d.2 Suelos naturales estabilizados con: material granular y finos ligantes, asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.

Los caminos con superficie de rodadura Pavimentada son identificados como sigue:

a. Pavimentos flexibles:

a.1 Compuestos por capas granulares (sub base y base drenantes) y una superficie de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial bicapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, macadam asfáltico, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc.

a.2 Compuestos por con capas granulares (sub base y base drenantes) y una capa de rodadura bituminosa de mezcla asfáltica en caliente de espesor variable según sea necesario.

b. Pavimentos semirrígidos: conformados con capas asfálticas (base asfáltica y carpeta asfáltica en caliente); también se considera como pavimento semirrígido, la estructura compuesta por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con cemento o base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido, se ha incluido también los pavimentos adoquinados.

c. Pavimentos rígidos: conformado por losa de concreto de cemento hidráulico y una subbase granular para uniformizar las características de cimentación de la losa.

El Manual presenta metodologías de diseño para afirmados y para pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos. Las metodologías de diseño que se incorporan al Manual tienen como referencia principal a AASHTO Guide for Design of Pavements Structures – 1993. Actualmente esta Guía AASHTO es comúnmente usada en el diseño de Pavimentos en el Perú como lo es también en otros países del mundo. El Manual incorpora además aspectos de la práctica en el Perú y de otros países.

El presente Manual integra lo relacionado a Suelos y Pavimentos de los dos manuales de diseño de carretera de bajo volumen de tránsito aprobados por el MTC (2009) y unifica criterios para ser utilizados en estudios y proyectos de caminos y carreteras del país, tanto para caminos no pavimentados como para caminos pavimentados, de bajo, medio y alto volumen de tránsito.

Para el caso de los caminos afirmados con un tráfico de hasta 300,000 ejes equivalentes en el periodo de horizonte del proyecto, se incorpora la metodología definida en el Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito del MTC (2009).

En base a las metodologías de diseño antes mencionadas, se han dimensionado estructuras de afirmados, pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos que ilustrativamente son propuestas en el presente Manual en forma de Catálogo con el propósito de uso discrecional para facilitar las tareas de diseño. El Ingeniero Responsable evaluará para cada caso en particular la aplicabilidad de las secciones del Catalogo.

El Manual introduce el concepto de desempeño a lo largo del periodo de análisis de los afirmados y de los pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos, el mismo que se define como el comportamiento funcional y estructural estimado a lo largo del periodo.

Este análisis deberá ser incorporado en los diseños de pavimentos que realice el Ingeniero Responsable. Para el indicado análisis, las actuales herramientas conocidas y utilizadas en el Perú, serán las Guías AASHTO y los modelos HDM del Banco Mundial; que incorporan submodelos de deterioro del pavimento. También los Ingenieros diseñadores podrán utilizar otros modelos que cuenten con aceptación de la Dirección de Normatividad Vial del MTC.

Los estándares que se incluyen en el manual, representan los requisitos mínimos que se deben cumplir para el diseño de afirmados, de pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos, de nuevas construcciones, de reconstrucción del pavimento y de refuerzos de pavimentos, de los proyectos de carreteras y caminos en el Perú.

El diseño del pavimento deberá ser una consecuencia del uso sano de criterios y estándares aceptables de la Ingeniería. Los estándares que se incluyen en el manual proporcionarán la base para el diseño.

1.5 ORGANIZACIÓN DEL MANUAL

La Sección de Suelos y Pavimentos de este Manual se presenta en 17 capítulos como se señala a continuación:

1.5.1 **Capítulo 1 - Introducción**, que contiene el Propósito de la Sección, los Antecedentes del Estado de Conocimiento y Experiencia Internacional en el Diseño de Pavimentos; el Objetivo del Manual; el Alcance; y la Organización.

1.5.2 **Capítulo 2 - Ámbito de Aplicación**, en el que se señalan que el Manual es de aplicación a las Carreteras del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), en diseño de nuevas carreteras y de mejoramientos de carreteras, en proyectos de

reconstrucción de carreteras, y en proyectos de refuerzo de pavimentos. También se indican los casos donde no es aplicable el Manual.

1.5.3 **Capítulo 3 – Componentes de la Infraestructura del Camino**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Explanada (del Camino); Explanación; Terraplén; Corte; Subrasante; Afirmado; Pavimento; Drenaje.

1.5.4 **Capítulo 4 - Suelos**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Exploración de suelos y rocas; Caracterización de la Subrasante; Descripción de los Suelos; Ensayos de Laboratorio; Informe de Exploración.

1.5.5 **Capítulo 5 - Fuentes de Materiales y Fuentes de Agua**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Generalidades; Lineamientos Generales para un Programa de Exploración y Localización de Fuentes de Materiales Pétreos; Estudio de Canteras de Suelo; Estudio de Cantera de Roca; Fuentes de agua; Instalaciones comerciales de suministro; Informe, Diagrama de Cantera, Fuentes de agua e instalaciones de suministro.

1.5.6 **Capítulo 6 - Tráfico Vial**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Demanda de Tránsito; Factor Distribución y Factor Carril; Cálculo de Tasas de Crecimiento y Proyección; Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes.

1.5.7 **Capítulo 7 - El Clima**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Clima; temperatura, precipitaciones y conocimiento del clima.

1.5.8 **Capítulo 8 - Drenaje y Protección de la Plataforma y del Pavimento**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Introducción; Drenaje Superficial relacionados directamente con el Pavimento; Drenaje Subterráneo del Camino y del Pavimento; Casos Especiales; Otros elementos de drenaje y protección de la plataforma del Camino

1.5.9 **Capítulo 9 - Estabilidad de Suelos**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Criterios geotécnicos para establecer el mejoramiento de suelos; Estabilización Mecánica de Suelos; Estabilización por combinación de suelos; Estabilización por Sustitución de los Suelos; Suelos Estabilizados con cal; Suelos Estabilizados con cemento; Suelos Estabilizados con Escoria; Estabilización con Cloruro de Sodio; Estabilización con Cloruro de Calcio; Estabilización con Cloruro de Magnesio; Estabilización con productos Asfálticos; Estabilización de Geosintéticos.

1.5.10 **Capítulo 10 - Materiales para Pavimento**: En este capítulo se tratan los temas relativos a materiales para: los Geosintéticos, el Afirmado, la subbase granular, la Base Granular, las Bases Tratadas con Asfalto, con Cal y con Cemento, los Pavimentos Asfálticos en Frío, los Pavimentos Asfálticos en Caliente, los Pavimentos de Concreto Hidráulico, y, los Pavimentos de Bloques Intertrabados (adoquines) de Concreto de Cemento Portland.

1.5.11 **Capítulo 11 - Afirmado**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Metodología de Diseño; Secciones de Capas de Afirmado; Materiales de Afirmado.

1.5.12 **Capítulo 12 - Pavimentos Flexibles**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Metodología de Diseño; Secciones de Estructuras de Pavimento Flexible; Bermas del Pavimento Flexible; Refuerzo del Pavimento Flexible.

1.5.13 **Capítulo 13 - Pavimentos Semirrígidos**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Pavimento Semirrígido con Carpeta Asfáltica en caliente y Base Tratada; Bermas del Pavimento Semirrígido; Refuerzo del Pavimento Semirrígido; Pavimento Semirrígido con Adoquines de Concreto.

1.5.14 **Capítulo 14 - Pavimentos Rígidos**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Metodología de Diseño; Secciones de Estructuras de Pavimento Rígido; Juntas Longitudinales y Juntas Transversales; Bermas del Pavimento Rígido; Materiales del Pavimento Rígido; Refuerzo de Pavimentos Rígidos; Detalles Típicos.

1.5.15 **Capítulo 15 - Ensanche de Pavimentos**: Contiene consideraciones a tomar en cuenta en los casos de aplicación de la Sección Transversal o ensanche del camino, tal es el caso del drenaje y que la estructura del pavimento en el área de ensanche debe tener con capacidad estructural similar a la del resto de la sección del pavimento.

1.5.16 **Capítulo 16 - Performance o Comportamiento de Pavimentos**: En este capítulo se tratan los temas relativos a Procedimiento General; Niveles de Servicio; Ejemplos de Verificación de Estructuras de Pavimento por Niveles de Servicio.

1.5.17 **Capítulo 17 - Abreviaturas y Glosario de nuevos Términos**; que contiene abreviaturas y un glosario de nuevos términos técnicos utilizados en la redacción del presente Manual.

CAPITULO II

AMBITO DE APLICACIÓN

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El Manual de Suelos y Pavimentos es de aplicación en:

1. Las Carreteras del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), que se jerarquiza en las siguientes tres redes viales: Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal.
2. En diseño de nuevas carreteras y de mejoramientos de carreteras.
3. En proyectos de reconstrucción de carreteras.
4. En proyectos de refuerzo de pavimentos.

El Manual no es aplicable para los siguientes casos que deberán ser materia de Estudio Especial, con análisis técnico de alternativas y justificación de la solución adoptada:

1. Pavimentos sobre puentes: estos pavimentos dependen del diseño de la superestructura del puente (losa y viga), no hay propiamente un diseño de pavimentos en puentes, solamente una superficie de rodadura, asfáltica o de concreto, que el ingeniero estructural la considera en su diseño. En caso de superficies con capa asfáltica, se tendrá en cuenta la mitigación de la reflexión de fisuras debido a las juntas de la losa.

2. Túneles de carreteras: en este caso los diseños deben considerar características físico-mecánicas del cimiento, de las capas estructurales del pavimento y su variación durante el periodo de análisis, aspectos de drenaje, subdrenaje, condiciones de visibilidad, resistencia friccional de la superficie de rodadura, seguridad y confort.

3. Carreteras o caminos en áreas de protección ecológica, reservas nacionales diversas, como son: zonas arqueológicas, parques y zonas protegidas, etc.

4. En zonas urbanas: el presente manual de suelos y pavimentos es para carreteras. Para el caso de pistas urbanas, existe la Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos Urbanos.

5. En este Manual se han incluido Catálogos de Estructuras de Pavimentos que ilustran soluciones a considerarse para tráficos menores a 1,100 vehículos pesados (buses y camiones) en ambos sentidos por día en el año base ó menor a 30´000,000 de Ejes Equivalentes (para 20 años en el carril de diseño); esta limitación es razonable para la práctica común en la mayoría de los casos.

En tal sentido, para los tráficos mayores a los indicados, y por el alto costo que seguramente implicará la estructura del pavimento, el Ingeniero Responsable efectuará un Estudio Específico para el diseño del pavimento, con análisis de alternativas de pavimento (flexible, semirrígido y rígido), verificación del comportamiento de las diferentes alternativas, de estructuras de pavimento, durante el periodo de análisis y selección de la alternativa óptima desde el punto de vista técnico - económico.

6. Para que se apoye el afirmado o la estructura del pavimento, se requiere que los últimos 0.60 m de la capa de suelos debajo del nivel de la subrasante tenga un CBR ≥ 6%. Sí los suelos no cumplen esta condición por tratarse de suelos de mala calidad, CBR < 6%, es decir suelos blandos o muy compresibles o con materia orgánica o suelos pobres e inadecuados; el Ingeniero Responsable considerará la estabilización, mejora o refuerzo de los suelos, según la naturaleza de los mismos, efectuando estudios geotécnicos de estabilidad y de asentamientos mediante los cuales el mencionado Ingeniero sustentará la solución adoptada precisando en su Informe Técnico que el suelo alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad. Recomendándose para la ejecución de los mencionados estudios, la participación de profesionales especializados en esta materia, que apliquen un criterio amplio, que permita el conocimiento de las propiedades del suelo de cimentación y de acuerdo a ello proponer alternativas de solución, seleccionando la alternativa óptima justificando la solución adoptada.

No son materia de la Sección Suelos y Pavimentos del Manual, los temas de Geología, de Geotecnia y de Estabilidad de Taludes. Estos temas corresponden a otras secciones del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

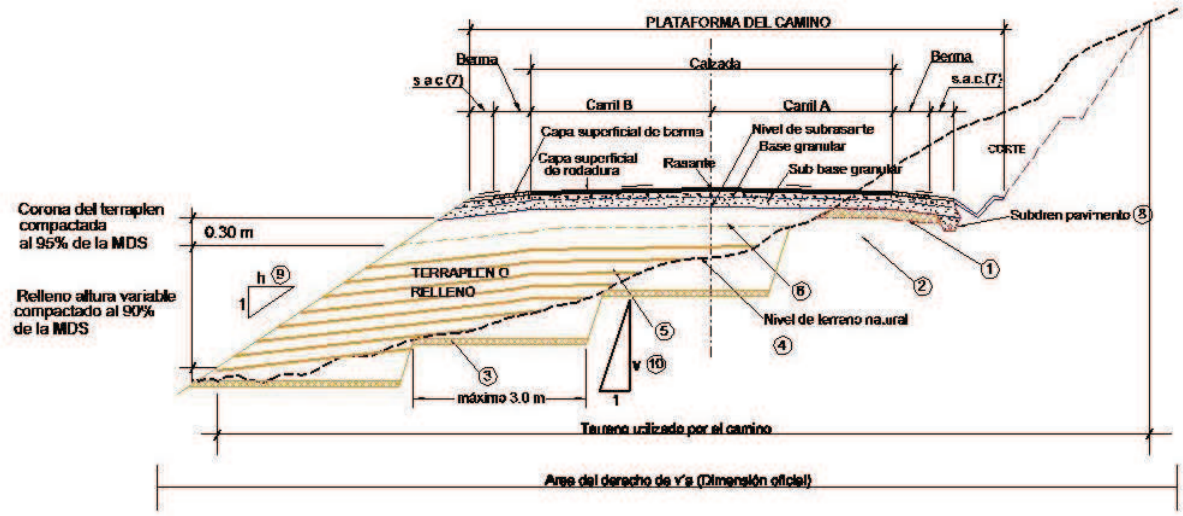
CAPITULO III

COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL CAMINO

3. COMPONENTES DE LA INFRAESTRUCTURA DEL CAMINO

El Gráfico 3-1 presenta los componentes del Camino que son definidos en los siguientes acápites.

Figura 3-1 Sección Típica de la Infraestructura del camino



(1)	Zona de preparación del terreno de asiento de la infraestructura del camino en zona de corte, mediante escarificación en una profundidad de 150 mm. conformación y nivelación de acuerdo a las pendientes transversales especificadas y compactación al 95% de la máxima densidad seca, con espesor de compactación de 300 mm.
(2)	En caso de excavación en roca se deberá profundizar el corte en 150 mm por debajo del nivel superior de la subrasante. las areas profundizadas se rellenarán con material seleccionado de sub base granular (CBR>40%). La superficie final del corte en roca deberá encontrarse allanada, libre de cavidades de puntas de roca, de excesos y de todo material deletereo.
(3)	Zona de preparación del terreno de asiento de la infraestructura del camino en zona de terraplen o relleno, mediante limpieza, escarificación, conformación, en una profundidad mínima de 150 mm. La construcción de terraplenes sobre terreno inclinado (pendiente natural ≥20%) debe cortarse en forma escalonada formando banquetas para asegurar la estabilidad de terraplen.
(4)	Los suelos por lo menos a 0.60 metros por debajo del nivel de subrasante, deben estar constituídos por suelos adecuados y estables (CBR≥6%) En caso de existir suelos pobres o inadecuados estos serán reemplazados. sustituidos. mejorados o estabilizados, según lo que el proyectista considere conveniente a fin de asegurar la estabilidad de la subrasante.
(5)	La base y cuerpo de terraplen o relleno sera conformado en capas de hasta 300 mm. compactado al 90% de la máxima densidad seca.
(6)	La corona del terraplen o relleno tendrá un espesor mínimo de 300 mm y será conformado en dos capas de 150 mm, compactados al 95% de la máxima densidad seca.
(7)	Sobreancho de compactación.
(8)	Sub dren de pavimento, en los sectores de la carretera donde el pavimento se asienta sobre una subrasante de suelo no permeable.
(9)	h Dependerá del tipo de material del terraplen o relleno.
(10)	v Dependerá del tipo de material de corte

3.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Se denomina preparación y conformación del terreno natural: el allanado, nivelado y compactado sobre el que se construirá la infraestructura del camino. En territorios con fuertes pendientes transversales (pendiente natural ≥ 20%), la explanada se construye formando terrazas. Cuando el terreno natural de la explanada es de mala calidad, éste debe ser reemplazado o estabilizado para que la explanada sea estable.

3.2 EXPLANACIÓN

Se denomina explanación, al movimiento de tierras, conformado por cortes y rellenos (terraplén), para obtener la plataforma de la carretera hasta el nivel de la subrasante del camino.

3.2.1 Terraplén

El terraplén es la parte de la explanación situada sobre el terreno preparado. También se conoce como relleno.

La base y cuerpo del terraplén o relleno será conformado en capas de hasta 0.30m y compactadas al 90% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

La corona es la parte superior del terraplén tendrá un espesor mínimo de 0.30m y será conformada en capas de 0.15m, compactadas al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

3.2.2 Corte

El corte es la parte de la explanación constituida por la excavación del terreno natural hasta alcanzar el nivel de la Subrasante del Camino.

El fondo de las zonas excavadas se prepararán mediante escarificación en una profundidad de 0.15m, conformando y nivelando de acuerdo con las pendientes transversales especificadas en el diseño geométrico vial; y se compactará al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.

En zonas de corte en roca, se deberá excavar como mínimo 0.15m por debajo del nivel superior de la subrasante, la superficie final del corte en roca deberá quedar allanada, limpia y encontrarse libre de cavidades, de puntas de roca, de excesos y libre de todo material deletéreo. Las zonas profundizadas deberán ser rellenadas, hasta el nivel superior de subrasante, con material de relleno seleccionado o de subbase granular, que tenga un CBR ≥ 40%.

3.3 SUBRASANTE DEL CAMINO

La Subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.

La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento. La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocará encima. En la etapa constructiva, los últimos 0.30m de suelo debajo del nivel superior de la subrasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo proctor modificado (MTC EM 115).

Los suelos por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables con CBR ≥ 6%. En caso el suelo, debajo del nivel superior de la subrasante, tenga un CBR < 6% (subrasante pobre o subrasante inadecuada), corresponde estabilizar los suelos, para lo cual el Ingeniero Responsable analizará según la naturaleza del suelo alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la mas conveniente técnica y económica. En el Capítulo 9 Estabilización de Suelos, se describen diversos tipos de estabilización de suelos.

3.4 AFIRMADO

El Afirmado consiste en una capa compactada de material granular natural o procesada, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe poseer la cantidad apropiada de material fino cohesivo que permita mantener aglutinadas las partículas. Funciona como superficie de rodadura en caminos y carreteras no pavimentadas.

3.5 PAVIMENTO

El Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de

seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura.

- Capa de Rodadura: Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.

- Base: Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR ≥ 80%) o será tratada con asfalto, cal o cemento.

- Subbase: Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Dependiendo del tipo, diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse. Esta capa puede ser de material granular (CBR ≥ 40%) o tratada con asfalto, cal o cemento.

Los tipos de pavimento incluidos en el Manual son los siguientes:

- Pavimentos Flexibles
- Pavimentos Semirrígidos
- Pavimentos Rígidos

El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (subbase, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micropavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.

El pavimento semirrígido es una estructura de pavimento compuesta básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto); también se considera como pavimento semirrígido la estructura compuesta por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o sobre base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido los pavimentos adoquinados.

El pavimento rígido es una estructura de pavimento compuesta específicamente por una capa de subbase granular, no obstante esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivos. Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:

- Pavimento de concreto simple con juntas
- Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas
- Pavimento de concreto con refuerzo contínuo.

El dimensionamiento de las estructuras de pavimento que son propuestas en el Manual, y presentadas en los catálogos son ilustrativas y promueven el estudio de alternativas en cada caso, facilita su uso, pero no sustituye la decisión del Ingeniero Responsable, sobre la estructura de pavimento adoptado, la misma que debe estar plenamente justificada por el mencionado Ingeniero.

Los catálogos que a manera de ilustraciones se presentan en este manual, permiten la uniformidad de los dimensionamientos, facilitan el seguimiento y conocimiento sobre un grupo reducido de secciones estructurales, haciendo más fácil en la etapa post obra la verificación de su comportamiento, seguimiento, gestión de los pavimentos y correcciones o ajustes del caso.

3.6 DRENAJE

El sistema de drenaje y subdrenaje de una carretera está previsto para eliminar la humedad en el pavimento y en el prisma de la carretera.

El capítulo 8 Drenaje del presente Manual, incluye los aspectos de protección del prisma de la carretera, drenaje superficial y el subdrenaje de la plataforma y del pavimento.

Para la protección de los suelos del prisma de la carretera, se ilustran casos relacionados con el elevado nivel freático y el movimiento capilar de las aguas.

Para el drenaje superficial de pavimentos se tendrán en cuenta, pendientes transversales mínimas para la subrasante, subbase, base y superficie de rodadura. El drenaje superficial incluye bombeo, cunetas, alcantarillas, cajas de recolección, badenes, etc.

El drenaje subsuperficial incluye capas drenantes de subbase y base del pavimento, capas de filtro y subdrenes.

Los subdrenes de pavimentos (que son distintos a los subdrenes del terraplén) necesarios cuando los suelos de subrasante no son permeables o los taludes de corte o cunetas impiden el drenaje o las capas granulares del pavimento no puedan drenar.

Los subdrenes que deben proyectarse para interceptar filtraciones o rebajar un nivel freático elevado, pueden también utilizarse para drenar la estructura del pavimento, en caso se requiera.

CAPITULO IV

SUELOS

4. SUELOS

En este capítulo se desarrollan pautas para identificar las características y la clasificación de los suelos que se utilizarán en la construcción de los pavimentos de las carreteras del Perú.

La exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. Sí la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aún con exigencias de precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos.

4.1 EXPLORACIÓN DE SUELOS Y ROCAS

AASHTO para la investigación y muestreo de suelos y rocas recomienda la aplicación de la norma T 86-90 que equivale a la ASTM D420-69; para el presente manual, se aplicará para todos los efectos el procedimiento establecido en las normas MTC E101, MTC E102, MTC E103 y MTC E104, que recoge los mencionados alcances de AASHTO y ASTM. En este capítulo se dan pautas complementarias para llevar a cabo el muestreo e investigación de suelos y rocas.

Para la exploración de suelos y rocas primero deberá efectuarse un reconocimiento del terreno y como resultado de ello un programa de exploración e investigación de campo a lo largo de la vía y en las zonas de préstamo, para de esta manera identificar los diferentes tipos de suelo que puedan presentarse.

El reconocimiento del terreno permitirá identificar los cortes naturales y/o artificiales, definir los principales estratos de suelos superficiales, delimitar las zonas en las cuales los suelos presentan características similares, asimismo identificar las zonas de riesgo o poco recomendables para emplazar el trazo de la vía.

El programa de exploración e investigación de campo incluirá la ejecución de calicatas o pozos exploratorios, cuyo espaciamiento dependerá fundamentalmente de las características de los materiales subyacentes en el trazo de la vía. Generalmente están espaciadas entre 250 m y 2,000 m, pero pueden estar más próximas dependiendo de puntos singulares, como en los casos de:

- cambio en la topografía de la zona en estudio;
- por la naturaleza de los suelos o cuando los suelos se presentan en forma errática o irregular
- delimitar las zonas en que se detecten suelos que se consideren pobres o inadecuados;
- zonas que soportarán terraplenes o rellenos de altura mayor a 5.0m;
- zonas donde la rasante se ubica muy próxima al terreno natural (h < 0.6 m);
- en zonas de corte, se ubicarán los puntos de cambio de corte a terraplén o de terraplén a corte, para conocer el material a nivel de subrasante.

De las calicatas o pozos exploratorios deberán obtenerse de cada estrato muestras representativas en número y cantidades suficientes de suelo o de roca, o de ambos, de cada material que sea importante para el diseño y la construcción. El tamaño y tipo de la muestra requerida depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y del equipo de ensayo a ser usado.

Con las muestras obtenidas en la forma descrita, se efectuarán ensayos en laboratorio y finalmente con los datos obtenidos se pasará a la fase de gabinete, para consignar en forma gráfica y escrita los resultados obtenidos, asimismo se determinará un perfil estratigráfico de los suelos (eje y bordes), debidamente acotado en un espesor no menor a 1.50 m, teniendo como nivel superior la línea de subrasante del diseño geométrico vial y debajo de ella, espesores y tipos de suelos del terraplén y los del terreno natural, con indicación de sus propiedades o características y los parámetros básicos para el diseño de pavimentos. Para obtener el perfil estratigráfico en zonas donde existirán cortes cerrados, se efectuarán métodos geofísicos de prospección que permitan determinar la naturaleza y características de los suelos y/o roca subyacente (según Norma MTC E101).

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios ó calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro, estará de acuerdo al cuadro 4.1.

Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada, a distancias aproximadamente iguales; para luego, sí se considera necesario, densificar la exploración en puntos singulares del trazo de la vía, tal como se mencionan en el numeral 4.1 del presente manual.

Cuadro 4.1
Número de Calicatas para Exploración de Suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/dia, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 1 calicata x km	

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

El número de calicatas indicado en el cuadro 4.1, se aplica para pavimentos nuevos, reconstrucción y mejoramiento. En caso, de estudios de factibilidad o prefactibilidad se efectuará el número de calicatas indicadas en el referido cuadro espaciadas cada 2.0 km en vez de cada km. En caso de estudios a nivel de perfil se utilizará información secundaria existente en el tramo del proyecto, de no existir información secundaria se efectuará el número de calicatas del cuadro 4.1 espaciadas cada 4.0 km en vez de cada km. En el caso de refuerzo o rehabilitación de pavimentos se tendrá en cuenta los resultados de las mediciones deflectométricas (deflectograma) y la sectorización de comportamiento homogéneo, efectuando por cada sector homogéneo (mínimo 4 calicatas) en correspondencia con los puntos de ensayo, una calicata donde la deflexión es máxima, una segunda calicata donde la deflexión es cercana a la deflexión característica, una tercera calicata donde la deflexión es cercana a la deflexión promedio y una cuarta calicata donde la deflexión ha sido mínima.

Las calicatas y ensayos efectuados en los estudios de preinversión (factibilidad, prefactibilidad o perfil), formarán parte del estudio definitivo, resultando que para el definitivo será sólo necesario efectuar calicatas y ensayos complementarios a los de estudios de preinversión, los mismos que sirven eventualmente, además como comprobatorios.

En caso el tramo tenga una longitud entre 500 m y 1,000 m el número de calicatas a realizar será la cantidad de calicatas para un kilómetro indicada en el cuadro 4.1. Si el tramo tiene una longitud menor a 500 m, el número de calicatas a realizar será la mitad de calicatas indicada en el cuadro 4.1.

Sí a lo largo del avance del estacado las condiciones topográficas o de trazo, muestran por ejemplo cambios en el perfil de corte a terraplén; o la naturaleza de los suelos del terreno evidencia un cambio significativo de sus características o se presentan suelos erráticos o irregulares, se deben ejecutar más calicatas por kilómetro en puntos singulares, que verifiquen el cambio.

También se determinará la presencia o no de suelos orgánicos, suelos expansivos, napa freática, rellenos sanitarios, de basura, etc., en cuyo caso las calicatas deben ser más profundas, delimitando los sectores con subrasante pobre o inadecuada que requerirá, para determinar el tipo de estabilización o mejoramiento de suelos de la subrasante, de estudios geotécnicos de estabilidad y de asentamientos donde el Ingeniero Responsable sustente en su Informe Técnico que la solución adoptada según la naturaleza del suelo, alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeablidad, compresibilidad y durabilidad. Este tipo de estudios también se realizarán en caso de terraplenes con altura mayor a 5.0 m. En este caso, los valores representativos resultado de los ensayos será sólo válida para el respectivo sector.

Donde se encuentre macizo rocoso dentro de la profundidad de investigación, se deberá aplicar lo establecido en la norma MTC E101.

4.2.1 REGISTROS DE EXCAVACIÓN

De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtendrán muestras representativas, las que deben ser descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación de la calicata (con coordenadas UTM - WGS84), número de muestra y profundidad y luego colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio. Así mismo, durante la ejecución de las investigaciones de campo se llevará un registro en el que se anotará el espesor de cada una de los estratos del sub-suelo, sus características de gradación y el estado de compacidad de cada uno de los materiales. Así mismo se extraerán muestras representativas de la subrasante para realizar ensayos de Módulos de resiliencia (Mr) o ensayos de CBR para correlacionarlos con ecuaciones de Mr, la cantidad de ensayos dependerá del tipo de carretera (ver cuadro 4.2).

Cuadro 4.2
Número de Ensayos Mr y CBR

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/dia, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	• Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	• Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	• Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	• Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

El número de ensayos indicado en el cuadro 4.2, se aplica para pavimentos nuevos, reconstrucción y mejoramiento. En caso, de estudios de factibilidad o prefactibilidad se efectuará el número de ensayos indicados en el referido cuadro, por 2 veces la longitud indicada (ejemplo, para Carreteras de Tercera Clase "Cada 4.0 km se realizará un CBR" en lugar de un CBR cada 2.0 km. En caso de estudios a nivel de perfil se utilizará información secundaria existente en el tramo del proyecto, de no existir información secundaria se efectuará el número de ensayos del cuadro 4.2, por 3 veces la longitud indicada (ejemplo, para Carreteras de Segunda Clase "Cada 4.5 km se realizará un CBR" en lugar de un CBR cada 1.5 km). Para el caso de refuerzo o rehabilitación de pavimentos, se tendrá en cuenta las mediciones deflectométricas (deflectograma) y la sectorización de comportamiento homogéneo, efectuando por cada sector homogéneo (mínimo dos CBR) en correspondencia con los puntos de ensayo, un CBR donde la deflexión ha sido máxima y el segundo CBR donde la deflexión es cercana a la deflexión característica.

Los ensayos de Mr o de CBR efectuados en los estudios de preinversión (factibilidad, prefactibilidad o perfil), formarán parte del estudio definitivo, resultando que para el definitivo será sólo necesario efectuar ensayos complementarios a los de estudios de preinversión, los mismos que sirven eventualmente, además como comprobatorios.

En caso el tramo tenga una longitud menor a la indicada, en el cuadro 4.2, para el número de Mr o de CBR a realizar, la cantidad de ensayos indicada en el cuadro debe ser tomada como mínima.

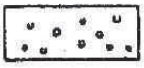
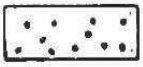
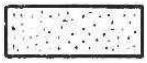
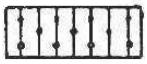
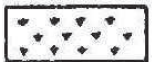
Se podrán realizar ensayos in situ, como el CBR en el terreno según ensayo MTC E 133-2000 y el ensayo mediante Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC), este ensayo su principal limitación se presenta en las mediciones de suelos con bolonería, pero resulta muy útil en suelos de mala calidad, donde precisamente se requiere de mayores evaluaciones del suelo y sus estratos, por lo que en este caso debe efectuarse este tipo de ensayos que permitirá tramificar mejor la capacidad soporte de la subrasante. Las correlaciones para determinar el CBR deben contar con la aprobación de la Dirección de Normatividad Vial del MTC. La cantidad de ensayos mínimo será igual al número de calicatas indicado en el cuadro 4.1.

Los ensayos in situ autorizados por el MTC, utilizando el LWD (deflectómetro de impacto liviano) o el SPT (ensayo de penetración estándar), se efectuarán de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales del MTC vigente o en base a normas internacionales ASTM o AASHTO, cuyos procedimientos y correlaciones para determinar los módulos del suelo de la subrasante y las características de los suelos deben contar con la aprobación de la Dirección de Normatividad Vial del MTC.

4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS

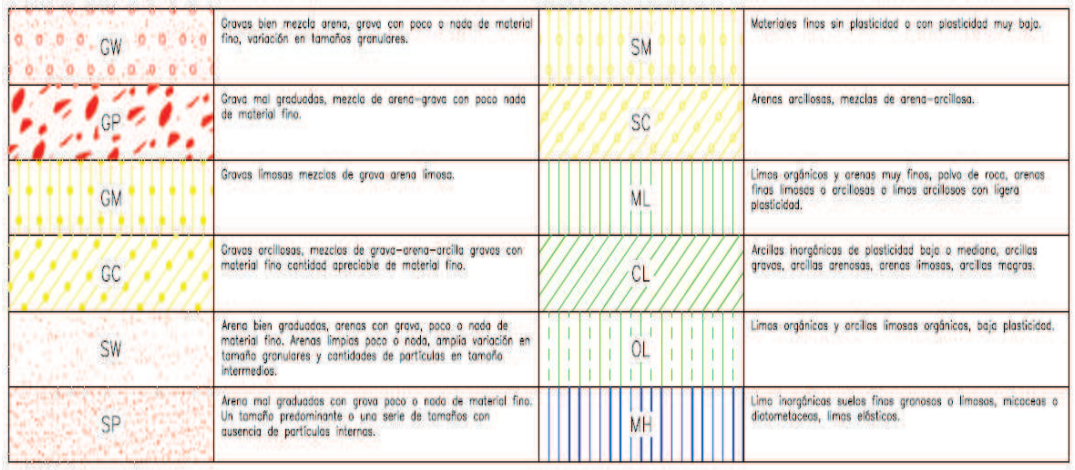
Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo a metodología para construcción de vías, la clasificación se efectuará obligatoriamente por AASHTO y SUCS, se utilizarán los signos convencionales de los cuadros 4.3 y 4.4:

Cuadro 4.3
Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A – 1- a		A – 5
	A – 1- b		A – 6
	A – 3		A – 7 – 5
	A – 2 – 4		A – 7 – 6
	A – 2 – 5		MATERIA ORGANICA
	A – 2 – 6		ROCA SANA
	A – 2 – 7		ROCA DESINTEGRADA
	A – 4		

Fuente: Simbología AASHTO

Cuadro 4.4
Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS



Fuente: Manual de Ensayos de Materiales – Norma MTC E101, Símbolos gráficos para suelos

Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

a. Granulometría: representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC EM 107). A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Cuadro 4.5
Clasificación de suelos según Tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

b. La Plasticidad: es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg establecen cuan sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo MTC EM 110), el límite plástico (LP, según ensayo MTC EM 111) y el límite de contracción (LC, según ensayo MTC EM 112).

Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Límite de Contracción (retracción), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP (ensayo MTC EM 111) que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:

Cuadro 4.6
Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de subrasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

c. **Equivalente de Arena:** Es la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo ó material arcilloso en los suelos o agregados finos (ensayo MTC EM 114). Es el ensayo que da resultados parecidos a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque menos preciso. Tiene la ventaja de ser muy rápido y fácil de efectuar.

El valor de Equivalente de Arena (EA) es un indicativo de la plasticidad del suelo:

Cuadro 4.7
Clasificación de suelos según Equivalente de Arena

Equivalente de Arena	Característica
sí EA > 40	el suelo no es plástico, es arena
Sí 40 > EA > 20	el suelo es poco plástico y no heladizo
sí EA < 20	el suelo es plástico y arcilloso

d. Índice de Grupo: es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la formula:

$$IG = 0.2\,(a) + 0.005\,(ac) + 0.01(bd)$$

Donde:

a = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz Nº 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

b = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz Nº 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

c = LL – 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

d = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice ≥ a 20, un suelo no utilizable para caminos.

Cuadro 4.8
Clasificación de suelos según Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

e. Humedad Natural: Otra característica importante de los suelos es su humedad natural; puesto que la resistencia de los suelos de subrasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.

La determinación de la humedad natural (ensayo MTC EM 108) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo (ensayo MTC EM 132). Sí la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el Proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Sí la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado.

f. **Clasificación de los suelos:** Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en el cuadro 4.9. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS):

Cuadro 4.9
Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM –D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente: US Army Corps of Engineers

g. **Ensayos CBR:** (ensayo MTC EM 132), una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, para caminos contemplados en este manual, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Para la obtención del valor CBR de diseño de la subrasante, se debe considerar lo siguiente:

1. En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la subrasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.

2. En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la subrasante en función a los siguientes criterios:

   - Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
   - Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

   Son valores de CBR parecidos o similares los que se encuentran dentro de un determinado rango de categoría de subrasante, según Cuadro 4.10.

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

Cuadro 4.10
Categorías de Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S_0 : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S_1 : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S_2 : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S_3 : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S_4 : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S_5 : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

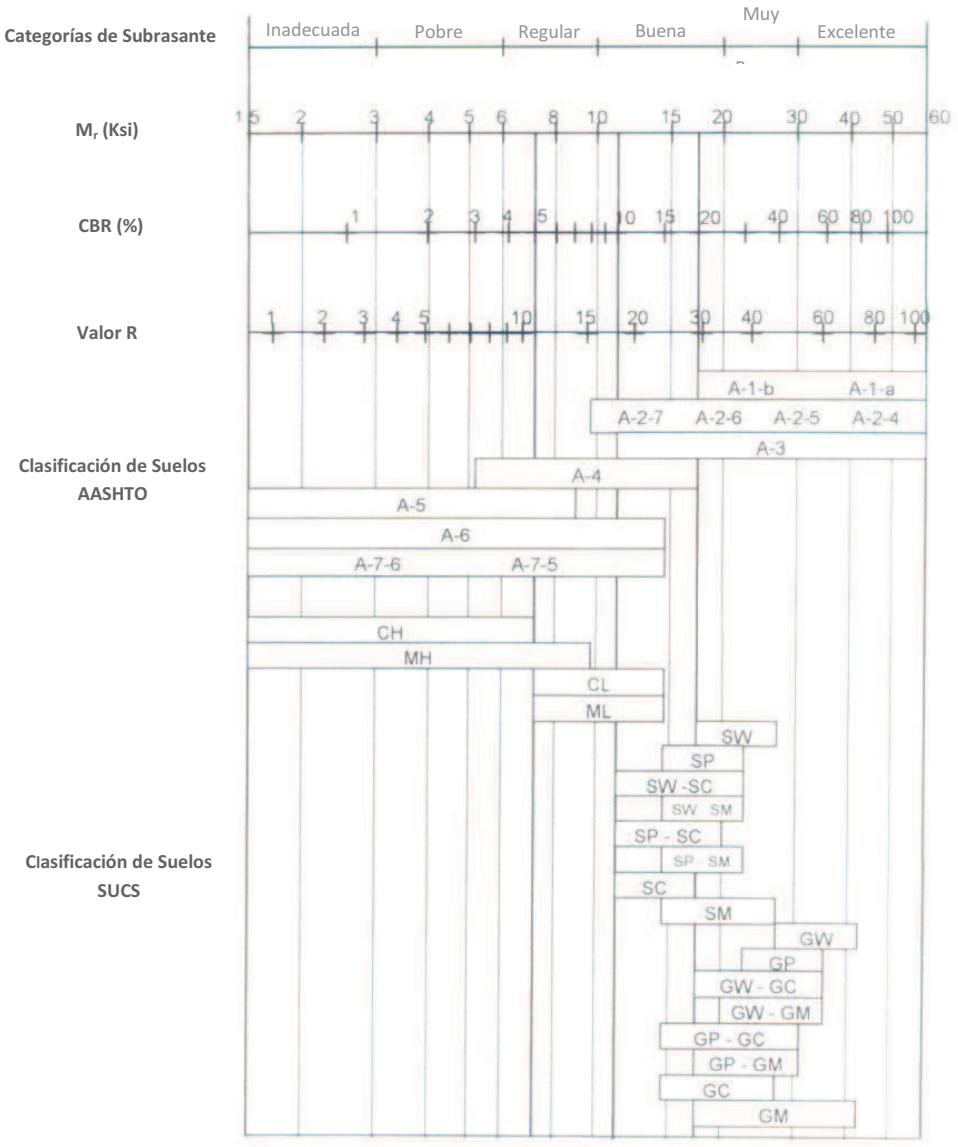
Fuente: Elaboración propia

Para obtener el Módulo Resiliente a partir del CBR, se empleará la siguiente ecuación que correlaciona el Mr – CBR, obtenida del Appendix CC-1 "Correlation of CBR values with soil index properties" preparado el 2001 por NCHRP Project 1-37A (National Cooperative Highway Research Program), documento que forma parte de MEPDG Mechanistic - Empirical Pavement Design Guide – AASHTO interim 2008):

$$Mr\ (psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

A manera referencial se presenta la Figura 4.1 de correlaciones típicas entre las clasificaciones y características de los suelos y el módulo de resiliencia, preparado por la NAPA Information Series 117 "Guidelines for Use of HMA Overlays to Rehabilitate PCC Pavements", 1994 y que está incluida en el documento indicado anteriormente Appendix CC-1 "Correlation of CBR values with soil index properties":

Figura 4.1
Correlaciones Típicas entre las Clasificaciones y Propiedades de los Suelos con el Módulo de Resiliencia



Fuente: Appendix CC-1 "Correlation of CBR Values with Soil Index Properties"- NCHRP Project 1-37A, 2001. Figure 1. Typical Resilient Modulus Correlations to Empirical Soil Properties and Classification Categories. Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures.

h. Ensayo de Modulo Resiliente

Para ejecutar el ensayo de módulo resiliente se utilizará la norma MTC E 128 (AASHTO T274), el Módulo de Resiliencia es una medida de la propiedad elástica de suelos, reconociéndole ciertas características no lineales. El modulo de resiliencia se puede usar directamente en el diseño de pavimentos flexibles; y, para el diseño de pavimentos rígidos o de concreto, debe convertirse a modulo de reacción de la subrasante (valor k).

Cuadro 4.11
Clasificación de los Suelos – Método AASHTO

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
Grupo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Símbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm	**máx. 50**		**mín. 50**									
0.5 mm	**máx. 30**	**máx. 50**	**máx.10**									
0.08 mm	**máx. 15**	**máx. 25**		**máx. 35**	**Máx.35**	**máx. 35**	**máx. 35**	**mín. 35**	**mín. 35**	**mín. 35**	**mín. 35**	**mín. 35**
Límites Atterberg												
				máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín.40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
límite de líquido índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10 IP<LL-30	mín. 10 IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno					De pasable a malo						

Fuente: AASHTO M 145

4.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Con las muestras extraídas de las calicatas efectuadas, se realizarán los siguientes ensayos de laboratorio:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107
- Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E110
- Límite Plástico ASTM D-4318, MTC E111
- Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E108
- Clasificación SUCS ASTM D-2487
- Contenido Sulfatos ASTM D-516
- Contenido Cloruros ASTM D-512
- Contenido Sales Solubles Totales MTC - E219
- Clasificación AASHTO M-145

Ensayos Especiales

- California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC – E132, ó Módulo resiliente de suelos de subrasante AASHTO T 274, MTC – E128
- Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC – E115
- Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC-E114
- Ensayo de Expansión Libre ASTM D-4546
- Colapsabilidad Potencial ASTM D-5333
- Consolidación Uniaxial ASTM D-2435

Los ensayos deben ser ejecutados en laboratorios competentes que cuenten con:

- Personal calificado
- Instalaciones que faciliten la correcta ejecución de los ensayos
- Métodos y procedimientos apropiados para la realización de los ensayos, siguiendo las Normas de Ensayos del MTC o normas internacionales como ASTM o AASHTO, incluyendo técnicas estadísticas para el análisis de los datos de ensayo.
- Equipos debidamente calibrados, que garanticen la exactitud o validez de los resultados de los ensayos. Antes del inicio de los ensayos o de la puesta en servicio el proveedor debe presentar los respectivos certificados de calibración de sus equipos, emitidos por Laboratorios de Calibración acreditados.
- Aseguramiento de calidad de los resultados de los ensayos.
- Informe de resultados de cada ensayo, presentado en forma de informe de ensayo o certificado de ensayo, que exprese el resultado de manera exacta, clara, sin ambigüedades y objetivamente, de acuerdo con las instrucciones especificas de los métodos de ensayo.

4.5 INFORME DE EXPLORACIÓN

4.5.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

En base a la información obtenida de los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se realizará una descripción de los diferentes tipos de suelos encontrados en las calicatas o pozos. Una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará los suelos que controlarán el diseño y se establecerá el programa de ensayos para definir el CBR de diseño para cada sector homogéneo.

4.5.2 SECTORIZACIÓN

Para efectos del diseño de la estructura del pavimento se definirán sectores homogéneos donde, a lo largo de cada uno de ellos, las características del material del suelo de fundación o de la capa de subrasante se identifican como uniforme. Dicha uniformidad se establecerá sobre la base de las características físico-mecánicas de los suelos (Clasificación, plasticidad). El proceso de sectorización requiere de análisis y criterio del proyectista, teniendo en cuenta las características del material de suelo de la subrasante, el tráfico vial, el drenaje y/o subdrenaje, microclimas y otros aspectos que considere el Ingeniero Responsable.

Para la identificación de los sectores de características homogéneas, se tendrá en cuenta los resultados de las prospecciones y ensayos, previamente a ello se deberá establecer una estrategia para efectuar el programa exploratorio y, a partir de ello, se ordenará la toma de las muestras necesarias de cada perforación, de manera de poder evaluar aquellas características que siendo determinantes en su comportamiento, resulten de sencilla e indiscutible determinación.

4.5.3 CORTES Y TERRAPLENES

Los taludes de corte dependerán de la naturaleza del terreno y de su análisis de estabilidad (Estudio Geotécnico), pudiendo utilizarse (a modo referencial) las siguientes relaciones de corte en talud (V:H), que son apropiados para los tipos de materiales (rocas y suelos) indicados en el cuadro 4.12.

Cuadro 4.12
Taludes de Corte

CLASE DE TERRENO	TALUD (V: H)		
	V ≤ 5m	5m < V ≤ 10m	V >10m
Roca Fija	10 : 1	10 : 1 (*)	(**)
Roca Suelta	6 : 1 - 4 : 1	4:1 – 2 : 1 (*)	(**)
Conglomerados Cementados	4 : 1	(*)	(**)
Suelos Consolidados Compactos	4 : 1	(*)	(**)
Conglomerados Comunes	3 : 1	(*)	(**)
Tierra Compacta	2 : 1 - 1 : 1	(*)	(**)
Tierra Suelta	1 : 1	(*)	(**)
Arenas Sueltas	1 : 2	(*)	(**)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1 : 2 hasta 1 : 2	(*)	(**)

(*) Requiere Banqueta o análisis de estabilidad
(**) Requiere Análisis de Estabilidad
Nota: La relación V: H, indica que V corresponde a la altura vertical del talud y H la distancia horizontal.

Los taludes de relleno igualmente estarán en función de los materiales empleados, pudiendo utilizarse (a modo de taludes de relleno referenciales) los siguientes que son apropiados para los tipos de material incluidos en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.13
Taludes de Relleno

Materiales	Talud (V : H)		
	V ≤ 5m	5m < V ≤ 10m	V >10m
Enrocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(**)
Arenas Limpias	1 : 2	(*)	(**)

(*) Requiere Banqueta o análisis de estabilidad
(**) Requiere Análisis de Estabilidad

4.5.4 SUBRASANTE

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR ≥ 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, de acuerdo a la naturaleza del suelo, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la mas conveniente técnica y económica. En el Capítulo 9 Estabilización de Suelos, se describen diversos tipos de estabilización de suelos.

Para poder asignar la categoría de subrasante indicada en el cuadro 4.10, los suelos de la explanación debajo del nivel superior de la subrasante, deberán tener un espesor mínimo de 0.60 m del material correspondiente a la categoría asignada, caso contrario se asignará a la categoría inmediata de calidad inferior.

El nivel superior de la subrasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante excelente - muy buena (CBR ≥ 30%); a 0.80 m cuando se trate de una subrasante buena - regular (6% ≤ CBR < 20%); a 1.00 m cuando se trate de una subrasante pobre (3% ≤ CBR < 6%); y, a 1.20 m cuando se trate de una subrasante inadecuada (CBR < 3%). En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario.

Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material separador de 10 cm. de espesor como mínimo o un geosintético, según lo justifique el Ingeniero Responsable.

Se estabilizarán las zonas húmedas locales o áreas blandas o subrasantes inadecuadas, cuyo estabilización o mejoramiento será materia de un estudio geotécnico de estabilidad y de asentamientos donde el Ingeniero Responsable analizará según la naturaleza del suelo diversas alternativas como estabilización con cal o cemento, estabilización química de suelos, geosintéticos, pedraplenes, enrocados, capas de arena, reemplazo, etc; definiendo y justificando en su Informe Técnico la solución adoptada, donde se indicará que con la solución adoptada el suelo alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeablidad, compresibilidad y durabilidad.

En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de los friajes o las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. En el caso de presentarse en los últimos 0.60 m de la subrasante, suelos susceptibles al congelamiento por acción climática, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario. Son suelos susceptibles al congelamiento, por acción climática rigurosa, los suelos limosos, igualmente los suelos que contienen más del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm; con excepción de las arenas finas uniformes que aunque contienen hasta el 10% de materiales de tamaño inferior a los 0.02 mm, no son susceptibles al congelamiento. En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm.

La curva granulométrica de la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0.074 mm (Nº 200) se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios (según Norma MTC E109).

CAPITULO V

FUENTES DE MATERIALES Y FUENTES DE AGUA

5. FUENTES DE MATERIALES Y FUENTES DE AGUA

5.1 GENERALIDADES

Los materiales naturales, tales como las rocas, gravas, arenas y suelos seleccionados, denominados frecuentemente bajo los términos genéricos de "áridos", "inertes" ó "agregados", según sus usos y aplicaciones, cumplen un rol significativo e importante en la calidad, durabilidad y economía de las obras viales. La naturaleza y propiedades físicas de dichos materiales, así como las formas en que se presentan y su disponibilidad, serán los factores principales que determinarán los usos de estos, así como el grado de procesamiento que requerirán antes de su empleo.

Las técnicas de diseño y construcción han establecido especificaciones bastante precisas para el uso de estos materiales, tanto en la ejecución de los terraplenes y obras básicas de la carretera, como en las distintas capas del pavimento o en las obras de concreto, por lo tanto una de las tareas más importantes de los proyectistas será asegurar la existencia de "áridos o agregados" con calidad y en cantidad suficiente para cubrir las necesidades de la obra o identificar fuentes de las cuales puedan ser extraídos materiales que una vez procesados satisfagan las especificaciones fijadas.

La mayor o menor disponibilidad de estos en las proximidades de la obra, así como la intensidad del procesamiento afectan con frecuencia los costos de construcción, por lo cual se justifica una exploración sistemática del área del proyecto, siempre que se puedan lograr reducciones razonables de las distancias de transporte y de los procesos de transformación de los materiales.

En tal sentido, este Capítulo proporciona a los Ingenieros los criterios necesarios para clasificar y seleccionar las Fuentes de Materiales y Fuentes de Agua con fines de diseño de mezclas y de materiales para los componentes de las capas de la estructura del pavimento.

5.2 LINEAMIENTOS GENERALES PARA UN PROGRAMA DE EXPLORACION Y LOCALIZACION DE FUENTES DE MATERIALES PETREOS

Es evidente que el proceso de exploración y localización de fuentes de agregados requiere del conocimiento cabal de los fundamentos acerca de la naturaleza y origen geológico de las rocas que generan los materiales pétreos e inertes que se requieren en la construcción vial, así como los criterios, especificaciones y normas de ingeniería y

geotecnia que permitan evaluar la conveniencia de uso de esos materiales y los procedimientos más apropiados de explotación, elaboración y utilización económica de los mismos.

La búsqueda e identificación de dichas fuentes debe iniciarse por tanto a partir de la definición de los siguientes conceptos:

a) Naturaleza y tipo de los agregados o áridos requerido.
b) Volumen ó cantidades de cada tipo de material que será empleado en la construcción ó conservación.
c) Clases de rocas ó suelos que responden a las características de los materiales necesarios y formas de ocurrencia en el área del proyecto.
d) Disponibilidad de medios de explotación y procesamiento.

Normalmente, en las distintas etapas de un proyecto, ya sea a nivel de Estudio de pre-inversión y de Estudio Definitivo, se incluyen tareas referidas a la identificación y localización de materiales naturales para la obra; por lo tanto, en correspondencia con estos niveles de estudio debe ir incrementándose el conocimiento de las disponibilidades de tales elementos y precisándose todos los factores que intervendrán en los diseños finales y que tendrán una incidencia significativa en los costos de construcción y conservación.
Se asume entonces que en el proceso de identificación, localización y evaluación de fuentes de materiales, deberá existir una etapa de reconocimiento e identificación, otra de localización y evaluación preliminar y finalmente una de delimitación, calificación y cuantificación.

1. Reconocimiento e Identificación: El estudio de los antecedentes geológicos de la zona del proyecto, permitirá elaborar un mapa - geológico ó litológico en el cual se pueden definir las áreas donde existirán posibilidades de hallar los materiales requeridos, a través del conocimiento de las formaciones geológicas predominantes y la naturaleza de las rocas que las constituyen. Un análisis de las fotografías áreas o satelitales disponibles, en las cuales podrán identificarse afloramientos rocosos, terrazas ó playas en las márgenes de los ríos, complementadas con información extraída de proyectos anteriores u obtenida a través de pobladores de la región, puede confirmar la existencia de tales materiales, precisar las áreas en las cuales continuar desarrollando las siguientes etapas y planificar la forma y los medios que deberán utilizarse en ellas.

2. Localización y Evaluación Preliminar: Esta etapa requiere la verificación en el terreno de las fuentes identificadas en la etapa anterior y la auscultación superficial y toma de muestras representativas en algunas de las localizaciones que sean a su vez representativas de otras en la región y que sean relativamente más accesibles. Dicha auscultación, conjuntamente con los resultados de los ensayos de calidad que se

efectuarán sobre las muestras recogidas permitirán conocer las características típicas de los materiales, su forma de presentación (ubicación, continuidad, homogeneidad, tamaños, configuración de partículas, calidad, etc.). Asimismo podrá obtenerse una cubicación ó estimación de los volúmenes disponibles y su aptitud para ser utilizados en diversos aspectos de la obra. Generalmente, no es posible tener acceso a todos los lugares identificados, pero con el auxilio de fotografías aéreas o satelitales a escalas convenientes ó vuelos de exploración sobre las zonas demarcadas pueden extrapolarse resultados o encontrar afinidades que sitúan para identificar otras fuentes ó complementar su evaluación.

En esta etapa la auscultación superficial y evaluación de los materiales en el terreno deberá basarse en procedimientos expeditivos y simples que puedan contribuir a reconocer algunas propiedades básicas y que hagan posible una selección preliminar descartando aquellos materiales notoriamente inapropiados. Tales procedimientos comprenden desde observación de las superficies intemperizadas, excavaciones de poca profundidad, identificación de los finos (arcillas, limos) y su plasticidad, prueba de dureza de las partículas (rallado con objeto de acero), friabilidad ó disgregación fácil, resistencia al golpe de martillo de las partículas mayores, etc. Todas estas simples pruebas pueden en conjunto conducir a la decisión de eliminar una determinada fuente, evitando mayores gastos en transporte de muestras y análisis que culminarían en un resultado similar.

3. Delimitación, Calificación y Cuantificación: A nivel de estudio definitivo del proyecto vial es necesario disponer de información concreta acerca de la calidad de los materiales, requerimientos de procesamiento, rendimientos, volúmenes disponibles, formas de acceso a las fuentes, distancias de transporte, y en general de todos aquellos elementos que contribuyan a precisar los costos de la obra. Por tal motivo el estudio de canteras requerirá una exploración detallada de las fuentes seleccionadas, un mapeo y delimitación de la misma y la ejecución sistemática de pozos y sondeos, conjuntamente con el muestreo y análisis de los materiales extraídos de estos para poder elaborar los perfiles mediante los cuales se pueda clasificar y cuantificar con precisión los volúmenes disponibles. La forma de sondaje y muestreo, así como los análisis a que serán sometidas las muestras dependerán del uso a que estarán destinados los materiales.

5.3 ESTUDIO DE CANTERAS DE SUELO

El interés del estudio de las fuentes de materiales de donde se extraerán agregados para diferentes usos principales como mejoramientos de suelos, terraplenes, afirmado, agregados para rellenos, subbase y base granular, agregados para tratamientos bituminosos, agregados para mezclas asfálticas y agregados para mezclas de concreto, es determinar sí los agregados son o no aptos para el tipo de obra a emplear, en tal

sentido se requiere determinar sus características mediante la realización de los correspondientes ensayos de laboratorio.

5.3.1 UBICACIÓN

Las Fuentes de Materiales o Canteras serán ubicadas en función a su distancia de la obra a realizar (centro de gravedad), considerando para su selección la menor distancia a la obra, siempre que cumplan con la calidad y cantidad (potencia) requeridas por la obra. Para el efecto, se realizará un levantamiento topográfico del recorrido desde el inicio de la cantera a la obra, precisando kilometraje, longitud y tipo de acceso, asimismo se delimitará topográficamente los linderos de las fuentes de materiales o canteras.

5.3.2 DESCRIPCIÓN

Las Canteras serán evaluadas y seleccionadas por su calidad y cantidad (potencia), así como por su menor distancia a la obra. Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas, sondeos y/o trincheras de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio.

El estudio de canteras incluye la accesibilidad a los bancos de materiales, descripción de los agregados, usos, tratamiento, tipo, periodo de explotación, propiedad, permisos de uso y otras informaciones.

5.3.3 MUESTREO

Para muestreo de los estratos el consultor se ceñirá al Manual de Ensayo de Materiales del MTC vigente, norma MTC E 101. En lo no especificado en el Manual de Ensayo de Materiales, se procederá de acuerdo a lo siguiente:

Se realizará mínimo 05 exploraciones, por cada área menor o igual a una hectárea, la ubicación de los puntos de prospección será a distancias aproximadamente iguales, para luego densificar la exploración si se estima pertinente. Las exploraciones consistirán en calicatas, sondeos y/o trincheras, a profundidades no menores de la profundidad máxima de explotación, a fin de garantizar la real potencia de los bancos de materiales.

La cantidad de muestras extraidas de canteras deberá ser tal que permita efectuar los ensayos exigidos, así como también ensayos de verificación para rectificar y/o ratificar resultados poco frecuentes.

Las muestras representativas de los materiales de cada cantera serán sometidas a los ensayos estándar, a fin de determinar sus características y aptitudes para los diversos usos que sean necesarios (rellenos, afirmado, sub-base, base, tratamientos superficiales, carpetas asfálticas, obras de concreto hidráulico, etc.).

Se presentarán registros de exploraciones para cada una de las prospecciones, en donde se detallarán las ubicaciones de las prospecciones con coordenadas UTM-WGS84, las

características de los estratos encontrados tales como: tamaño, forma, color, espesor de cada estrato, profundidad de la prospección, así como material fotográfico de las calicatas; de tal manera que en los registros se precisen las características de los estrados encontrados.

Estas muestras se clasifican según Hvorslev (1949), en muestras representativas y no representativas:

- Muestras representativas, son las que contienen todos los materiales constituyentes del estrato, del cual fueron tomadas, no han tenido ningún cambio químico. Sin embargo su condición física o estructural, sí se ha alterado, además de su contenido de humedad, estas muestras se usan para llevar a cabo una clasificación general, gracias a sus propiedades índice, y la identificación de cada material.

- Muestras no representativas, se les conoce así, a las muestras, que no representan algún estrato en especial, sino que sus partículas se han mezclado con los de otros estratos o materiales, por lo cual resultan inadecuados para un examen de laboratorio, sin embargo, son útiles para establecer una clasificación preliminar, y una determinación de las profundidades a las cuales ocurren cambios mayores en los estratos, y de donde o a partir de cuando, podemos obtener muestras representativas o no alteradas.

5.3.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de las canteras se efectuarán de acuerdo al Manual de Ensayo de Material para Carreteras del MTC (vigente) y serán las que señalen las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras del MTC (vigente).

Los ensayos de los materiales deberán ser de dos tipos:

- Estrato por estrato
- Del conjunto de los materiales

Los ensayos deben ser ejecutados en laboratorios competentes que cuenten con:

- Personal calificado
- Instalaciones que faciliten la correcta ejecución de los ensayos
- Métodos y procedimientos apropiados para la realización de los ensayos, siguiendo las Normas de Ensayos del MTC o normas internacionales como ASTM o AASHTO, incluyendo técnicas estadísticas para el análisis de los datos de ensayo.
- Equipos debidamente calibrados, que garanticen la exactitud o validez de los resultados de los ensayos. Antes del inicio de los ensayos o de la puesta en servicio el

proveedor debe presentar los respectivos certificados de calibración de sus equipos, emitidos por Laboratorios de Calibración acreditados.

- Aseguramiento de calidad de los resultados de los ensayos.
- Informe de resultados de cada ensayo, presentado en forma de informe de ensayo o certificado de ensayo, que exprese el resultado de manera exacta, clara, sin ambigüedades y objetivamente, de acuerdo con las instrucciones especificas de los métodos de ensayo.

a) Ensayos Estándar

- **Material para Terraplenes:**
  - ✓ Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107
  - ✓ Humedad Natural MTC E108
  - ✓ Límite Líquido de los suelos ASTM D-4318, MTC E110
  - ✓ Límite Plástico e Indice de Plasticidad ASTM D-4318, MTC E111
  - ✓ Determinación del Límite de Contracción, sí se encuentra alta Actividad de los finos MTC E112
  - ✓ Gravedad Específica de los Suelos, MTC E113
  - ✓ Materia Orgánica en Suelos, MTC E118

- **Material de Afirmado:**
  - ✓ Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107
  - ✓ Límite Líquido Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E110
  - ✓ Límite Plástico Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E111
  - ✓ Clasificación SUCS ASTM D-2487
  - ✓ Clasificación de Suelos AASHTO M-145, ASTM D-3282
  - ✓ Contenido Sales Solubles Totales , MTC E219
  - ✓ Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E213
  - ✓ Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791
  - ✓ Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC E210

- **Material de Sub-base y Base:**
  - ✓ Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107
  - ✓ Material que pasa la Malla N° 200 ASTM C-117, MTC E202
  - ✓ Límite Líquido Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E110
  - ✓ Límite Plástico Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E111
  - ✓ Clasificación SUCS ASTM D-2487
  - ✓ Clasificación de Suelos AASTHO M-145, ASTM D-3282
  - ✓ Contenido Sales Solubles Totales MTC E219
  - ✓ Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E213
  - ✓ Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791
  - ✓ Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC E210

- **Tratamiento Superficial:**
  - ✓ Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107
  - ✓ Contenido Sales Solubles Totales MTC E219
  - ✓ Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791
  - ✓ Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC E210

- **Mezcla Asfáltica:**
  - ✓ Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107
  - ✓ Material que pasa la Malla N° 200 ASTM C-117, MTC E202
  - ✓ Límite Líquido Malla N° 200 ASTM D-4318, MTC E110
  - ✓ Límite Plástico Malla N° 200 ASTM D-4318, MTC E111
  - ✓ Terrones de Arcilla ASTM C-142 MTC E212
  - ✓ Contenido Sales Solubles Totales (Agregado Grueso) NTP 339.152
  - ✓ Contenido Sales Solubles Totales (Agregado Fino) NTP 339.152
  - ✓ Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E213
  - ✓ Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791
  - ✓ Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC E210
  - ✓ Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Grueso ASTM C-127, MTC E206
  - ✓ Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Fino ASTM C-128, MTC E205
  - ✓ Peso Unitario del Agregado Grueso ASTM C-29, MTC E203
  - ✓ Peso Unitario del Agregado Fino ASTM C-29, MTC E203
  - ✓ Determinación Cuantitativa de Cloruros del Agregado Grueso NTP 339.177
  - ✓ Determinación Cuantitativa de Cloruros del Agregado Fino NTP 339.177
  - ✓ Determinación Cuantitativa Sulfatos Agregado Grueso NTP 339.178
  - ✓ Determinación Cuantitativa Sulfatos Agregado Fino NTP 339.178

- **Concreto Pórtland:**
  - ✓ Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107 y MTC E202
  - ✓ Material que pasa la Malla N° 200 ASTM C-117
  - ✓ Límite Líquido Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E110
  - ✓ Límite Plástico Malla N° 40 ASTM D-4318, MTC E111
  - ✓ Clasificación SUCS ASTM D-2487
  - ✓ Terrones de Arcilla en los agregados ASTM C-142, MTC E212
  - ✓ Contenido Sales Solubles Totales MTC - E219 (Agregado Grueso)
  - ✓ Contenido Sales Solubles Totales MTC - E219 (Agregado Fino)
  - ✓ Materia Orgánica en Arena ASTM C-140, MTC E213
  - ✓ Partículas Chatas y Alargadas ASTM D-4791
  - ✓ Porcentaje de Caras de Fractura ASTM D-5821, MTC E 210

- ✓ Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Grueso ASTM C-127, MTC-E206
- ✓ Gravedad Especifica y Absorción del Agregado Fino ASTM C-128, MTC-E205
- ✓ Peso Unitario del Agregado Grueso ASTM C-29, MTC-E203
- ✓ Peso Unitario del Agregado Fino ASTM C-29, MTC-E203
- ✓ Determinación Cuantitativa de Cloruros del Agregado Grueso NTP 339.177
- ✓ Determinación Cuantitativa de Cloruros del Agregado Fino NTP 339.177
- ✓ Determinación Cuantitativa de Sulfatos del Agregado Grueso NTP 339.178
- ✓ Determinación Cuantitativa de Sulfatos del Agregado Fino NTP 339.178
- ✓ Carbón y Lignito NTP 400.023, MTC E211

b) Ensayos Especiales

Se realizarán para diferentes tipos de material

- **Material de Terraplen**
  - ✓ California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E132; ó Módulo Resiliente de suelos de subrasante y materiales de terraplen sin tratar, ensayo AASHTO T 292; ó módulo Resiliente de Materiales de suelos y agregados, ensayo AASHTO T 307.
  - ✓ Relación Humedad-densidad Compactada a la Energia Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC E115.

- **Material de Afirmado:**
  - ✓ California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E132
  - ✓ Ensayo de Abrasión Los Angeles ASTM C-131, MTC-E207
  - ✓ Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC-E114
  - ✓ Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC-E115

- **Material de Sub-Base:**
  - ✓ California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E132; ó Módulo resiliente de materiales de subbase granular sin tratar, ensayo AASHTO T 292; o Módulo Resiliente de Materiales de suelos y agregados, ensayo AASHTO T 307.
  - ✓ Ensayo de Abrasión Los Angeles ASTM C-131, MTC-E207
  - ✓ Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC-E114
  - ✓ Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC-E115

- **Material de Base:**
  - ✓ California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC E132; ó Módulo resiliente de materiales de base granular sin tratar, ensayo AASHTO T 292; o Módulo Resiliente de Materiales de suelos y agregados, ensayo AASHTO T 307.
  - ✓ Ensayo de Abrasión Los Angeles ASTM C-131, MTC-E207
  - ✓ Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC-E114

- ✓ Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC-E115
- ✓ Durabilidad del Agregado Grueso ASTM C-88, MTC-E209
- ✓ Durabilidad del Agregado Fino ASTM C-88, MTC-E209
- ✓ Indice de Durabilidad MTC - E214

- **Tratamiento Superficial**
  - ✓ Durabilidad del Agregado Grueso ASTM C-88, MTC-E209
  - ✓ Adherencia de Piedra MTC – E519
  - ✓ Riedel Weber MTC - E220
  - ✓ Terrones de Arcilla y Particulas Friables AASHTO T 112, MTC E212
  - ✓ Abrasión los Angeles AASHTO T96, MTC E207

- **Mezcla Asfáltica**
  - ✓ Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC-E114
  - ✓ Durabilidad del Agregado Grueso ASTM C-88, MTC-E209
  - ✓ Durabilidad del Agregado Fino ASTM C-88, MTC-E209
  - ✓ Ensayo de Abrasión Los Angeles ASTM C-131, MTC-E207
  - ✓ Adherencia de Piedra MTC – E519
  - ✓ Riedel Weber MTC E-220
  - ✓ Ensayo Marshall ASTM D-1559 AASHTO T225, MTC E-504
  - ✓ Ensayo para evaluar el efecto del agua sobre agregados con recubrimientos bituminosos usando agua en ebullición, MTC E-521
  - ✓ Indice de Durabilidad de Agregados MTC E214

- **Concreto Hidráulico**
  - ✓ Equivalente de Arena ASTM D-2419, MTC-E114
  - ✓ Durabilidad del Agregado Grueso ASTM C-88, MTC-E209
  - ✓ Durabilidad del Agregado Fino ASTM C-88, MTC-E209
  - ✓ Ensayo de Abrasión Los Angeles ASTM C-131, MTC-E207

c) Frecuencia de Ensayos

Las muestras representativas de los materiales de cada cantera serán sometidas a los ensayos, mínimo 5 pruebas por cada tipo de ensayo, de tal forma de cubrir todo el área y volumen de explotación.

Sí para el cumplimiento de las especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras del MTC, es necesario someter al agregado a un tratamiento (lavado, venteo, mezclas, etc); se deberá presentar la misma cantidad de resultados de ensayos de materiales, señalado en el párrafo anterior, efectuando ensayos con los agregados después de someterlos a dichos tratamientos a fín de corroborar y verificar sí con dichos tratamientos el material logra cumplir con las especificaciones técnicas.

Se presentará un cuadro resumen de los ensayos efectuados para cada cantera (con la debida indentificación (nombre de cantera, calicata y/o muestra, espesor del estrato, profundidad del pozo exploratorio, etc).

5.3.5 RENDIMIENTO Y CUBICACIÓN

El consultor calculará el rendimiento y potencia de los materiales utilizados para cada uso, así mismo el uso, periodo y equipo de explotación. Los límites de las canteras o fuentes de materiales debe cubrir un área que asegure un volumen de material útil explotable del orden de 1.5 veces las necesidades del proyecto, considerando los factores volumétricos y una reserva en caso en obra se requiera un mayor volumen al previsto.

5.4 ESTUDIO DE CANTERA DE ROCA

5.4.1 UBICACIÓN

Se realizará un levantamiento topográfico del recorrido desde el inicio de la cantera a la obra, precisando kilometraje, longitud y tipo de acceso, asimismo se delimitará topográficamente los linderos de las fuentes de la cantera de roca.

5.4.2 DESCRIPCIÓN

El consultor describirá las características del afloramiento rocoso como fracturamiento, volumen, dimensionamiento de los bloques y la metodología del procesamiento de explotación (método de voladura, chancado, etc). El método de voladura incluirá criterios y pautas para la operación de carga, selección de explosivos, procedimientos de prueba y detonación de los explosivos, por lo que se requiere la participación de profesionales especializados en la materia.

5.4.3 MUESTREO

Para muestreo de los estratos el consultor se ceñirá al Manual de Ensayo de Materiales del MTC vigente, norma MTC E 101. En lo no especificado en el Manual de Ensayo de Materiales, se procederá de acuerdo a lo siguiente: El consultor realizará exploraciones mínimo 3 prospecciones (calicatas o trincheras), a fin de determinar el basamento rocoso. Se extraerá roca para realizar ensayos de laboratorio, se podrá emplear otros métodos de muestreo que sean autorizados por la Entidad competente.

5.4.4 ENSAYOS DE LABORATORIO

Para los ensayos de laboratorio serán chancado y se realizarán ensayos estándar y especiales como se indica en el item 5.3.4 - Ensayos de laboratorio.

Se realizarán:

- Ensayo petrográfico microscópico de la roca ASTM D-1889
- Carga Puntual ASTM D5731-95
- Compresión Simple en Roca ASTM D-2928
- Propiedades Físicas ASTM D-2216-98
- Determinación de Parámetros de Resistencia al Corte Mediante Compresion Triaxial. AASHTO T296, MTC 131
- Corte Directo (Consolidado Drenado). AASHTO T 236, MTC E123
- Analisis de Estabilidad Cinemática Mediante Proyecciones Estereográficas
- Clasificaciones Geomecánicas (Bieniaswki, Barton, Liem, Jacobs, etc) ú otros Aplicables a Taludes y Análisis de Fallas.
- Ensayo R.Q.D. (Rock Quality Designation).

5.4.5 RENDIMIENTO DE CUBICACIÓN

El consultor calculará el rendimiento y potencia del basamento rocoso para cada uso, así mismo el periodo y equipo de explotación. Los límites de la cantera de roca debe cubrir un área que asegure un volumen de material útil explotable del orden de 1.5 veces las necesidades del proyecto, considerando los factores volumétricos y una reserva en caso en obra se requiera un mayor volumen al previsto.

5.5 FUENTES DE AGUA

5.5.1 UBICACIÓN

Se determinará las fuentes de agua y distancia a la obra, así mismo se tendrá en cuenta el tipo de fuente, calidad de agua y disponibilidad y variaron estacional.

5.5.2 MUESTREO

El muestreo es el primer paso para la determinación de la calidad de una fuente de agua, por lo que la persona que recoge una muestra y la lleva al laboratorio debe ser calificada para tal fin. En este sentido debe asegurarse que la muestra sea representativa de la fuente cuya calidad se desea evaluar, y que no se deteriore, ni se contamine antes de llegar al laboratorio, y, el envase debe ser nuevo; ya que la calidad de los resultados, depende de la integridad de las muestras que ingresan al mismo. La toma de la muestra debe realizarse con sumo cuidado, a fin de garantizar que el resultado analítico represente la composición real de la fuente de origen, y que antes de iniciar el muestreo se debe consultar al laboratorio sobre las condiciones en que éste debe desarrollarse y la información mínima requerida.

a) Material de Campo

Indispensable:

- Envases para el muestreo (rotulados o bien envases y elementos para rotular - cinta o etiqueta autoadhesiva y fibra indeleble)
- Planillas de registro, cuaderno y lápiz.
- GPS de frecuencia simple

Opcional: De ser necesario (según objetivo y condiciones del muestreo):

- Conservadora con hielo o refrigerantes.
- Gotero o elementos para incorporar soluciones conservantes a las muestras que lo requieran.
- Jabalina o dispositivo necesario para la toma de la muestra.

De ser posible:

- Medidor de pH portátil.
- Conductivímetro portátil.
- Termómetro.
- Agua destilada para la limpieza de los electrodos y sondas.

b) Envase

Según los análisis que vayan a realizarse se definirá el tipo de envase a utilizar. El mismo estará en función de la cantidad de muestra a tomar y de la necesidad de dejar (en análisis microbiológicos) o no (en la mayoría de los análisis) una cámara de aire, o un espacio para mezclas o para el agregado de algún reactivo que permita la conservación de la muestra.

En el caso de que las muestras deban ser transportadas, debe dejarse un espacio del 1% de la capacidad del envase para permitir la variación de volumen debida a diferencia térmica.

Para análisis físico-químico se utilizarán envases de plástico o vidrio, con buen cierre y nuevos.

En caso excepcional, se puede reutilizar un envase, para el efecto deben desestimarse envases que hayan contenido agua contaminada, combustibles, soluciones concentradas, etc.; únicamente podrían reutilizarse envases de agua o

envases de gaseosa muy bien lavados, especialmente aquellos en base a cola (por el ácido fosfórico).

En todos los casos debe asegurarse que el envase se encuentre limpio, pero debe prestarse especial atención a no lavarlo con detergentes, hipoclorito de sodio (lavandina) u otros reactivos, el envase sólo puede ser enjuagado con agua. De todas maneras, se trate de un envase nuevo o reutilizado, previo a la toma de la muestra, deberá enjuagarse por lo menos tres veces con el agua a muestrear.

La cantidad de muestra necesaria para un análisis físico-químico es de aproximadamente 1,000 ml (1 litro) como mínimo. Si fuera necesario muestrear para algún análisis que requiriera del agregado de un reactivo específico para la conservación de la muestra, deberá preverse la toma en envases adicionales de menor capacidad.

En caso de no satisfacer los requisitos antes mencionados, las muestras serán rechazadas.

c) Procedimiento

- ***Identificación del sitio de la toma de muestra:***
  Debe hacerse de manera unívoca. Para la ubicación se puede utilizar un GPS de frecuencia simple con precisión de 1 a 3 m en post-proceso, de lo contrario especificar el lugar de la manera más concreta posible.

- ***Información requerida:***
  Al momento de muestreo es necesario recabar, como mínimo, la siguiente información:

  - ✓ Identificación unívoca de la muestra (nombre, código, etc.)
  - ✓ Identificación del sitio de muestreo (georeferenciación: latitud, longitud)
  - ✓ Tipo de fuente y características de la misma (pozo, perforación, canal, río, represa, profundidad del nivel estático y total si fuera pozo o perforación, diámetro de la perforación o pozo, cercanía a pozos negros o industrias, existencia de pozos abandonados, etc.)
  - ✓ Destino (riego, etc.).
  - ✓ Información acerca del Establecimiento y nombre del Propietario o Encargado (con datos de dirección, e-mail y/o teléfono) donde se ha muestreado e información adicional acerca de problemas que detecta el personal que puede atribuirse al agua, volumen diario que se extrae normalmente o algún dato indirecto que permita el cálculo (capacidad o volumen de la cisterna , altura de llenado). .
  - ✓ Condiciones de muestreo (fecha y hora).
  - ✓ Nombre de quien realizó el muestreo.
  - ✓ Tipo de análisis a efectuar (físico-químico)

- ✓ Reactivo empleado para su preservación, en caso de ser utilizado.
- ✓ Cualquier otra observación que se considere de importancia.
- ✓ De ser posible, pH, Conductividad Eléctrica, Temperatura del agua al momento de la toma.

Toda esta información se registrará en una planilla prevista al efecto, la que deberá completarse en el momento del muestreo.

- ***Rotulado de las muestras:***

  Es conveniente rotular los envases antes de iniciar el muestreo, ya que se cuenta con mejores condiciones de higiene. Es fundamental asegurarse que el rótulo sea seguro (que no se borre, se pierda o se destruya durante el traslado de la muestra); que la identificación sea unívoca, para que no se confundan o se pierda la trazabilidad de las muestras; y que sea lo más sencilla posible (recordar que toda la información requerida se volcará en la Planilla de Registro).

- ***Toma de muestra para análisis físico-químico***

  Precauciones para la toma de la muestra en función de su origen.

  Las muestras de agua pueden provenir de fuentes superficiales (ríos, arroyos, canales, represas, lagos) o subterráneas (pozos, perforaciones) y este aspecto definirá las condiciones de muestreo.

  En función de la fuente que se vaya a muestrear, y para asegurar que la muestra sea lo más representativa posible del total, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

  - ✓ Cualquiera sea la fuente de agua, previo a la toma de la muestra, se enjuagará el envase por lo menos 2 a 3 veces con el agua a muestrear.
  - ✓ Agua de red, para la toma de una muestra de agua de red se abrirá el grifo o canilla y se dejará que el agua corra el tiempo suficiente de manera de tener purgada toda la cañería que llega desde el tanque.
  - ✓ El ramal donde se encuentre el grifo debe ser el principal, proveniente de la red, y no debe estar conectado en el trayecto con otras cañerías, filtros, ablandadores u otros artefactos que puedan alterar la calidad del agua del ramal principal.
  - ✓ También se debe tomar la precaución de retirar del grifo o boca de salida las mangueras u otros accesorios, y de limpiarlo tratando de eliminar sustancias acumuladas en el orificio interno de salida del agua y en el reborde externo, dejando correr agua libremente para arrastrar cualquier residuo.

d) Agua de Perforaciones o Pozos

La muestra se debe tomar de la cañería inmediata al pozo y es conveniente que, antes de proceder a la toma de la muestra, la impulsión se mantenga en marcha el tiempo suficiente que contemple la profundidad del o de los acuíferos, hasta que el agua emerja clara (sin sedimentos ni restos vegetales) y que sea del acuífero. Se debe prestar especial atención a esto si el pozo estuviera en desuso.

En pozos es importante extraer el agua hasta que se esté seguro que el agua es el del acuífero y no mezclada con la superficial y sin impurezas vegetales o de animales (estas cosas invalidan totalmente el análisis posterior).

No se debe permitir el traslado ni recepción de muestras con olor, producto de materia orgánica en descomposición. Estas muestras no son representativas y se descartarán automáticamente.

Si el pozo fuera nuevo se debe bombear el tiempo suficiente hasta que salga agua limpia, de manera de muestrear el agua del acuífero y en lo posible bombear con caudal de diseño, es decir, el caudal máximo que la perforación o pozo puede brindar con nivel dinámico estable.

e) Agua superficial proveniente de un curso de agua en movimiento (río, arroyo, canal, etc.)

Debe ponerse especial atención en buscar puntos estratégicos de muestreo (puentes, alcantarillas, botes, muelles), ya que se debe muestrear de sitios donde el agua se encuentre en circulación. Nunca es recomendable muestrear desde donde se encuentra estancada.

Si se tratara de muestreos periódicos o de control debe tratar de extraerse la muestra siempre en el mismo lugar. Cuando no es posible tomar la muestra directamente con la mano, debe atarse al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio o en su caso equipo muestreador comercial.

f) Agua superficial proveniente de un espejo de agua (represa, lago, etc.)

En estos casos, se puede proyectar una jabalina a unos 2 metros de la orilla, para no muestrear del borde, evitando tomar la muestra de la capa superficial o del fondo. Sumergir el frasco en el agua (incorporando un peso) con el cuello hacia abajo hasta una profundidad de 15 a 30 cm, destapar y girar el frasco ligeramente permitiendo el llenado. Retirar el frasco después que no se observe ascenso de burbujas.

g) Tanques de almacenamiento, cisterna

Tomar la muestra bajando el frasco dentro del pozo hasta una profundidad de 15 a 30 cm. Desde la superficie libre del líquido, evitando en todo momento tocar las paredes del pozo. Cuando no es posible tomar la muestra directamente con la mano, debe

atarse al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio o en su caso equipo muestreador comercial.

h) Pasos prácticos para la toma de la muestra para análisis físico-químico

1) Si el envase está rotulado verificar que sea el correcto.
2) Que el envase tenga una capacidad de por lo menos 1 litro.
3) Enjuagar 2 a 3 veces con la fuente de agua que se va a muestrear, desechando el agua de enjuague.
4) Recoger la muestra sin dejar cámara de aire. Se puede dejar un mínimo sin llenar que permita la variación de volumen debida a potenciales diferencias térmicas. Si se le va a agregar algún conservante contemplar el volumen necesario para el mismo.
5) Cerrar el envase asegurando su cierre hermético.
6) Si no estaba rotulada la botella roturarla con tinta indeleble. Siempre tener papel y cinta adhesiva para emergencias o muestras no planificadas.
7) Guardar la muestra en lugar fresco (interior de un vehículo) o en conservadora si fuera necesario y llevarla al Laboratorio en el menor tiempo posible (se recomienda como tiempo máximo de entrega a Laboratorio de 4 días).

i) Acondicionado y Transporte de la Muestra

Para análisis físico-químicos

El acondicionamiento de las muestras dependerá del objetivo del muestreo.

En general, puede ser necesario acondicionarlas con conservadores de frío, ya que algunas especies químicas (nitratos, nitritos y en menor medida los sulfatos) pueden sufrir transformaciones por acción microbiana. También deben mantenerse al resguardo de la luz, procurando enviarlas lo más rápido posible al laboratorio.

Una buena opción, si no se dispone de conservadora con hielo, es tener las muestras en el interior de los vehículos con aire acondicionado hasta que se las lleva al Laboratorio o a algún medio de refrigeración adecuado (heladera).

Si no se refrigera puede haber variación del pH por alteración de CO_3 = y CO_3H-. No es significativa si hay poca materia orgánica.

5.5.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se efectuarán ensayos químicos para determinar su calidad para su uso en obra, los requisitos de calidad para el agua, serán los estipulados en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras del MTC, vigente:

a) Afirmado, Subbase, Base granular y Mezclas

- Contenido de sulfatos NTP 339.088, ASTM D516
- Contenido de cloruros NTP 339.088, ASTM D512

- Sólidos en suspensión NTP 339.088, ASTM D5907
- Materia Orgánica NTP 339.088, NTP 339.072

b) Concreto Hidráulico

- Contenido de sulfatos NTP 339.088, NTP 339.074, ASTM D516, MTC – E716
- Contenido de cloruros NTP 339.088, NTP 339.076, ASTM D512, MTC – E716
- pH NTP 339.088, NTP 339.073, ASTM D5907, MTC –E716
- Sólidos en suspensión NTP 339.088, ASTM D5907, MTC –E716
- Materia Orgánica NTP 339.088, NTP 339.072, MTC –E716
- Alcalinidad

c) Para suelos estabilizados con cal con cemento Pórtland y suelos estabilizados con compuesto multienzimaticos orgánicos

- Contenido de sulfatos NTP 339.088, ASTM D516
- Contenido de cloruros NTP 339.088, ASTM D512
- ph NTP 339.088 ASTM D-1293
- Sólidos en suspensión NTP 339.088, ASTM D5907
- Materia Orgánica NTP 339.088, NTP 339.072
- Alcalinidad

d) Mortero Asfáltico o Lechada asfáltica

- Contenido de sulfatos NTP 339.088, ASTM D516
- Contenido de cloruros NTP 339.088, ASTM D512
- ph NTP 339.088 ASTM D-1293
- Sólidos en suspensión NTP 339.088, ASTM D5907
- Materia Orgánica NTP 339.088, NTP 339.072
- Alcalinidad

5.6 INSTALACIONES COMERCIALES DE SUMINISTRO

Las instalaciones para el suministro de los materiales a la obra deben respetar los aspectos ambientales y de seguridad industrial.

5.7 INFORME, DIAGRAMA DE CANTERA, FUENTES DE AGUA E INSTALACIONES DE SUMINISTRO

El informe geotécnico de canteras – fuentes de materiales debe incluir, al menos, la siguiente información:

- Ubicación y Potencia de la cantera.
- Condiciones de explotación, tales como nivel freático, accesos, pendientes, taludes.
- Características principales de los materiales que puedan obtenerse.

- Características y propiedades de los materiales para definir su aptitud como agregados para rellenos, su-base, base, tratamientos superficiales, carpetas asfálticas, obras de concreto hidráulico, etc.
- Rendimientos por tipo de uso, limitaciones o condicionantes constructivas que puedan restringir su uso (por ejemplo, condiciones de humedad, sobre tamaño, etc.)
- Propiedad y disponibilidad de uso de la cantera o fuente de materiales.
- Ubicación de las fuentes de agua y su calidad para ser usada en la obra.

Además, se presentará un plano de canteras y fuentes de agua en la cual se detallarán en forma completa y resumida:

- Ubicación de las canteras y fuentes de agua, con relación al eje de la vía en construcción ó existente, señalando zonas favorables para acopio de materiales o instalación de plantas de procesamiento, vías de acceso, transitabilidad y distancia de transporte hasta la carretera, indicando el Kilometraje del punto de empalme. La ubicación de las canteras y fuentes de agua, estarán referidas al sistema de coordenadas del proyecto vial.
- Ubicación de los sondajes, que deben ser siempre referidos al sistema de coordenadas del proyecto vial, y se hará en base a puntos fijos identificados en el terreno.
- Resultados de las investigaciones de campo y laboratorio
- Características de los agregados, usos, potencia, rendimiento, tratamiento, periodo, equipo de explotación y propietario, posibilidad de ubicación de plantas de procesamiento de materiales.
- Perfiles edafológicos, con los cuales podrá efectuarse la cuantificación ó cubicación de los diversos materiales. Asimismo en estos perfiles, se señalaran los espesores de materiales inapropiados que deben ser eliminados y las secciones reservadas para la extracción de ciertos tipos de agregados.

FICHA DE INVENTARIO DE CANTERAS

DENOMINACION DE CANTERA: .....

DEPARTAMENTO ..... **CODIGO:** .....

LOCALIZACION	Ubicación de Cantera (Con coordenadas UTM-WGS84).
CARRETERA:	
TRAMO:	
KM ó REFERENCIA:	
LADO:	
DISTANCIA AL EJE ó REFERENCIA	

ACCESO		PROPIEDAD	
PAVIMENTO:	☐	PRIVADA:	☐
AFIRMADO:	☐	PUBLICA:	☐
TROCHA:	☐	MTC:	☐
SENDERO:	☐		
SIN ACCESO	☐		

TIPO DE CANTERA				
	- FORMACION ROCOSA ☐	GRUPO:		
	(Las características indicadas posteriormente corresponden al material triturado)			
	- DEPOSITO:	ALUVIAL ☐	PLAYA PERMANENTE ☐	
		PLUV. ANTIGUO ☐	PLAYA ESTACIONAL ☐	

CARACTERISTICA DEL MATERIAL

SOLO AGREGADO

CLASIFICACION AASHTO .....

CLASIFICACION SUCS: .....

TAMAÑO MAXIMO .....

PORCENTAJE MAYOR 1 ½" ..... %

PORCENTAJE MAYOR ¼" ..... %

PORCENTAJE PASA # 200: ..... %

LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318): ..... %

LIMITEE PLASTICO (ASTM D4318): ..... %

INDICE PLASTICO (ASTM D4318) ..... %

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (ASTM D4791) ..... %

FRACCION	GRUESA	FINA
PESO ESPECIFICO (ASTM C 128):		
ABSORCION (ASTM C128):		
DURABILIDAD (MTC-E209):		
PESO UNITARIO (ASTM C29):		

ABRASION (LOS ANGELES) (ASTM C131): ..... %

RECUBRIMIENTO CON ASFALTO (ADHERENCIA): .....

EQUIVALENTE ARENA (ASTM D2419) : ..... %

RIEDEL – WEBER (%) .....

SALES SOLUBLES AGREGADO GRUESO (ppm) .....

SALES SOLUBLES INTEGRAL (ppm) .....

CARACTERISTICA DEL MATERIAL			
CBR al 95% (ASTM D1883)		IMPUREZAS ORGANICAS INTEGRAL (ASTM C40) (ppm)	
REVESTIMIENTO Y DESPRENDIMIENTO		TERRONES DE ARCILLA AGREGADO FINO	
N` DE MUESTRAS TOMADAS		CARAS FRACTURADAS (ASTM D5821)	
N` DE SONDAJES EJECUTADOS			
FORMA:	REDONDEADA: ☐	**EXAMEN PETROGRAFICO**	
	SUBREDONDEADA: ☐	MATERIAERJUDICIAL (%)	
	SUBANGULOSA; ☐	MATERIAL DEFICIENTE BLANDO (%)	
	ANGULOSA: ☐	MATERIAL DEFICIENTE SEMIDURO Y/O TOTAL INAPTOS (%)	

POTENCIA DE CANTERA		EXPLOTACION	
AREA APROVECHABLE:		EN EXPLOTACION: ☐	CON EXPLOSIVOS: ☐
VOLUMEN APROVECHABLE:		EN RESERVA: ☐	SIN EXPLOSIVOS: ☐
RECUBRIMIENTO:		AGOTADA: ☐	PUBLICA: ☐
RENDIMIENTO ESTIMADO:		PESO POR m^3:	
FECHA RELEVAMIENTO:		OBSERVACIONES:	

POSIBILIDADES DE UTILIZACION

CAPA		RELLENO	SUBBASE	BASE	MEZCLA ASFALTICA	CONCRETO
PROCESAMIENTO	EXTRAC. DIRECTA					
	ZARANDEADO					
	CHANCADO					
	CHANCADO Y ZARANDEO					
	LAVADO					
	FILLER					
	ADITIVO					
	SECADO					
	MEZCLA					
	DOSAJE O RENDIMIENTO					
ENSAYOS	DENSIDAD MAXIMA					
	HUMEDAD OPTIMA					
	CBR					
	OTROS					

OBSERVACIONES:

CAPITULO VI

TRÁFICO VIAL

6. TRÁFICO VIAL

6.1 CONOCIMENTO DE LA DEMANDA PARA ESTUDIOS

La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el Ingeniero necesita conocer con relativa y suficiente precisión, para planificar y diseñar con éxito muchos aspectos de la vialidad, entre ellos el diseño del pavimento y el de la plataforma del camino.

En lo que corresponde a la Sección de Suelos y Pavimentos de este manual, la necesidad de información del tráfico se define desde dos puntos de vista: el diseño estructural del pavimento y el de la capacidad de los tramos viales para conocer hasta que límites de volúmenes de tráfico puede estimarse crecerá la demanda que afectará a la estructura vial durante el periodo del análisis vial adoptado para un estudio.

El estudio de tráfico deberá proporcionar la información del índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo vial materia de un estudio. Es conveniente para ello que los Términos de Referencia de cada estudio ya proporcionen la identificación de los tramos homogéneos.

Para cada uno de los tramos además de la demanda volumétrica actual deberá conocerse la clasificación por tipo de vehículos. El cálculo del IMDA requiere de los índices de variación mensual, información que el MTC dispone y puede proporcionar de los registros continuos que obtiene actualmente en las estaciones existentes de peaje y de pesaje del propio MTC y de las correspondientes a los contratos de concesiones viales. La existencia de esta información es importante para construir una base de datos muy útil, como referencia regional que permitirá reducir los requerimientos de estudios y los costos que actualmente se tienen cuando se realizan estos estudios. Adicionalmente el usos de esta información oficial garantizará una mejor consistencia entre la información obtenida y utilizada para los diversos estudios.

La información directa requerida para los estudios del tráfico en principio y salvo necesidades con objetivos más precisos o distintos, se conformará con muestreos orientados a calcular el IMDA del tramo, empezando por la demanda volumétrica actual de los flujos clasificados por tipo de vehículos en cada sentido de tráfico. La demanda de Carga por Eje, y la presión de los neumáticos en el caso de vehículos pesados (camiones y ómnibus) guarda relación directa con el deterioro del pavimento. Contando con la referencia regional previamente descrita, en términos generales será suficiente realizar las nuevas investigaciones puntuales por tramo en sólo dos días, teniendo en cuenta que el tráfico esté bajo condición normal. Uno de los días corresponde a un día laborable típico y el otro un día sábado. Los términos de referencia del estudio deberán precisar sí el caso

amerita estudiar durante más días o en periodos climáticos distintos, dependiendo del conocimiento previo de la demanda que tenga la Autoridad Competente.

Simultáneamente se realizará un control mediante una muestra representativa aleatoria de pesos por eje de vehículos pesados, utilizando equipo portátil calibrado oficialmente que alcance un número superior al 30% de los vehículos pesados del día, cuidando de la calidad de la muestra para evitar cualquier sesgo particular que la invalide.

En los casos en que hubiera una fuente de información continua, precisa o que los flujos fueran muy pequeños, deberá justificarse adecuadamente la elección del tamaño la muestra.

Demanda Proyectada

La información levantada servirá de un lado como base para el estudio de la proyección de la demanda para el periodo de análisis; y en este contexto, para establecer el número de Ejes Equivalentes (EE) de diseño para el pavimento. El Ingeniero Responsable deberá sustentar si hay razones para establecer que el crecimiento de la demanda seguirá una tendencia histórica identificable con información previa existente o si ésta será modificada por factores socio-económicos, acompañando el análisis justificatorio.

6.2 FACTOR DIRECCIONAL Y FACTOR CARRIL

El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se definirá según el conteo de tráfico.

El factor de distribución carril expresado como una relación, que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE, donde el tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril.

El tráfico para el carril de diseño del pavimento tendrá en cuenta el número de direcciones o sentidos y el número de carriles por calzada de carretera, según el porcentaje o factor ponderado aplicado al IMD (ver Cuadro 6.1).

Cuadro 6.1
Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

6.3 CÁLCULO DE TASAS DE CRECIMIENTO Y PROYECCIÓN

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula de progresión geométrica por separado para el componente del tránsito de vehículos de pasajeros y para el componente del tránsito de vehículos de carga.

$$Tn = To\,(1+r)^{n-1}$$

En la que:

Tn = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día

To = Tránsito actual (año base o) en veh/día

n = Número de años del período de diseño

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

La tasa anual de crecimiento del tránsito se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico. Normalmente se asocia la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el Producto Bruto Interno (PBI). Normalmente las tasas de crecimiento del tráfico varían entre 2% y 6%.

Estas tasas pueden variar sustancialmente si existieran proyectos de desarrollo específicos, por implementarse con certeza a corto plazo en la zona del camino.

La proyección de la demanda puede también dividirse en dos componentes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa anual de crecimiento de la población y una proyección de la demanda de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos índices de crecimiento correspondientes a la Región, que normalmente cuenta con datos estadísticos de estas tendencias.

El siguiente cuadro proporciona el criterio para seleccionar el Factor de Crecimiento Acumulado (Fca) para el periodo de diseño, considerando la tasa anual de crecimiento (r) y el periodo de análisis en años.

Cuadro 6.2
Factores de Crecimiento Acumulado (Fca)
Para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE

Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	3.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Fuente: Tabla D-20 AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

Factor Fca = $\frac{(1+r)^n - 1}{r}$

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento

n = Periodo de diseño

Ejemplo. $Factor = \frac{(1+0.05)^{10} - 1}{0.05} = 12.58$

r = Tasa anual de crecimiento 5%

n = Periodo de diseño 10 años

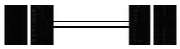
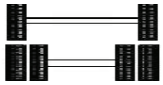
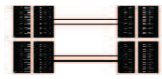
6.4 NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES

Para el diseño de pavimento la demanda que corresponde al del tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia.

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg^2. Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.

En la Figura 6.1 se presenta la configuración de ejes siguiente:

Figura 6.1
Configuración de Ejes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Grafico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Nota :
RS : Rueda Simple
RD: Rueda Doble

Para el cálculo de los EE, se utilizarán las siguientes relaciones simplificadas, que resultaron de correlacionar los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93, para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados (buses y camiones) y tipo de pavimento:

Cuadro 6.3
Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)
Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente ($EE_{8.2\ tn}$)
Eje Simple de ruedas simples (EE_{S1})	$EE_{S1} = [\ P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE_{S2})	$EE_{S2} = [\ P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TA1})	$EE_{TA1} = [\ P / 14.8\ ]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE_{TA2})	$EE_{TA2} = [\ P / 15.1\ ]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1})	$EE_{TR1} = [\ P / 20.7\ ]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE_{TR2})	$EE_{TR2} = [\ P / 21.8\ ]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93

Cuadro 6.4
Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)
Para Pavimentos Rígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente ($EE_{8.2\ tn}$)
Eje Simple de ruedas simples (EE_{S1})	$EE_{S1} = [\ P / 6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE_{S2})	$EE_{S2} = [\ P / 8.2]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TA1})	$EE_{TA1} = [\ P / 13.0\ ]^{4.1}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE_{TA2})	$EE_{TA2} = [\ P / 13.3\ ]^{4.1}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1})	$EE_{TR1} = [\ P / 16.6\ ]^{4.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE_{TR2})	$EE_{TR2} = [\ P / 17.5\ ]^{4.0}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93

Para el diseño de un pavimento se adopta el número proyectado de EE que circularán por el "carril de diseño", durante el periodo de análisis. El carril de diseño corresponderá al carril identificado como el más cargado de la carretera y el resultado de este cálculo será adoptado para todos los carriles de la sección vial típica de esa carretera, por tramos de demanda homogénea.

Para definir la demanda sobre el carril de diseño se analizará el tipo de sección transversal operativa de la carretera, el número de calzadas vehiculares y la distribución de la carga sobre cada carril que conforma la calzada.

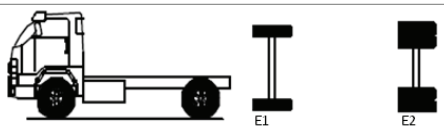
La medición de la demanda, estará basada en muestreos significativos del tránsito cuando no se cuenta con estaciones de pesaje que pueden generar censos de cargas por tipo de ejes. La investigación más extendida en la práctica del Perú, se orienta a la estratificación muestral de la carga por tipo de vehículo. Para ello la muestra del tráfico usuario se concentra en el tráfico pesado con la finalidad de obtener una información detallada promedio, pesando la carga real por tipo de vehículo muestreado, por tipo de ejes que lo conforman y por carga efectiva que lleva el eje. De esta manera con las mediciones obtenidas por tipo de vehículos pesados se calculará el factor vehículo pesado de cada uno de los tipos de vehículos del camino, este factor resulta del promedio de EE que caracteriza cada tipo de vehículo pesado identificado para el camino.

El Factor Vehículo Pesado (Fvp), se define como el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo la sumatoria de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado. El cálculo de factores de EE se efectuará utilizando las cargas reales por eje de los vehículos pesados encuestados en el censo de cargas.

A continuación se presentan unos ejemplos para determinar el Factor de Vehículo Pesado para diversas clases de vehículos pesados.

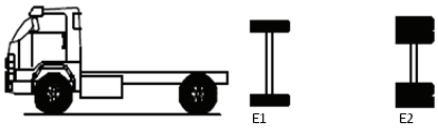
Cuadro 6.5
Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2
Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido

En este ejemplo, el peso total del Camión C2 es de 17tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn y el eje posterior simple (E2) 10tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.3 para pavimento flexible o para pavimento semirrígido, el **factor camión C2 es igual a 3.477**

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)	
C2								12.30	
	$EE_{S1} = [P/6.6]^4$	$EE_{S2} = [P/8.2]^4$							
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	10							
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple							
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble							Total Factor Camión C2
Peso	7	10							3.477
Factor E.E.	1.265	2.212							

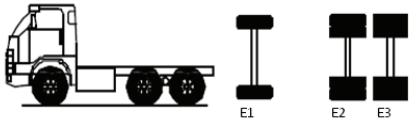
Cuadro 6.6
Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C2
Pavimento Rígido

En este ejemplo, el peso total del Camión C2 es de 17tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn y el eje posterior simple (E2) 10tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.4 para pavimento rígido, el **factor camión C2 es igual a 3.529**

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)	
C2								12.30	
	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.1}$	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.1}$							
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	10							
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple							
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble							Total Factor Camión C2
Peso	7	10							3.529
Factor E.E.	1.273	2.256							

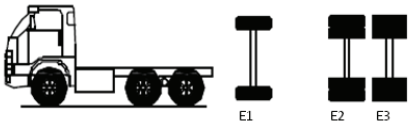
Cuadro 6.7
Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C3
Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido

En este ejemplo, el peso total del Camión C3 es de 23tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn y el eje posterior tandem (E2+E3) 16tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.3 para pavimento flexible o para pavimento semirrígido, el factor vehículo **camión C3 es igual a 2.526**

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)	
C3								13.20	
	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4}$	$EE_{TA} = [P / 15.1]^{4}$							
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	8	8						
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	16							
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Tandem							
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble							Total Factor Camión C3
Peso	7	16							2.526
Factor E.E.	1.265	1.261							

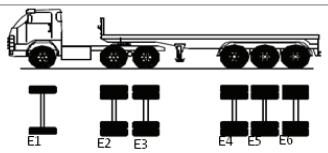
Cuadro 6.8
Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión C3
Pavimento Rígido

En este ejemplo, el peso total del Camión C3 es de 23tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn y el eje posterior tandem (E2+E3) 16tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.4 para pavimento rígido, el factor vehículo **camión C3 es igual a 3.406**

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)	
C3								13.20	
	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.1}$	$EE_{Tá} = [P/13.3]^{4.1}$							
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	8	8						
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	16							
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Tandem							
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble							Total Factor Camión C3
Peso	7	16							3.406
Factor E.E.	1.273	2.134							

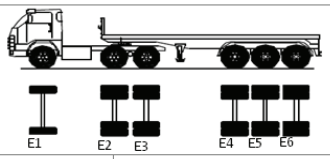
Cuadro 6.9
Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión T3S3
Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido

En este ejemplo, el peso total del Camión T3S3 es de 46tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn, el eje posterior tandem (E2+E3) 16tn y el tridem (E4+E5+E6) 23tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.3 para pavimento flexible o para pavimento semirrígido, el factor vehículo **camión T3S3 es igual a 3.758**

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos								Long. Máxima (m)	
T3S3									20.50	
	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4}$	$EE_{Tá} = [P/15.1]^{4}$		$EE_{TR} = [P/21.8]^{3.9}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8		
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	8	8	7	8	8				
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	16		23						
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Tandem		Eje Tridem						
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble		Rueda Doble						Total Factor Camión T3S3
Peso	7	16		23						3.758
Factor E.E.	1.265	1.261		1.232						

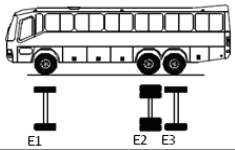
Cuadro 6.10
Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Camión T3S3
Pavimento Rígido

En este ejemplo, el peso total del Camión T3S3 es de 46tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn, el eje posterior tandem (E2+E3) 16tn y el tridem (E4+E5+E6) 23tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.4 para pavimento rígido, el factor vehículo **camión T3S3 es igual a 6.390**

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehiculos						Long. Máxima (m)		
T3S3							20.50		
	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.1}$	$EE_{TA} = [P/13.3]^{4.1}$		$EE_{TR} = [P/17.5]^{4.0}$					
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	8	8	7	8	8			
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	16		23					
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Tandem		Eje Tridem					
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble		Rueda Doble					Total Factor Camión T3S3
Peso	7	16		23					6.390
Factor E.E.	1.273	2.134		2.984					

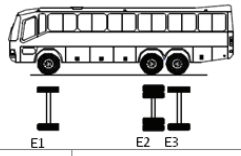
Cuadro 6.11
Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Bus B3-1
Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido

En este ejemplo, el peso total del Bus B3-1 es de 22tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn y el eje posterior tandem (E2+E3) 15tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.3 para pavimento flexible o para pavimento semirrígido, el factor **vehículo Bus B3-1 es igual a 2.321**

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehiculos								Long. Máxima (m)	
B3-1									14.00	
	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4}$	$EE_{TA} = [P/14.8]^{4}$								
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8		
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	8	7							
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	15								
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Tandem								
Tipos de Rueda	Rueda Simple	1 Eje Rueda Doble+1 Eje Rueda Simple								Total Factor Camión B3-1
Peso	7	15								2.321
Factor E.E.	1.265	1.055								

Cuadro 6.12
Ejemplo de Factores de Equivalencia por Eje y Factor Vehículo Bus B3-1
Pavimento Rígido

En este ejemplo, el peso total del Bus B3-1 es de 22tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn y el eje posterior tandem (E2+E3) 15tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.4 para pavimento rígido, el factor **vehículo Bus B3-1 es igual a 3.071**

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehiculos								Long. Máxima (m)	
B3-1									14.00	
	$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.1}$	$EE_{TA} = [P/13.0]^{4.1}$								
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8		
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	8	7							
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	15								
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Tandem								
Tipos de Rueda	Rueda Simple	1 Eje Rueda Doble+1 Eje Rueda Simple								Total Factor Camión B3-1
Peso	7	15								3.071
Factor E.E.	1.273	1.798								

El Ingeniero Responsable para los pavimentos flexibles y semirrígidos tomará en cuenta, para el cálculo de EE, un factor de ajuste por presión de neumáticos, de tal manera de computar el efecto adicional de deterioro que producen las presiones de los neumáticos sobre el pavimento flexible o semirrígido. Para el caso de afirmados y pavimentos rígidos el factor de ajuste por presión de neumáticos será igual 1.0.

Para la determinación de los factores de presión de neumáticos se utilizarán los valores del Cuadro 6.13, valores intermedios podrán interpolarse. Los valores del Cuadro 6.13 han sido obtenidos de correlacionar los valores de la Figura IV-4 EAL Adjusment Factor for Tire Pressures del Manual MS-1 del Instituto del Asfalto, modificando la presión inicial de 70 psi que indica la mencionada figura por la presión inicial de 80 psi considerada para efectos de este Manual.

Cuadro 6.13

FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (Fp) PARA EJES EQUIVALENTES (EE)

Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Nota:

- EE = Ejes Equivalentes
- Presión de inflado del neumático (Pin): está referido al promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.
- Presión de Contacto del neumático (PCN): igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.
- Para espesores menores de capa de rodadura asfáltica, se aplicará el Factor de Ajuste igual al espesor de 50 mm.

Fuente : Elaboración propia, en base a correlaciones con la Figura IV-4 EAL Adjustment Factor for Tire Pressures del Manual MS-1 del Instituto del Asfalto.

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn, en el periodo de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados:

$$\text{Nrep de } EE_{8.2\,tn} = \Sigma\,[EE_{día\text{-}carril} \times Fca \times 365]$$

Donde:

Parámetros	Descripción
Nrep de EE 8.2t	Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn
$EE_{día\text{-}carril}$	**$EE_{día\text{-}carril}$** = Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación: **$EE_{día\text{-}carril} = IMDp_i \times Fd \times Fc \times Fvp_i \times Fp_i$** donde: $IMDp_i$: corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i) Fd: Factor Direccional, según Cuadro N°6.1. Fc: Factor Carril de diseño, según Cuadro N°6.1. Fvp_i: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado. Fp: Factor de Presión de neumáticos, según Cuadro N° 6.13.
Fca	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según cuadro 6.2)
365	Número de días del año
Σ	Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

6.5 CLASIFICACION DE NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES EN EL PERIODO DE DISEÑO

El tránsito para diseño de pavimentos, en el presente Manual, ha sido clasificado en rangos de Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes, tal como se indica en los cuadros 6.14 y 6.15.

Para este Manual se determina los siguientes rangos en número de repeticiones de ejes equivalentes, para el carril y periodo de diseño.

6.5.1 CAMINOS NO PAVIMENTADOS

Los Caminos No Pavimentados con Afirmado (revestimiento granular) tendrán un rango de aplicación de Número de Repeticiones de EE en el carril y periodo de diseño de hasta 300,000 EE, de acuerdo al cuadro 6.14

Cuadro 6.14
Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño Para Caminos No Pavimentados

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T_{NP1}	≤ 25,000 EE
T_{NP2}	> 25,000 EE ≤ 75,000 EE
T_{NP3}	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T_{NP4}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T_{NPX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

NPX = No Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3)

6.5.2 CAMINOS PAVIMENTADOS

Los Caminos Pavimentados con pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos, en este Manual están clasificados en quince (15) rangos de Número de Repeticiones de EE en el carril y periodo de diseño, desde 75,000 EE hasta 30'000,000 EE, de acuerdo al cuadro 6.15.

Cuadro 6.15
Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño Para Pavimentos Flexibles, Semi-rígidos y Rígidos

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T_{P0}	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T_{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T_{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T_{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE
T_{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T_{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T_{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T_{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T_{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T_{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T_{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T_{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T_{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T_{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE
T_{P15}	> 30'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

PX = Pavimentada, X = número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)

Los tramos a pavimentar con números de repeticiones de EE mayores a 30'000,000, será materia de Estudio Específico, mediante el cual el Ingeniero Responsable efectuará un análisis técnico de alternativas de pavimento y justificará la solución adoptada.

CAPITULO VII

EL CLIMA

7. EL CLIMA

7.1 CONCEPTOS DE APLICACIÓN (fuente AASHTO)

Dos son los factores considerados en esta sección de Suelos y Pavimentos del Manual, que influencian el diseño y comportamiento del pavimentos: la temperatura y las precipitaciones de lluvia o sus similares como son las precipitaciones de nevadas escasas.

En el territorio peruano se distinguen tres Regiones Naturales: la Costa de clima mediatizado y sin lluvias, la Sierra de temperaturas más marcadas en mínimos y máximos con lluvias moderadas; y la Selva, de naturaleza tropical con temperaturas bastante altas y lluvias muy fuertes. Una subregión en la costa norte es calurosa por ser parte de la zona ecuatorial y en el caso peruano con esporádicas presencias de lluvias tropicales cuando se presenta el Fenómeno del Niño.

7.2 TEMPERATURA

Un criterio muy importante a tenerse en cuenta es que normalmente en los territorios alto andinos del Perú las temperaturas del pavimentos en los meses de Junio a Octubre presentan variaciones diarias en rango cercano a 40 grados centígrados y principalmente fenómenos de “heladas” con fuertes radiaciones solares y vientos frígidos.

La temperatura afecta directamente la deformación de la carpeta asfáltica (CA); y las variaciones de temperaturas produce tensiones en la CA. Las temperaturas bajas tienen influencia en la aparición del agrietamiento por fatiga la que se potencia con el ahuellamiento. Por otra parte las temperaturas altas tienen influencia en el ahuellamiento de la CA. En los pavimentos rígidos con diferencias fuertes de temperatura se pueden levantar las esquinas debilitándose hasta su rompimiento.

Los agrietamientos por baja temperatura y por fatiga incrementan los costos de conservación; y el ahuellamiento causa adicionalmente problemas de seguridad relacionado con el patinaje de los vehículos.

En función de las temperaturas regionales distintas debe seleccionarse la aplicación de asfaltos con rangos distintos de penetración, tal como se indica en el cuadro de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras del MTC que se presenta a continuación.

Cuadro 7.1
Selección del tipo de cemento asfaltico

Temperatura Media Anual			
24ºC o más	**24ºC – 15ºC**	**15ºC – 5ºC**	**Menos de 5ºC**
40-50 ó 60-70 ó modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

7.3 LAS PRECIPITACIONES DE LLUVIAS

7.3.1 Las lluvias afectan fuertemente los requerimientos del diseño de las capas granulares y del diseño de los pavimentos, sea directamente por su presencia superficial sobre la superficie del camino y su percolación hacia el interior del pavimento, o sea por el efecto originado por la presencia de aguas cercanas al camino en lagunas y en corrientes de aguas superficiales y/o subterráneas que elevan el nivel de la napa freática bajo la plataforma del camino y la modifican según corresponda al periodo mensual de las lluvias. Un nivel freático alto cercano a las capas superiores de la subrasante de diseño del proyecto, pueden desestabilizarlas por el fenómeno de la capilaridad del material utilizado.

7.3.2 La presencia de agua en la superficie del pavimento o en el interior de los materiales que conforman las capas de la estructura de los pavimentos y terraplenes causan cambios en sus propiedades técnicas al interactuar con las otras variables climáticas, como son la temperatura, la radiación solar, el viento y también la presencia temporal de nieves o de “heladas” con situaciones de clima muy riguroso, como se presenta generalmente en los territorios alto andinos del Perú (Mazo Cruz por ejemplo) que deben ser tomadas cuidadosamente en consideración por los ingenieros diseñadores y constructores, principalmente en el cuidado de la carpeta asfáltica para evitar retener agua de la lluvia dentro de la carpeta asfáltica que pueda congelarse y disturbar seriamente su comportamiento, proceso que llevaría junto con la carga del tráfico sobre la carpeta asfáltica a su destrucción acelerada.

El sistema de drenaje de la carretera tiene la finalidad de preservar la infraestructura vial del efecto del agua. Ver capítulo 8.

7.4 CONOCIMIENTO DEL CLIMA

Para el efecto de diseñar las carreteras con la eficiencia necesaria en términos de funcionalidad y de economía, se requiere contar con información suficiente por dos necesidades principales: la estabilidad del pavimento y la estabilidad de los terraplenes y de la plataforma en general.

En el Perú la gestión vial se viene trabajando con información climática nacional producida por el SENAMHI. En general la información requerida por la metodología de diseño tradicional, en cuanto a temperaturas por regiones y/o cuencas y valles, está relativamente bien cubierta; no así en lo relativo a las necesidades más puntuales que se requieren para precisar mejor el diseño de las capacidades de los drenajes y defensas en diversos tramos específicos en los que se presentan requerimientos puntuales frecuentes que deterioran mas significativamente la infraestructura vial impidiendo su uso por algunos días y/o meses mientras se reconstruye el sector vial afectado; como podría ser el caso típico de la subregión costera del Norte.

Sin embargo, esta necesidad viene siendo más conocida e identificable con el mejoramiento y el perfeccionamiento del sistema de conservación vial que se utiliza en las concesiones viales y contratos de conservación vial que viene practicándose en el Perú, en las que el MTC y el SENAMHI deberán coordinar más los requerimientos de información.

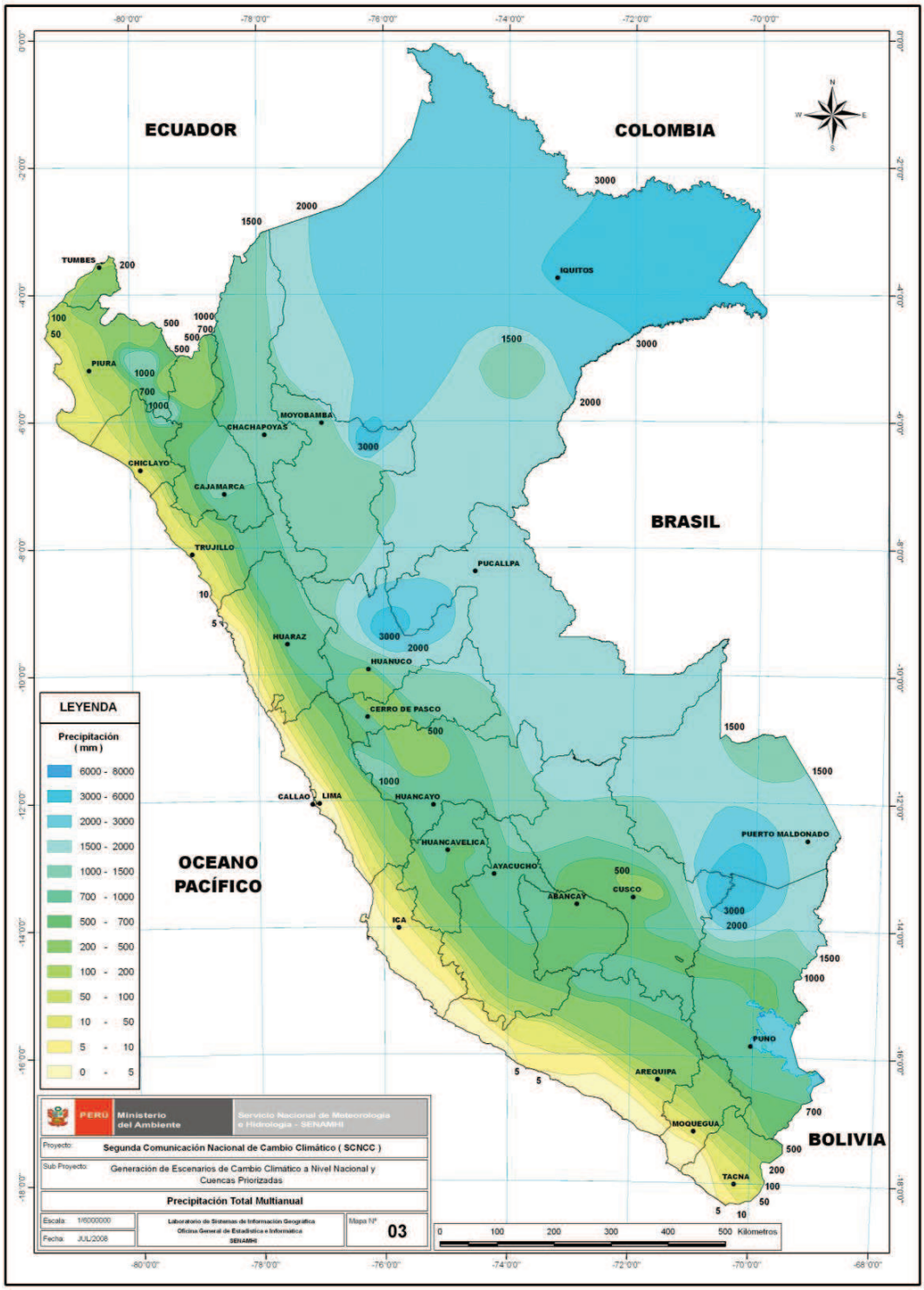
Para el futuro la utilización de las nuevas metodologías de la gestión vial, orientadas hacia el análisis más sofisticado de los materiales que se utilizan en la construcción vial con el objetivo de lograr pavimentos con horizontes de vida a 50 años, requerirá como lo indica AASHTO de la implantación de una sistematización rigurosa de la información del clima, así como del tráfico para cada tramo vial.

Este esfuerzo técnico y económico deberá planificarse cuidadosamente para su implantación progresiva desde lo antes posible por el MTC en coordinación con el SENAMHI.

A continuación a manera referencial se presentan los siguientes gráficos; obtenidos en base a información del SENAMHI.

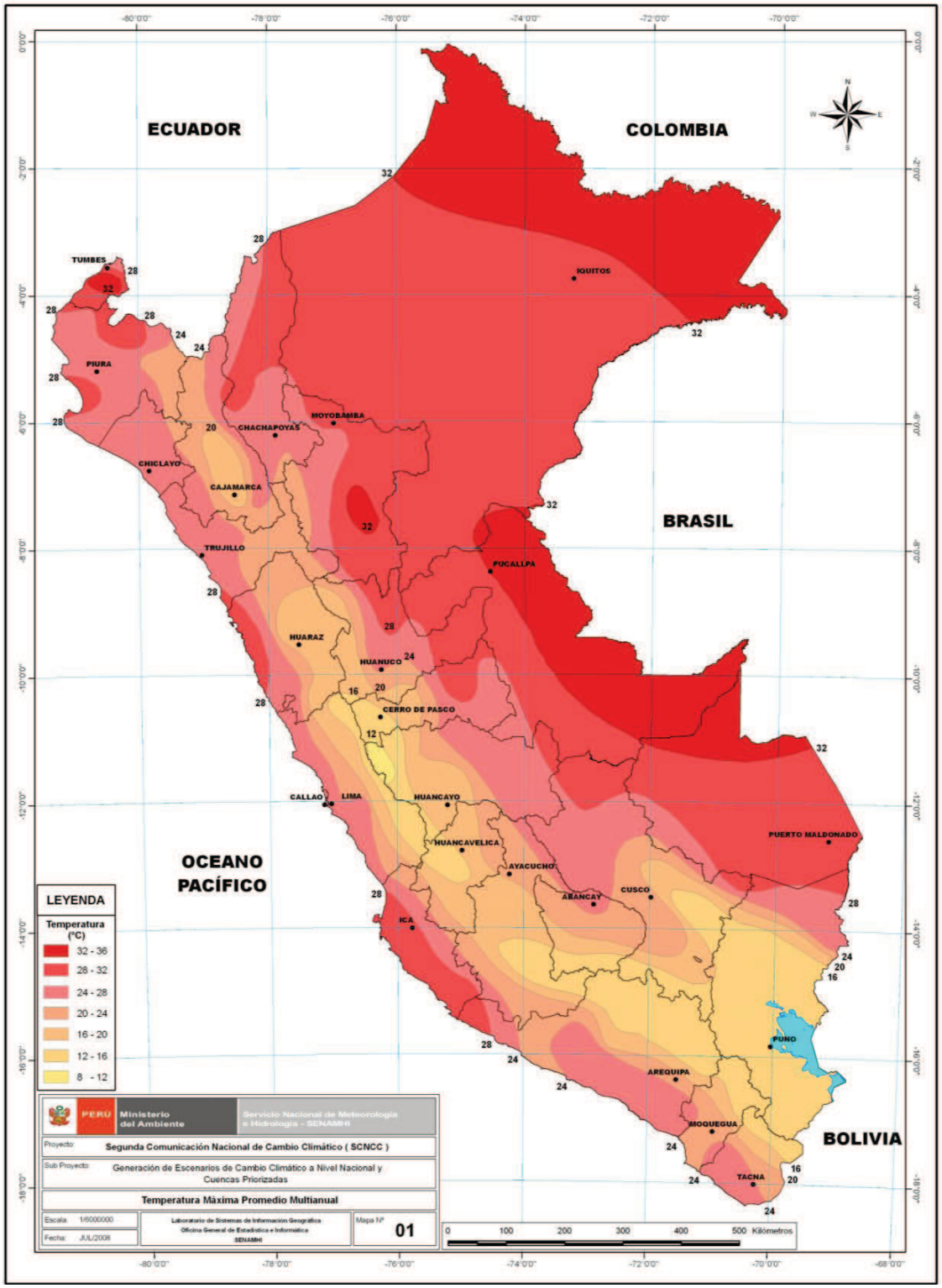
- Figura 7.1: Mapa Precipitación Total Multianual
- Figura 7.2: Mapa Temperatura Máxima Promedio Multianual (ºC)
- Figura 7.3: Mapa Temperatura Mínima Promedio Multianual (ºC)

FIGURA 7.1:
MAPA PRECIPITACIÓN TOTAL MULTIANUAL



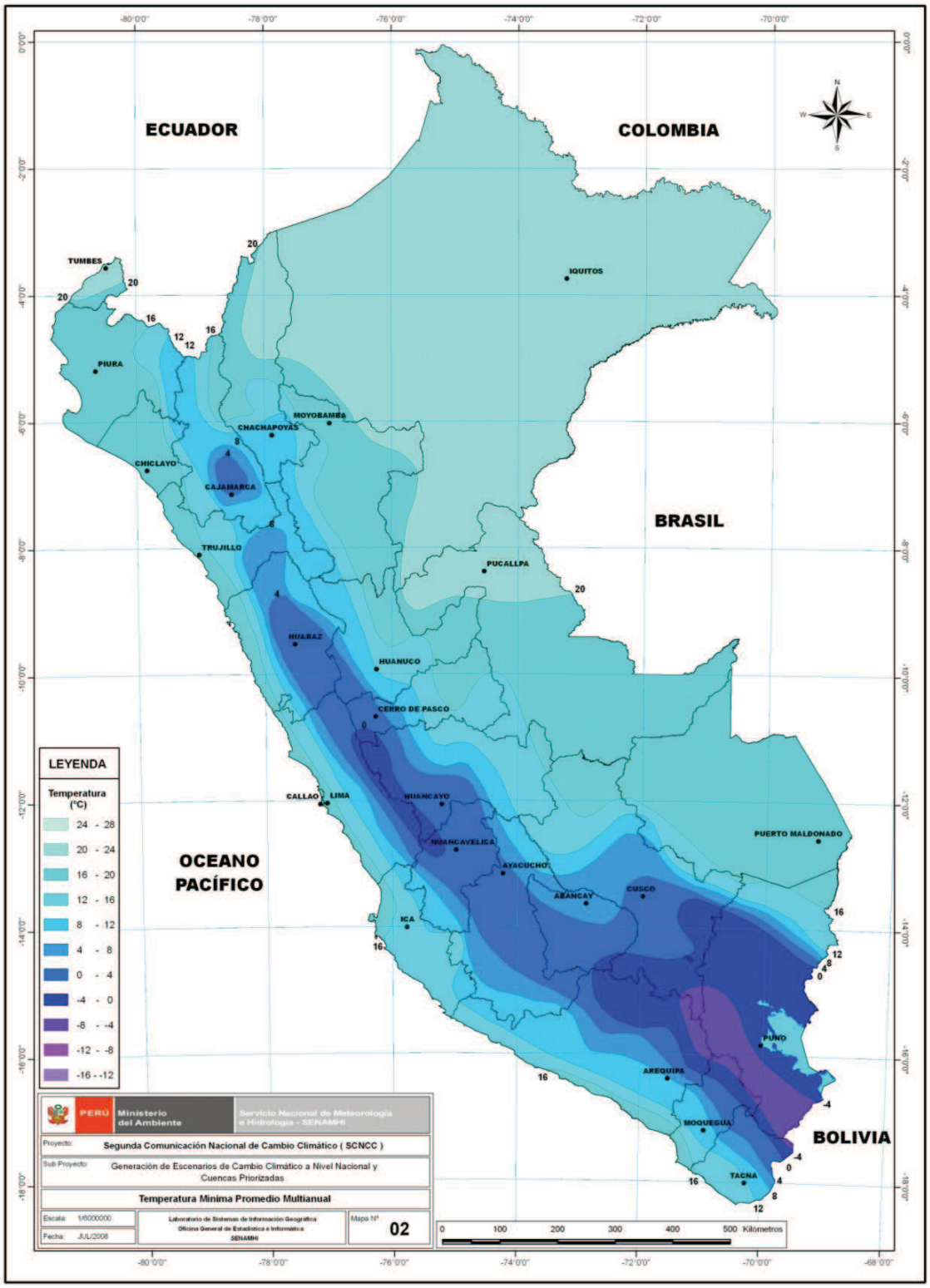
Fuente: SENAMHI – Mapa de Precipitación Total Multianual, 2009

FIGURA 7.2:
MAPA TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO MULTIANUAL



Fuente: SENAMHI – Mapa de Temperatura Máxima Promedio Anual, 2009

FIGURA 7.3:
MAPA TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO MULTIANUAL



Fuente: SENAMHI – Mapa de Temperatura Mínima Promedio MultiAnual, 2009.

CAPITULO VIII

DRENAJE

8. DRENAJE

Los suelos y materiales que conforman los elementos de infraestructura de terraplenes, afirmado y pavimentos de las carreteras tienen como factor disturbante la presencia de agua. Las principales causas de la presencia de agua en las carreteras son las lluvias y las aguas freáticas.

En esta Sección de Suelos y Pavimentos sólo corresponde presentar una descripción básica de los requerimientos del sistema de drenaje que el Ingeniero Responsable deberá tener en cuenta en el diseño para mantener los suelos y materiales comportándose dentro de las condiciones o características de la estabilidad necesaria de las explanaciones, afirmados y pavimentos.

Mayores detalles sobre el diseño de los elementos del Sistema de Drenaje son desarrollados y presentados en el Manual Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

8.1 FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE DRENAJE EN LAS CARRETERAS

En esta sección la identificación de los componentes del Sistema de Drenaje se limita a aquellos elementos de la infraestructura que directamente protegen al pavimento y a la explanada de la penetración del agua y las que permitan su evacuación, para evitar la desestabilización o disgregación de los materiales que los conforman. Así esta identificación es tratada como se explica a continuación.

8.2 DRENAJE DE AGUAS SUPERFICIALES

El agua superficial a controlar es principalmente el agua de lluvia que cae sobre la plataforma del camino.

Los elementos del drenaje son:

i. El bombeo que consiste en la inclinación transversal de superficie del camino para retirar rápidamente el agua precipitada sobre la plataforma hacia un lado o hacia ambos lados según sean las características de la geometría del camino para minimizar el flujo longitudinal, el empozamiento o la percolación del agua hacia el subsuelo.

ii. La cuneta de captación lateral del agua escurrida. Las cunetas generalmente siguen la pendiente de la rasante del camino; y conducen el agua hacia una caja de recolección, en la que es captada para llevarla hacia un curso natural mediante una tubería o conducto rectangular denominado alcantarilla de alivio de la cuneta para que ésta no se rebalse.

iii. Las alcantarillas sirven para conducir el agua atravesando el camino por debajo la superficie y luego canalizándola hacia cursos de agua existentes.

iv. Forma parte de este sistema de drenaje la característica drenante que debe tener las capas de base y la subbase de los caminos pavimentados y de los afirmados en los caminos no pavimentados. A través de estas capas se filtra parte del agua de lluvia, la que luego siguiendo la inclinación transversal de la subrasante será recolectado por las cunetas laterales cuando éstas se encuentran a un nivel más bajo que las indicadas capas; recolección que no es necesaria cuando por debajo de la subbase el material de la subrasante es permeable y el agua puede drenar percolando verticalmente.

v. En el caso de sectores del camino con cuneta alta revestida y subrasante impermeable, (ver figura 8.1b), donde el revestimiento de la cuneta impide el drenaje lateral de la base y subbase se hace necesario diseñar subdrenes de pavimento para evitar la acumulación del agua infiltrada en estas capas, situación que originaría el rompimiento del pavimento y el brote del agua hacia arriba por acción de las cargas aplicadas sobre el pavimento.

vi. El control de aguas superficiales incluye también dos tipos de zanjas laterales normalmente construidas en el terreno natural como son:

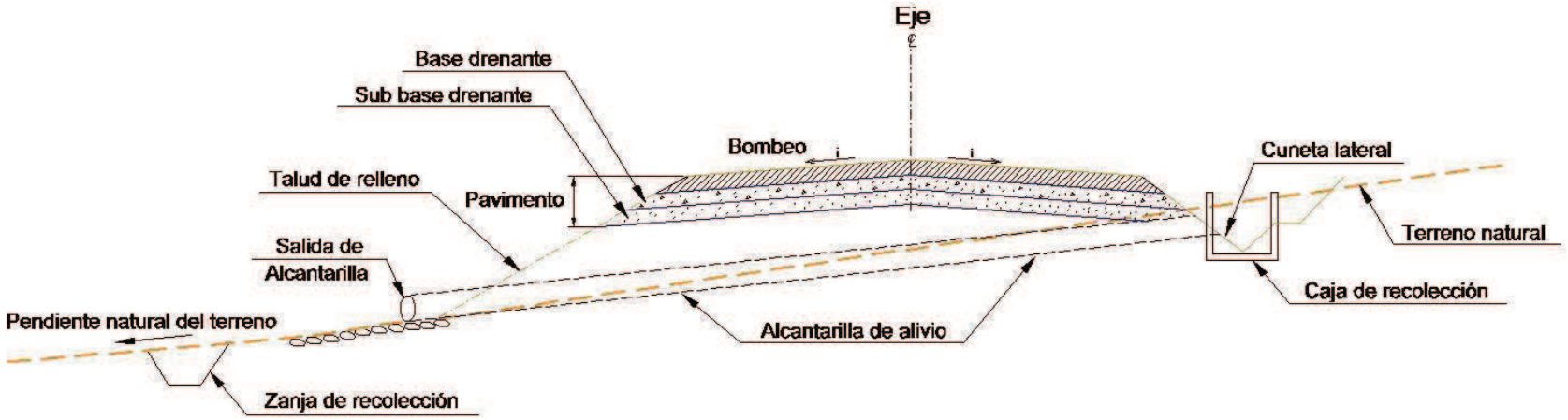
- Zanja de coronación, que es un canal a construirse en zonas lluviosas para recolectar el agua de lluvia que discurre por la ladera y así evitar un proceso de erosión y arrastre de sólidos hacia la cuneta, de modo que no se produzca la colmatación de estas y la obstrucción de las alcantarillas de alivio.
- Zanja de recolección, que es un canal a reealizarse siguiendo un curso de recolección natural de aguas, en la parte baja del talud de relleno del diseño, para descargar en él, en forma controlada las aguas de las alcantarillas de alivio.

Las figuras 8-1a y 8-1b ilustran el sistema básico de drenaje de aguas superficiales para su aplicación en caminos a construirse.

ESTRUCTURAS DEL DRENAJE SUPERFICIAL

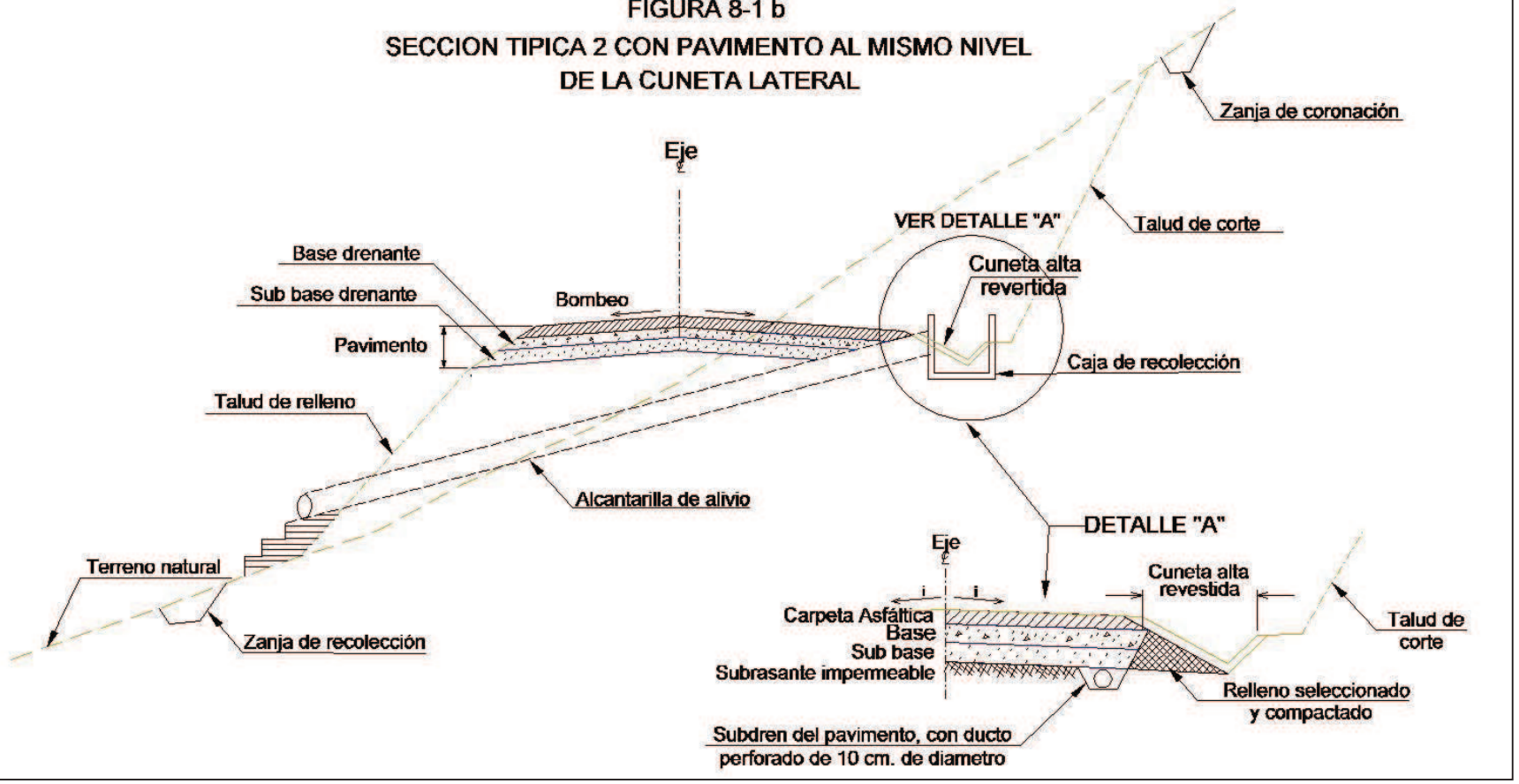
FIGURA 8-1 a

SECCION TIPICA 1 CON PAVIMENTO MAS ALTO QUE LA CUNETA LATERAL



ESTRUCTURAS DEL DRENAJE SUPERFICIAL

FIGURA 8-1 b
SECCION TIPICA 2 CON PAVIMENTO AL MISMO NIVEL DE LA CUNETA LATERAL



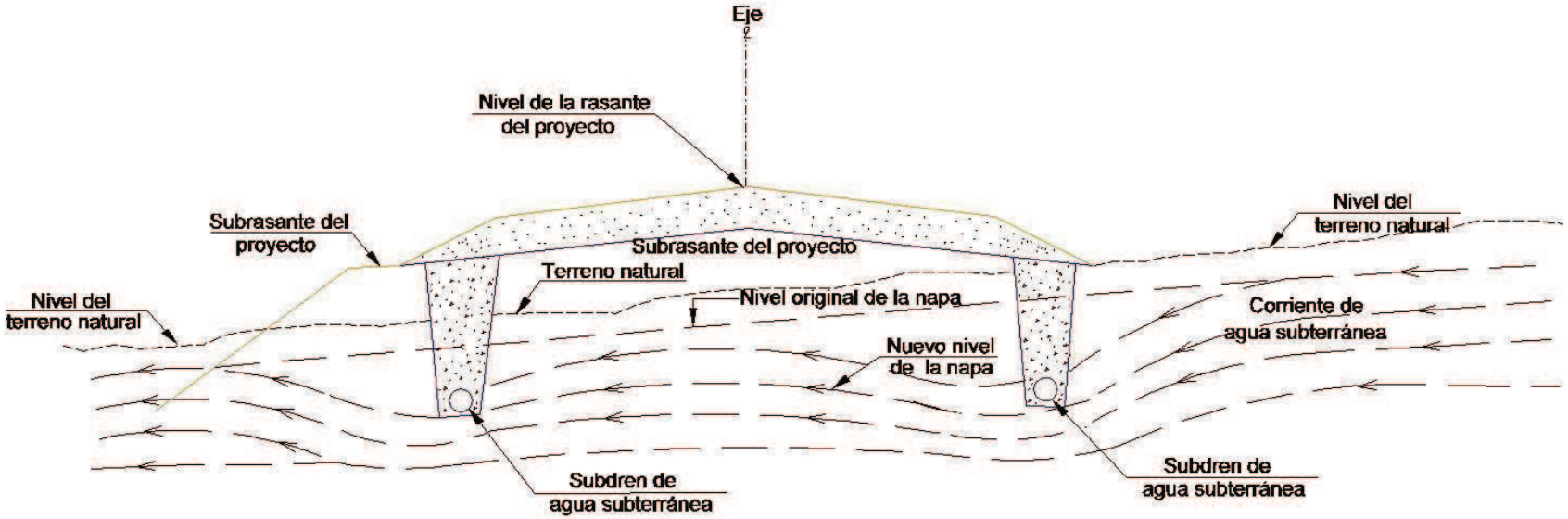
8.3 DRENAJE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Cuando las carreteras se localizan en terrenos con napa freática alta respecto de la subbrasante proyectada del camino, sea por existir depósito natural de aguas cercanas o por corrientes subterráneas de agua; en tales casos será necesario diseñar un sistema de drenaje para deprimir el nivel de la napa freática existente con la finalidad de evitar que el agua afecte la estabilidad de las explanaciones y de la plataforma del camino.

El sistema de drenaje subterráneo puede diseñarse utilizando drenes "tipo francés" a colocarse fuera de la plataforma del camino o subdrenes a localizarse en el interior de los terraplenes del camino. La figura 8-2 ilustra sobre las características y localización de este sistema de drenaje subterráneo.

El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, contiene el desarrollo detallado de conceptos y parámetros para el diseño del sistema de drenaje para las situaciones que pueden presentarse en un proyecto vial, el mismo que deberá ser utilizado para diseñar el sistema de drenaje.

FIGURA 8-2
ESTRUCTURAS DE DRENAJE SUBTERRANEO



CAPITULO IX

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

9. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio cuando se estabiliza una subbase granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como subase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc).

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

El manual ilustra diferentes metodologías de estabilización como: mejoramiento por sustitución de suelos de la subrasante, estabilización mecánica de suelos, mejoramiento por combinación de suelos, suelos estabilizados con cal, cemento, escorias, emulsión asfáltica, estabilización química del suelo, estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros). Sin embargo, debe destacarse la significación que adquiere contar con ensayos de laboratorio, que demuestren la aptitud y tramos construidos que ratifiquen el buen resultado. Además, se debe garantizar que tanto la construcción como la conservación vial, puedan realizarse en forma simple, económica y con el equipamiento disponible.

9.1 CRITERIOS GEOTÉCNICOS PARA ESTABLECER LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

1) Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR ≥ 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo, donde el Ingeniero Responsable analizará diversas alternativas de estabilización o de solución, como: Estabilización mecánica, Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, Estabilización con geosintéticos (geotextiles, geomallas u otros), Pedraplenes, Capas de arena, Elevar

la rasante o cambiar el trazo vial sí las alternativas analizadas resultan ser demasiado costosas y complejas.

2) Cuando la capa de subrasante sea arcillosa o limosa y, al humedecerse, partículas de estos materiales puedan penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, deberá proyectarse una capa de material anticontaminante de 10 cm. de espesor como mínimo o un geotextil, según lo justifique el Ingeniero Responsable.

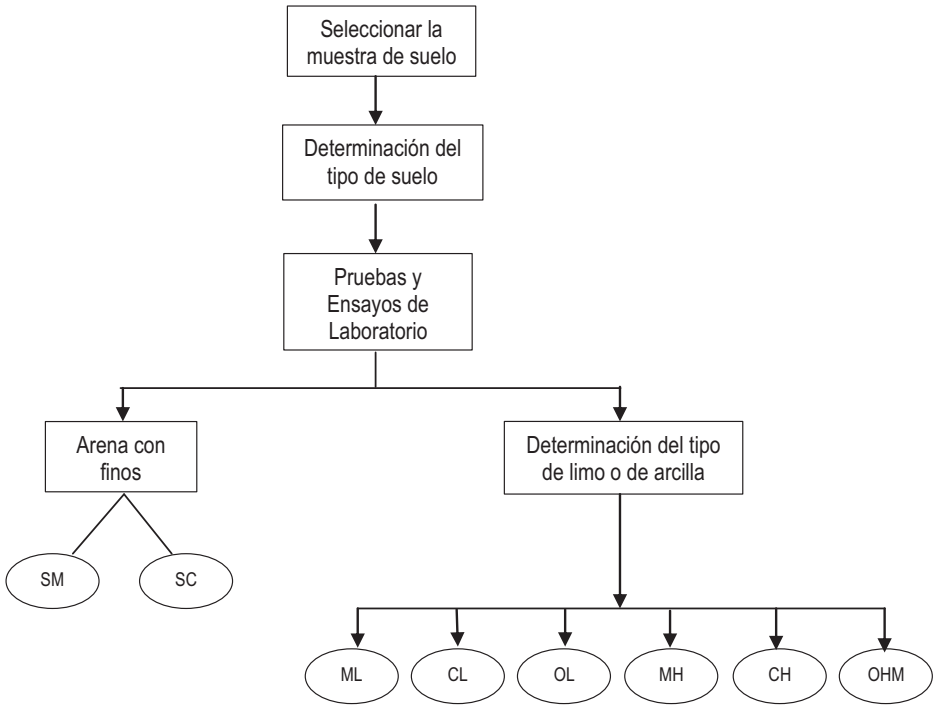
3) La superficie de la subrasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una subrasante buena y regular; a 1.00 m cuando se trate de una subrasante pobre y, a 1.20 m cuando se trate de una subrasante inadecuada. En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario.

4) En zonas sobre los 4,000 msnm, se evaluará la acción de las heladas en los suelos. En general, la acción de congelamiento está asociada con la profundidad de la napa freática y la susceptibilidad del suelo al congelamiento. Sí la profundidad de la napa freática es mayor a la indicada anteriormente (1.20 m), la acción de congelamiento no llegará a la capa superior de la subrasante. En el caso de presentarse en la capa superior de la subrasante (últimos 0.60 m) suelos susceptibles al congelamiento, se reemplazará este suelo en el espesor comprometido o se levantará la rasante con un relleno granular adecuado, hasta el nivel necesario. Son suelos susceptibles al congelamiento, los suelos limosos. Igualmente los suelos que contienen más del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm, con excepción de las arenas finas uniformes que aunque contienen hasta el 10% de materiales de tamaño inferior a los 0.02mm, no son susceptibles al congelamiento. En general, son suelos no susceptibles los que contienen menos del 3% de su peso de un material de tamaño inferior a 0.02 mm.

   La curva granulométrica de la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0.074 mm (Nº 200) se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios (según Norma MTC E109).

5) Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas.

Figura 9.1.
Proceso para la Identificación del Tipo del suelo

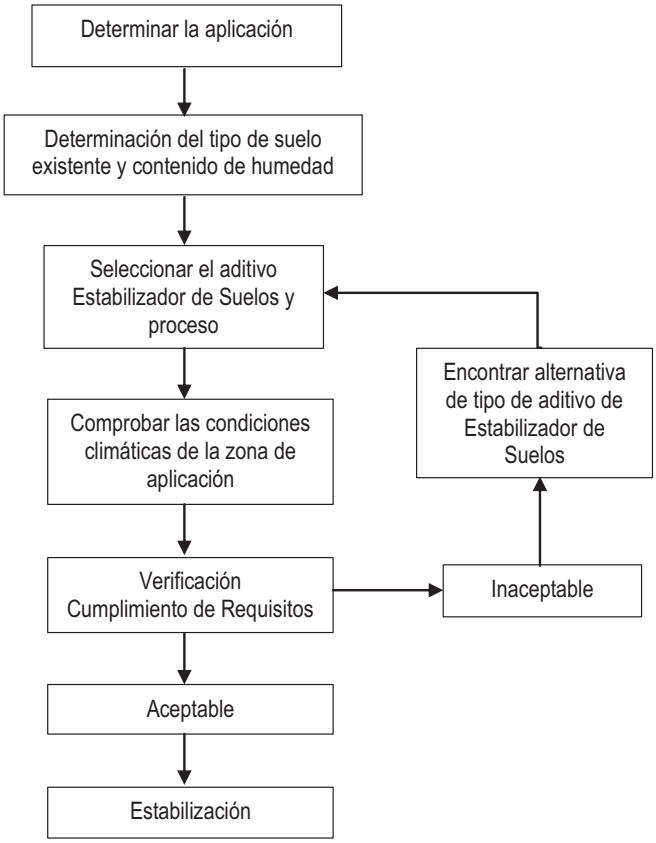


6) Los factores que se considerarán al seleccionar el método más conveniente de estabilización son:

a. Tipo de suelo a estabilizar
b. Uso propuesto del suelo estabilizado
c. Tipo de aditivo estabilizador de suelos
d. Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará
e. Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador
f. Disponibilidad del equipo adecuado
g. Costos comparativos

El siguiente diagrama sintetiza un procedimiento para determinar el método apropiado de estabilización:

Figura 9.2.
Proceso de selección del Tipo de Estabilización



7) A continuación se presentan dos guías referenciales para la selección del tipo de estabilizador, que satisface las restricciones y observaciones de cada tipo de suelo.

Cuadro 9.1
Guía Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador

ÁREA	CLASE DE SUELO	TIPO DE ESTABILIZADOR RECOMENDADO		RESTRICCIÓN EN LL Y IP DEL SUELO	RESTRICCIÓN EN EL PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA 200	OBSERVACIONES
1 A	SW ó SP	(1)	Asfalto			
		(2)	Cemento Pórtland			
		(3)	Cal–Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 B	SW - SM ó SP - SM ó SW - SC ó SP – PC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10		
		(2)	Cemento Pórtland	IP no excede de 30		
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 C	SM ó SC ó SM-SC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2)	Cemento Pórtland	(b)		
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 A	GW ó GP	(1)	Asfalto			Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Pórtland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla Nº 4.
		(3)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2B	GW – GM ó GP - GM ó GW - GC ó GP-GC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Pórtland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla Nº 4.
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2C	GM ó GC ó GM - GC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solamente material bien graduado..
		(2)	Cemento Pórtland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla Nº 4.
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Ceniza	IP no excede de 25		
3	CH ó CL ó MH ó ML ó OH ó OL ó ML-CL	(1)	Cemento Pórtland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios
		(2)	Cal	IP no menor de 12		

IP = Indice Plástico
(b) IP 20 + (50 – porcentaje que pasa la Malla Nº 200) / 4

Sin restricción u observación
No es necesario
aditivo estabilizador

Fuente: US Army Corps of Engineers

Cuadro 9.2
Guía Complementaria Referencial para la Selección del Tipo de Estabilizador

Tipo de Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo[1]	Dosificación[3]	Curado (Apertura al Tránsito)[5]	Observaciones
Cemento	**EG-CBT-2008 Sección 3068 ASTM C150 AASHTO M85**	A-1,A-2,A-3,A-4,A-5,A-6 y A-7 LL< 40% IP ≤ 18% CMO [2] < 1.0% Sulfatos (SO_4^{2}) < 0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO_4 Ca [4] - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO_4 Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	2 - 12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PCA (Portland Cement Association)
Emulsión	**ASTM D2397 ó AASHTO M208**	A-1, A-2 y A3 Pasante malla Nº 200 ≤ 10% IP ≤ 8% Equiv. Arena ≥ 40% CMO (2) < 1.0% Sulfatos (SO_4^{2}) < 0.6% Abrasión < 50% Durabilidad SO_4 Ca [4] - AF ≤ 10% - AG ≤ 12% Durabilidad SO_4 Mg - AF ≤ 15% - AG ≤ 18%	4 - 8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	**EG-CBT-2008 Sección 3078 AASHTO M216 ASTM C977**	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% ≤ IP ≤ 50% CMO [2] < 3.0% Sulfatos (SO_4^{2}) < 0.2% Abrasión < 50%	2 - 8%	Mínimo 72 horas	Para IP > 50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de Calcio	**ASTM D98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109**	A-1, A-2, y A-3 IP ≤ 15% CMO [2] < 3.0% Sulfatos (SO_4^{2}) < 0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	**EG-CBT-2008 Sección 309B ASTM E534 MTC E 1109**	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% ≤ IP ≤ 15% CMO [2] < 3.0% Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m^3	07 días	La cantidad de sal depende de los resultados (dosificación) y tramo de prueba
Cloruro de Magnesio	**MTC E 1109**	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CMO [2] < 3.0% pH: mínimo 5 Abrasión < 50%	50 - 80 kg/m^3	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados de laboratorio (dosificación) y tramo de prueba
Enzimas	**EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109**	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 6% ≤ IP ≤ 15% 4.5 < pH < 8.5 CMO [2] No debe contener Abrasión < 50% % < Nº 200: 10 - 35%	1L / 30-33 m^3	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceites sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO [2] < 1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

Fuente: Estudios Especiales del MTC

(1) Espesor de tratamiento por capas de 6 a 8"
Tamaño máximo: 2", debe carecer de restos vegetales
Los suelos naturales, materiales de bancos de préstamo o mezcla de ambos que sean objeto de estabilización, deben estar definidos en el Expediente Técnico del Proyecto
(2) CMO: Contenido de materia orgánica
(3) Los diseños o dosificaciones deben indicar: formula de trabajo, tipo de suelo, cantidad de estabilizador, volumen de agua, valor de CBR o resistencia a compresión simple o resultados de ensayos Marshall modificado o Illinois, según corresponda al tipo de estabilizador aplicado
(4) Para altitudes mayores a 3000 msnm
(5) Después de finalizado el proceso de compactación

9.2 ESTABILIZACIÓN MECÁNICA DE SUELOS

Con la Estabilización Mecánica de Suelos se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo.

9.3 ESTABILIZACIÓN POR COMBINACIÓN DE SUELOS

La estabilización por combinación de suelos considera la combinación o mezcla de los materiales del suelo existente con materiales de préstamo.

El suelo existente se disgregará o escarificará, en una profundidad de quince centímetros (15 cm) y luego se colocará el material de préstamo o de aporte. Los materiales disgregados y los de aporte se humedecerán o airearán hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación y previa eliminación de partículas mayores de setenta y cinco milímetros (75 mm), sí las hubiere. Luego se procederá a un mezclado de ambos suelos, se conformará y compactará cumpliendo las exigencias de densidad y espesores hasta el nivel de subrasante fijado en el proyecto.

El suelo de aporte para el mejoramiento se aplicará en los sitios indicados en los documentos del proyecto, en cantidad tal, que se garantice que la mezcla con el suelo existente cumpla las exigencias de la Sección 207 de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (vigente).

9.4 ESTABILIZACIÓN POR SUSTITUCIÓN DE LOS SUELOS

Cuando se prevea la construcción de la subrasante mejorada solamente con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que éste deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición.

En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para cuerpos de terraplén, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). Una vez se considere que el suelo de soporte esté debidamente preparado, autorizará la colocación de los materiales, en espesores que garanticen la obtención del nivel de subrasante y densidad exigidos, empleando el equipo de compactación adecuado. Dichos materiales se humedecerán o airearán, según sea necesario, para alcanzar la humedad más apropiada de compactación, procediéndose luego a su densificación.

En el segundo caso, el mejoramiento con material totalmente adicionado implica la remoción total del suelo natural existente, de acuerdo al espesor de reemplazo. Una vez alcanzado el nivel de excavación indicado, conformado y compactado el suelo, se procederá a la colocación y compactación en capas de los materiales, hasta alcanzar las cotas exigidas.

9.4.1 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE REEMPLAZO EN FUNCIÓN AL VALOR SOPORTE O RESISTENCIA DEL SUELO

Este procedimiento de cálculo para determinar en sectores localizados, el espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de subrasantes pobres, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre CBR ≥ 3% y CBR < 6%, calculándose según lo siguiente:

a) Se calculará el número estructural SN del pavimento para 20 años, el material a emplear tendrá un CBR ≥ 10% e IP menor a 10, o en todo caso será similar. Cuando en los sectores adyacentes al sector de sustitución de suelos presentan un CBR > 10%, para el cálculo del SN se utilizará el mayor valor de CBR de diseño, que representa el material de reemplazo, este número estructural SN calculado se denominará SNm (mejorado), luego se calculará el SN del pavimento para el CBR del material de subrasante existente (menor a 6%), que se denominará SNe (existente).

b) Se realizará la diferencia algebraica de números estructurales

$$\Delta SN = SNe - SNm$$

c) Habiéndose escogido el material de reemplazo (CBR ≥ 10%) a colocar (según SNm calculado), se obtendrán los valores correspondientes de coeficiente estructural (ai) y coeficiente de drenaje (mi), luego de obtener dichos valores se procederá a obtener el espesor E, aplicando la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\Delta SN.}{ai \times mi}$$

Siendo:

E: Espesor de reemplazo en cm.

ai: Coeficiente estructural del material a colocar / cm

mi: Coeficiente de drenaje del material a colocar.

d) Espesores recomendados de material a reemplazar.

Cuadro 9.3
Espesores Recomendados para Estabilización por Sustitución de Suelos

3% ≤ CBR ≤ 6%

Tráfico		Espesor de Reemplazo con Material CBR>10% (cm)
0	25 000	25.0
25 001	75 000	30.0
75 001	150 000	30.0
150 001	300 000	35.0
300 001	500 000	40.0
500 001	750 000	40.0
750 001	1 000 000	45.0
1 000 001	1 500 000	55.0
1 500 001	3 000 000	55.0
3 000 001	5 000 000	60.0
5 000 001	7 500 000	60.0
7 500 001	10 000 000	65.0
10 000 001	12 500 000	65.0
12 000 001	15 000 000	65.0
15 000 001	20 000 000	70.0
20 000 001	25 000 000	75.0
25 000 001	30 000 000	75.0

Notas:
1. Coeficiente estructural del material con CBR 10% a_i=0.021
2. Coeficiente drenaje del material a colocar m=1.0

9.5 SUELOS ESTABILIZADOS CON CAL

El suelo-cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua. La cal que se utiliza es óxido cálcico (cal anhidra o cal viva), obtenido por calcinación de materiales calizos, o hidróxido cálcico (cal hidratada o cal apagada). Estas cales se llaman también aéreas por la propiedad que tienen de endurecerse en el aire, una vez mezcladas con agua, por acción del anhídrido carbónico.

La experiencia demuestra que los productos de la hidratación del cemento pueden ser reproducidos combinando dos o más componentes primarios de este producto como: Ca 0, $Si0_2$, Al_2O_3 y FC_2O_3 en las proporciones adecuadas y en presencia de agua.

Como la mayoría de los suelos contienen sílice y aluminio silicatos, la incorporación de cal anhidra (Ca O) o de cal hidratada ($Ca (OH)_2$) y agua en cantidad apropiada se puede obtener la composición deseada.

La Cal que se use para la construcción de Suelo-Cal puede ser Cal viva ó hidratada y debe satisfacer los requisitos establecidos en la Sección 301.B de las Especificaciones Técnicas Generales para construcción de Carreteras del MTC (vigente), la Especificación AASHTO M-216 ó ASTM C-977.

Al mezclar el suelo con la cal, se produce una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, seguida de otra muy lenta de tipo puzolánico, con formación de nuevos productos químicos. La sílice y alúmina de las partículas del suelo se combinan con la cal en presencia de agua para formar silicatos y aluminatos cálcicos insolubles.

Uno de los efectos más importantes de la cal en el suelo, es el de cambiar apreciablemente su plasticidad. Por ejemplo suelos de plasticidad IP < 15, aumentan tanto el LL como el LP, y también muy ligeramente su IP; en cambio, en los suelos de plasticidad con IP > 15) disminuye el IP.

También aumenta la humedad óptima de compactación, lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural, que de otro modo no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos.

Los suelos más apropiados para estabilizar con cal son los de granulometría fina de cierta plasticidad.

En cortes e incluso en terraplenes, donde se evidencien suelos arcillosos, resulta conveniente mejorar el suelo con un pequeño porcentaje de cal para proteger la explanación y formar una plataforma para la construcción de la capa de rodadura.

Al mezclar el suelo con cal éste se vuelve más friable y granular. Al aumentar su límite plástico y humedad óptima de compactación permite su puesta en obra con mayor facilidad.

Es frecuente que la mezcla se realice en dos fases, con un período intermedio de reacción de 1 - 2 días. La aplicación más usual de las estabilizaciones con cal es en subrasantes y como capa de rodadura, en zonas de suelos arcillosos y/o con canteras de materiales granulares lejanos.

La National Lime Association resume las propiedades que se obtienen después de una estabilización o mejoramiento con cal, en lo siguiente:

i) Reducción del índice de plasticidad, debido a una reducción del límite líquido y a un incremento del límite plástico.
ii) Reducción considerable del ligante natural del suelo por aglomeración de partículas.
iii) Obtención de un material más trabajable y fiable como producto de la reducción del contenido de agua en los suelos (rotura fácil de grumos).
iv) La cal ayuda a secar los suelos húmedos lo que acelera su compactación.
v) Reducción importante del potencial de contracción y del potencial de hinchamiento.
vi) Incremento de la resistencia a la comprensión simple de la mezcla posterior al tiempo de curado alcanzando en algunos casos hasta un 40% de incremento.
vii) Incremento de la capacidad portante del suelo (CBR).
viii) Incremento de la resistencia a la tracción del suelo.
ix) Formación de barreras impermeables que impiden la penetración de aguas de lluvia o el ascenso capilar de aguas subterráneas.

La experiencia americana ha demostrado que una estabilización con cal tiene excelentes resultados, en los siguientes casos:

a) Materiales compuestos por mezclas de grava y arcilla para su uso como capa granular superficial con una incorporación de 2 a 4% de Ca $(OH)_2$ en peso.
b) Suelos altamente arcillosos para usarlos como capa granular superficial (5 a 10% de cal en peso) o como capa inferior (1 a 3% de cal en peso).

Debe tenerse en cuenta, el problema del posible fisuramiento de estas estabilizaciones o de bases tratadas con cal, debido a una falta o descuido en el curado que hace perder humedad a la capa estabilizada, en el periodo previo a la colocación de la siguiente capa. Este proceso se agrava cuando la carretera se ubica en zonas calurosas; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con cal.

9.6 SUELOS ESTABILIZADOS CON CEMENTO

El material llamado suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto.

El contenido óptimo de agua se determina por el ensayo proctor como en la compactación de suelos.

Las propiedades del suelo-cemento dependen de:

- Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.
- Ejecución.
- Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los granulares tipos A-1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja o media (LL < 40, IP < 18).

La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente y su densidad máxima y humedad-óptima aumenta o disminuyen ligeramente, según el tipo de suelo.

La dosificación de cemento para Suelo Cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, según lo siguiente:

Cuadro 9.4
Rango de Cemento Requerido en Estabilización Suelo Cemento

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3 – 5
A-1-b	5 – 8
A – 2	5 – 9
A – 3	7 – 11
A – 4	7 – 12
A – 5	8 – 13
A – 6	9 – 15
A – 7	10 - 16

Fuente: Federal Highway Administration (FHWA).

Es conveniente que la compactación se inicie cuando la humedad in situ sea la prescrita y en todo caso, en menos de una hora a partir del mezclado, y se debe terminar entre 2 y 4 horas, según las condiciones atmosféricas. A nivel de subrasante, se exige un grado de compactación mínimo 95% según AASHTO T180 en la capa de afirmado el mínimo es de 100%.

Debe tenerse en cuenta, el problema del posible fisuramiento de estas estabilizaciones o de bases tratadas con cemento, debido a una falta o descuido en el curado que hace perder humedad a la capa estabilizada, en el periodo previo a la colocación de la siguiente capa. Este proceso se agrava cuando la carretera se ubica en zonas calurosas; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con cemento.

9.7 SUELOS ESTABILIZADOS CON ESCORIA

Hoy en día las escorias de acería o de otros hornos de fundición se emplean en muchas partes del mundo, en la fabricación del cemento, como agregados en la fabricación de hormigón, como material de base y sub-base en los pavimentos, en la estabilización de sub-rasantes, en la carpeta asfáltica formando parte del ligante bituminoso; en la agricultura también se ha encontrado aplicación, así como en el tratamiento de aguas residuales. Al emplearse este subproducto en construcción de infraestructura vial se evita explotar nuevas canteras, manteniendo el paisaje de la zona; como no requiere procesar los agregados se reduce el consumo de energía y combustibles, y se reducen las emisiones de CO_2 al ambiente.

En caso de escasez de finos, se podrá efectuar una mezcla de escoria, arena fina y cal. La cal a utilizar será la indicada en la Sección 301.B Suelo Estabilizado con Cal, de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras del MTC (vigente); no obstante, en este caso no se admitirá el uso de cal viva, porque podría causar expansión en el suelo.

En los suelos estabilizados con escoria y cal el porcentaje estimado en peso de cal se encuentra en 1.5 y 3% y del escoria entre 35% - 45% en volumen. La utilización de grados con tamaño máximo limitado al de las arenas facilita los trabajos de mantenimiento sin desgastar prematuramente las cuchillas de motoniveladoras ni formar estrías sobre la calzada.

Además tamaño de agregados mayores a 1 cms al ser despedidos por la acción del tránsito pueden provocar daños a os vehículos así como a las personas.

9.8 ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE SODIO

El principal uso de la sal es como control del polvo en bases y superficies de rodadura para tránsito ligero. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación.

La sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98% de NaCl y un 2% de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el Sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante.

Los suelos que se usen para la construcción de Suelo-Sal deben estar limpios y no deben tener mas de tres por ciento (3%) de su peso de materia orgánica.

El índice de plasticidad del suelo debe ser mayor a 8%, pero para la fracción de suelos que pasa la malla Nº200 el requerimiento mínimo es de 12%. No obstante, para mayores índices de plasticidad del suelo, se permite aceptar para la fracción de suelos que pasa la malla #200, menores valores de IP hasta un límite no menor a 9%.

El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de Suelo-Sal. El espesor total de la capa de suelo estabilizado con sal será de 150 mm o 200 mm, según se especifique en el Proyecto.

La Sal (cloruro de sodio) se produce mediante 3 métodos, el más antiguo consiste en el empleo del calor solar para producir la evaporación del agua salada, con lo que se obtienen los residuos de sal. Otro método consiste en la extracción directa de las minas de sal y tercer método consiste en la evaporación del agua de mar mediante el empleo de hornos.

El cloruro de sodio se presenta en forma de cristales, fácilmente solubles en agua, los cuales son higroscópicos y se les consigue en el mercado constituyendo cristales grandes o polvo fino y con diferentes grados de pureza.

Las características típicas de la sal (cloruro de sodio) son:

Cuadro 9.5
Características Típicas de Sal (Cloruro de Sodio)

Características	Límites
Cloruro de sodio, %	98.00 – 99.70
Humedad, %	2.00 – 3.60
Materia insoluble, %	0.007 – 0.175
Ion calcio, %	0.035 – 0.910
Ion magnesio, %	0.002 – 0.074
Ion sulfato, %	0.125 – 0.355
Tamiz 4.75 mm (Nº 4)	20 – 55%
Tamiz 1.18 mm (Nº 16)	50 – 70%
% Pasa Tamiz 1.18 mm (Nº 16)	13% max

Normalmente la cantidad de sal está comprendida entre 50 y 80 kg/m^3 de suelo a estabilizar. No obstante, la cantidad adecuada de sal depende de los resultados que se obtengan del tramo de prueba.

El agua que se use para la construcción de Bases de Suelo – Sal debe estar limpia, no debe contener materia orgánica y debe estar libre de aceites, ácidos y álcalis perjudiciales.

Se podrá incorporar al agua, sal (Cloruro de Sodio), produciendo salmuera o también podrá aplicarse el agua de mar, mediante riego de salmueras, verificando que la cantidad de agua regada contenga la dosis adecuada de sal.

La mezcla sobre la vía es el conjunto de operaciones que, mediante el mezclado sobre la plataforma de la vía del suelo con la Sal y con el agua, utilizando el equipo adecuado, permite obtener la mezcla de Suelo – Sal que satisfaga los requisitos establecidos. Para mezclar es más adecuado el uso de rastras con discos rotatorios. La compactación se puede iniciar en cualquier momento luego de perfilada la superficie con el equipo adecuado al tipo de suelo. Cuando se observe que se ha perdido la sal por efecto del tránsito o las lluvias, la superficie debe rociarse con 450grs de sal por cada metro cuadrado.

9.9 ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE CALCIO

Este producto trabaja de forma similar a la sal común, pero es preferible debido al efecto oxidante que tiene el cloruro de sodio. En todo caso, el cloruro de calcio ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo.

Las características higroscópicas de este producto ayudan a mantener la humedad en la superficie del camino.

Se puede utilizar de dos formas:

- En granos regulares o Tipo I
- En hojuelas o pelotillas o Tipo II

La dosificación es de 1% - 2% de cloruro de calcio en peso respecto del suelo seco. El mezclado, compactación y terminación son similares a los de la estabilización con cloruro de sodio; generalmente se aplica disuelto en agua mediante riego al comienzo de la temporada seca.

El suelo a estabilizar deberá presenta las siguientes características:

- Agregado grueso (1" – N° 4) de 10 – 60%
- Agregado fino menor que la malla N° 200 de 10 – 30%
- Índice plástico IP = 4 – 15%
- Sulfatos 001% máximo.

9.10 ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE MAGNESIO

El cloruro de magnesio (MgCl) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido de humedad. Para el uso vial presenta las siguientes propiedades útiles:

- Higroscópica: Posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, incluso en zonas sumamente áridas.
- Ligante: Cohesiona las partículas finas, permitiendo consolidar la carpeta de rodado.
- Resistente a la evaporación: Posee una baja tensión de vapor, lo que permite que no se pierda la humedad absorbida.
- Baja temperatura de congelamiento: -32.8 ºC.
- Altamente soluble en agua: Permite elaborar una solución en forma rápida y sencilla.

En los caminos pavimentados, el cloruro de magnesio puede utilizarse para prevenir la formación de hielo sobre la calzada ("anti-icing"), o bien para derretir hielo ya formado sobre el pavimento ("de-icing"), debido a que permite bajar el punto de congelamiento del agua e impedir la formación de hielo, a temperaturas ambientales por debajo de los -5 ºC.

En los caminos no pavimentados, se utiliza bajo dos formas de aplicación diferentes:

- Como tratamiento supresor de polvo: el camino no pavimentado (afirmado) debe ser previamente preparado, humedecido y compactado, y estar libre de deterioro en superficie.

  De preferencia, el material deberá contener una proporción de material fino en el orden del 10 al 20% para asegurar cohesión (en tal sentido, mejor si son finos plásticos), y al menos un 20% de material granular con tamaño superior a 10 mm para asegurar un mínimo de estabilidad estructural.

  Sobre esta capa se aplica una serie de riegos de salmuera de cloruro de magnesio, cuya disolución debe ser homogénea y estar en proporción 1,5 a 1 con el agua (en peso), con lo cual la salmuera tendrá una densidad de 1,25 tn/m3.

  Se recomienda aplicar unos 4 l/m2 de riego sobre el camino, pudiendo variar la dosis en función de la geometría del camino, tránsito futuro, o también de la proporción de finos plásticos. De esta manera, se consigue una costra superficial durable que reduce casi por completo la dispersión del polvo causada por el tránsito vehicular, mejorando sensiblemente las condiciones ambientales en la zona aledaña.

- Como estabilizador superficial: en este caso, se debe mezclar la parte superior de la capa de afirmado con el producto diluido en agua, en un espesor variable entre 7 y 15 cm de acuerdo al diseño efectuado.

  La dosis de cloruro de magnesio se aplica, en una proporción de entre 3 y 5% en peso de suelo seco, depende del grado de plasticidad en el material a tratar (a mayor IP, menor cantidad requerida de MgCl).

  El material debe ser trabajado con maquinaria y mezclado en forma homogénea, y se debe humectar hasta alcanzar su humedad óptima considerando el aporte de la salmuera de cloruro de magnesio, y descontando la humedad natural del afirmado. Posteriormente, el material ya humectado debe ser apropiadamente distribuido y compactado con rodillo liso vibratorio.

9.11 ESTABILIZACIÓN CON PRODUCTOS ASFÁLTICOS

La mezcla de un suelo con un producto asfáltico puede tener como finalidad:

1. Un aumento de su estabilidad por las características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas del suelo.
2. Una impermeabilización del suelo, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad y por tanto más estable en condiciones adversas.

La dosificación necesaria de ligante es función principalmente de la granulometría (superficie específica) del suelo. Los suelos más adecuados son los granulares con pocos finos, de reducida plasticidad, que presentan menos del 20% que pasa la malla N°200, LL < 30 e IP < 10.

El material asfáltico usualmente empleado son las emulsiones asfálticas y los asfaltos fluidificados de viscosidad media. La mezcla se hace con frecuencia in situ, y la elección del ligante asfáltico dependerá de la granulometría del suelo, de su contenido de humedad y de las condiciones climáticas. La granulometría puede ser abierta, cerrada con finos o cerrada sin finos, pero una mayor superficie específica exigirá un ligante de curado y rotura más lentos, para permitir una mezcla mas adecuada. En zonas con temperaturas elevadas, también deberán usarse productos de curado y rotura más lentos, éstos podrán ser mas viscosos.

En el caso de las estabilizaciones con emulsiones asfálticas se emplea un emulsificante, tal como un agente químico utilizado como emulsificante y definido como tenso activo o surfactante aniónico o catiónico, que determinará la clasificación de las emulsiones como aniónicas, catiónicas o no iónicas.

Se tienen emulsiones de fraguado lento, medio y rápido, de acuerdo al porcentaje de cemento asfáltico que se emplea. Una emulsión asfáltica es una dispersión de asfalto en agua en forma de pequeñas partículas de diámetro de entre 3 y 9 micras.

Este tipo de aglutinantes puede usarse casi con cualquier tipo de material aunque por economía se recomienda que se emplee en suelos gruesos o en materiales triturados que no presenten un alto índice de plasticidad; puede usarse también con las arcillas pero solo le procura impermeabilidad; además, para el caso de suelos plásticos, con otros productos se logra mayor eficiencia y economías.

Es importante que el material pétreo que se va a mejorar, presente cierta rugosidad para que exista un anclaje adecuado con la película asfáltica, situación que se agrava sí el material pétreo no es afín con el producto asfáltico. Algunos productos asfálticos contienen agua y si esto no se toma en cuenta se pueden presentar problemas muy serios al momento de compactar, la prueba que más comúnmente se emplea en el laboratorio para determinar el porcentaje adecuado de asfalto a utilizar se conoce como "prueba de valor

soporte florida modificada" y el procedimiento consiste en elaborar especimenes de pétreos que presentan cierta humedad usando diferentes porcentajes de asfalto, se compactan con carga estática.

Después de esto se pesan y se meten a curar al horno a una temperatura de 60° C, se sacan y se penetran hasta la falla o bien hasta que tengan una profundidad de 6.35 mm registrándose la carga máxima en Kg, se efectúa una gráfica para obtener el porcentaje óptimo de emulsión y se recomienda que el material por mejorar presente un equivalente de arena mayor de 40% y el porcentaje de emulsión varíe en un porcentaje de 1.

El procedimiento constructivo se desarrolla de la manera siguiente: la capa a mejorar ya tiene que estar completamente terminada. No se debe hacer la estabilización cuando hay mucho viento, menos de 5° C o lluvia. Las estabilizaciones se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a 15° C, no obstante, sí la temperatura ambiente tiene tendencia a aumentar, podrá fijarse en 10° C la temperatura límite inferior para poder ejecutar la mezcla; estos límites podrán ser rebajados en 5° C, cuando la aplicación del ligante se efectúe directamente en la máquina de una sola pasada o en la mezcladora de la planta fija.

La dosificación depende de la granulometría del suelo, suelos finos requieren mayor cantidad de asfalto, así suelos plásticos muy finos no pueden estabilizarse a un costo razonable debido a la dificultad para pulverizarlos y la cantidad de bitumen exigido. En general, la cantidad de asfalto utilizado varía entre un 4% y un 7% y en todo caso la suma de agua para compactación más el asfalto no debe exceder a la cantidad necesaria para llenar los vacíos de la mezcla compactada.

El proceso de curado en la estabilización con asfalto tiene una gran importancia, depende de muchas variables, como cantidad de asfalto aplicado, humedad y viento, cantidad de lluvias y la temperatura ambiente; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con asfalto.

9.12 ESTABILIZACIÓN CON GEOSINTÉTICOS

A diferencia de los suelos, los geosintéticos proporcionan resistencia a la tracción y una mejora significativa en el rendimiento y construcción de pavimentos.

La experiencia internacional que se tiene hasta ahora de los geosintéticos, respecto al comportamiento frente a los agentes agresivos y respecto a su resistencia mecánica, ha permitido la diversificación funcional de los geosintéticos; así tenemos, que la función drenante y anticontaminante es la misión específica de los geotextiles; la función específica de armado o refuerzo del terreno (o de la explanada) o de los pavimentos, está en el ámbito de las geomallas; y, la función de impermeabilización o protección está en el campo de las geomembranas.

Las funciones de separación y filtro de los geotextiles y la función de refuerzo de las geomallas, se pueden combinar para proporcionar una estabilización mecánica de los suelos de subrasante inadecuada. Las geomallas también se puede utilizar para reforzar la capa de base de un pavimento flexible ya que nos permite mejorar el valor soporte y asi mejorar el comportamiento de la estructura del pavimento y los geotextiles se pueden colocar en la interfase de sub-base - base a: (i) para permitir el drenaje de la sub-base, cuando se evidencie un mal drenaje, por ejemplo por la utilización de una base densa o cerrada; y / o (ii) para permitir el rápido drenaje de la capa de base.

Las condiciones consideradas óptimas para el uso de geosintéticos, en la construcción de carreteras:

1. Suelos Clasificados según:
   - Clasificación SUCS: SC, CL, CH, ML, MH, OL, OH y PT
   - Clasificación AASHTO: A-5, A-6, A-7-5 y A-7-6

2. Baja resistencia al corte y sin drenaje
   - Tf = Cu <2,000 libras por pie cuadrado (90 kPa)
   - CBR <3 (muestra saturada, CBR determinado según la norma ASTM D 4429)
   - R-valor ~ <20 (Determinado según la norma AASHTO T 190)
   - MR ~ <4500 psi (30 MPa) (Determinado según la norma AASHTO T 274)

3. Nivel freático alto

4. Sensibilidad alta (S > 8, como resultado de la relación entre la resistencia a la compresión no confinada en estado inalterado y la resistencia a la compresión no confinada en estado remoldeado, de una muestra de suelo cohesivo, determinado según el ensayo MTC E121).

En estas condiciones, los geosintéticos pueden funcionar como separadores para evitar la contaminación o entremezcla de los agregados del afirmado, subbase o base de la carretera y el suelo de la subrasante; migración de finos se ha observado aún en suelos con CBR 8%. Asimismo, el filtro es necesario, porque los suelos por debajo de un CBR de 3%, suelen ser húmedos y saturados, en tal sentido, el agua existente puede drenar a través de los geosintéticos sin que se produzca transporte de sólidos. También los geosintéticos en su función de refuerzo permitirán, a través del tiempo, la disipación de los esfuerzos y reducción de tensiones en la sub-base y mejoramiento de la capacidad de carga.

Según el documento ETL1110-1-189 del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, existen varios tipos de geomallas: geomallas extruídas (extruded), geomallas tejidas (woven), geomallas soldadas (welded) y compuestos de geomallas (geogrid composites). Las geomallas extruídas son formadas de láminas de polímero las cuales son perforadas, calentadas y estiradas en dos direcciones para mejorar sus propiedades físicas. Las geomallas tejidas son fabricadas de fibras de polímero tejidas y luego recubiertas para aumentar su resistencia a la abrasión. Las geomallas soldadas son fabricadas soldando las uniones de una malla tiras de polímero extruído. Finalmente, los compuestos de geomalla son geomallas formadas en combinación con otro geosintético para resolver una aplicación geotécnica en particular. De acuerdo a la experiencia internacional, las geomallas extruídas han tenido un mejor comportamiento estructural en aplicaciones de refuerzo de pavimentos.

Se han identificado tres mecanismos de refuerzo de las geomallas en el refuerzo de suelos y pavimentos: confinamiento lateral de las partículas, mejoramiento de la capacidad portante del terreno natural y el efecto membrana tensionada (ETL 1110-1-189).

Confinamiento Lateral

Este mecanismo se logra a través de la trabazón de las partículas granulares con el refuerzo. Las geomallas aumentan el módulo de la capa reforzada al confinar las partículas e impedir su movimiento natural ante la aplicación de las cargas vehiculares. La trabazón mecánica aumenta la rigidez de la base reduciendo las deformaciones verticales en la interfase inferior y los ahuellamientos en la superficie de rodadura.

Mejoramiento de la Capacidad Portante del Terreno Natural

La rigidez de la geomalla permite distribuir las cargas aplicadas en una mayor área disminuyendo los esfuerzos cortantes y verticales en el terreno natural blando. Básicamente se traslada el plano de falla de la estructura del pavimento de un material no competente (blando) a materiales de mejor comportamiento estructural como la base/subbase.

Efecto Membrana Tensionada

Este mecanismo se presenta cuando ocurre un ahuellamiento o deformación considerable en el terreno natural debido a una carga vehicular, desarrollándose unos esfuerzos que son soportados por la resistencia a la tensión del refuerzo. Este efecto de membrana tensionada desarrolla en el refuerzo una resistencia vertical y un confinamiento hacia abajo, aumentando la resistencia al corte del terreno natural. Este mecanismo de refuerzo para desarrollarse necesita una deformación significativa de la superficie de la carretera,

que no siempre es admisible en caminos pavimentados, y adicionalmente, el tráfico debe ser canalizado.

Hasta hace unos años, el efecto membrana tensionada se consideraba el mecanismo principal de refuerzo. Luego de años de investigación se ha determinado que cuando se quiere reforzar la capa granular el mecanismo principal es el confinamiento lateral. En el refuerzo de capas granulares las deformaciones en la estructura del pavimento son mínimas por lo que el efecto membrana tensionada no se alcanza a desarrollar. Cuando se quiere hacer un mejoramiento del terreno natural, los mecanismos principales son el mejoramiento de la capacidad portante y el efecto membrana tensionada.

De acuerdo al USACE y AASHTO, existen diferentes tipos de geomallas, no obstante que presentan una apariencia similar, pero no necesariamente tienen el mismo beneficio estructural. Por lo tanto, en caso que el Ingeniero Responsable decida utilizar geosintéticos para la estabilización de suelos, analizará y sustentará la conveniencia de aplicación del tipo de geosintético que incluirá en su diseño, definiendo si se aplicará para una función drenante, filtro, anticontaminante, refuerzo o protección.

CAPITULO X

MATERIALES PARA PAVIMENTO

10. MATERIALES PARA PAVIMENTO

Todos los materiales deberán cumplir los requerimientos de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras del MTC (Vigentes), no obstante, cuando en un determinado proyecto de pavimentación se requiera especificaciones nuevas concordantes en el estudio o que amplíen, complementen o reemplacen a las especificaciones generales, el autor del proyecto o el ingeniero responsable de suelos y pavimentos deberá emitir las especificaciones especiales para ese proyecto y solo será aplicable para su ejecución.

10.1 DE LOS GEOSINTÉTICOS

Estos materiales deberán cumplir los requisitos mínimos establecidos en las Normas Técnicas Peruanas INDECOPI, en las Normas de Ensayo de Materiales del MTC, o en ausencia de ellas, en las Normas Técnicas internacionales vigentes. Asimismo, para la colocación y ejecución de la partida, deberá estar de acuerdo con las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras del MTC (vigente)

10.2 DEL AFIRMADO

El material de afirmado deberá cumplir con los requisitos mínimos establecidos en la Sección 301 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente) y lo establecido en el acápite 11.3 materiales de afirmado, del presente manual. Asimismo, para su ejecución se deben cumplir los requisitos de materiales, equipos, requerimientos de construcción, control de calidad y aceptación de los trabajos.

10.3 DE LA SUBBASE GRANULAR

El material granular para la capa de subbase deberá cumplir los requisitos mínimos establecidos en la Sección 402 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente). Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos y las consideraciones de CBR mencionadas en este manual para el diseño del pavimento, y que según el caso deberá estar precisado en las Especificaciones del proyecto.

Cuadro 10.1
Valor Relativo de Soporte, CBR en SubBase Granular (*)
(MTC E132, NTP 339.145 1999)

CBR en SubBase Granular	Mínimo 40%

(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)

10.4 DE LA BASE GRANULAR

El material granular para la capa de base deberá cumplir los requisitos de calidad establecidos en la Sección 403 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente). Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad, aceptación de los trabajos y las consideraciones de CBR mencionadas en este manual para el diseño del pavimento, y que según el caso deberá estar precisado en las Especificaciones del proyecto.

Cuadro Nº 10.2
Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular (*)
(MTC E132, NTP 339.145 1999)

Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de Tránsito; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 80%
Para Carreteras de Primera Clase, Carreteras Duales o Multicarril, Autopistas; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 10^6$)	Mínimo 100%

Fuente: Elaboración Propia en base a la Sección 403 de las EG-Vigente del MTC y al Tipo de Carretera especificada en la RD 037-2008-MTC/14
(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)

10.5 DE LAS BASES TRATADAS CON ASFALTO, CON CAL Y CON CEMENTO

Los materiales granulares para las capas de bases tratadas, deberán cumplir los requisitos establecidos en el Capitulo Nº 4 (Sub Bases y Bases) de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente). Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad y aceptación de los trabajos.

10.6 DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN FRÍO

Dentro de estas capas asfálticas en frío se encuentran los Tratamientos Superficiales Bicapa, Mortero Asfáltico o Lechada Asfáltica (Slurry Seal), Micropavimentos en frío, Macadam asfáltico y las carpetas asfálticas en frío. Los materiales de estas capas asfálticas, deberán cumplir los requisitos establecidos en el Capitulo Nº 4 (Pavimento Asfáltico) de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigentes). Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad y aceptación de los trabajos.

10.7 DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN CALIENTE

Los materiales para las mezclas asfálticas en caliente, deberán cumplir los requisitos establecidos en el Capitulo Nº 4 (Pavimento Asfáltico) de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigentes) respecto a los agregados gruesos, agregados finos, gradación y los tipos de cemento asfáltico. Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad y aceptación de los trabajos.

RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CLIMAS FRÍOS Y EN ALTURA

Para el diseño de mezclas asfálticas en caliente en zonas de clima frío y en altura (mayor a 3,000 msnm), se tendrá en cuenta las condiciones desfavorables que deben soportar.

Para el diseño se dará un especial énfasis a la calidad que deben reunir los agregados desde el punto de vista de su gradación, limpieza, forma, dureza, textura, etc; y el cemento asfáltico especialmente en lo que se refiere a su consistencia, durabilidad, susceptibilidad térmica, etc. Además de la calidad de los materiales a emplear, se recomienda lo siguiente:

- Trabajar con granulometrías continuas, bien graduadas, tratando de lograr vacíos del agregado mineral (V.M.A.) superiores al 15%.

- La condición anterior debe permitir incrementar el porcentaje de asfalto a incorporar en la mezcla, tendiendo en lo posible, al límite superior del porcentaje de vacíos llenos con asfalto, recomendados para la mezcla compactada; o sea próximo al 85% y manteniendo además, las respectivas características físico-mecánicas exigidas para la carpeta o para la base asfáltica.

- Los vacíos residuales de la mezcla compactada deben tender al valor mínimo especificado, dado que ello contribuye a disminuir la posible alteración del asfalto por

oxidación, y a preservar a las mezclas de la acción del agua (agravada por la acción del tránsito) y de los ciclos de variación térmica frío – calor - frío.

- El mayor espesor de la película bituminosa que recubrirá a los agregados por el mayor porcentaje de asfalto junto con el empleo de un ligante de consistencia y susceptibilidad térmica adecuada, incrementará la durabilidad del pavimento.

- La incorporación de porcentajes máximos de arena de trituración permite el logro de carpetas de rodadura con buena resistencia al deslizamiento y conveniente estabilidad; no obstante, debe realizarse un correcto balance de este valor máximo de arena a los efectos de no afectar la trabajabilidad de la mezcla ni su compactabilidad, así como tampoco la flexibilidad de la carpeta por un aumento inconveniente del módulo de rigidez.

- El uso como filler de cal hidratada, en condiciones acordes con su "concentración critica" a la vez que contribuye a la disminución de los vacíos de la mezcla, mejora la adherencia entre los agregados y el asfalto y mejora la resistencia del asfalto al envejecimiento.

10.8 DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO

Los materiales para la mezcla de concreto hidráulico, deberá cumplir los requisitos establecidos en el Capitulo Nº 4 (Pavimento de Concreto Hidráulico) en la Sección 438 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigentes). Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad y aceptación de los trabajos.

10.9 DE LOS PAVIMENTOS DE BLOQUES INTERTRABADOS (ADOQUINES) DE CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND

Los materiales de los adoquines deberán cumplir los requisitos establecidos en el Capitulo Nº 4 (Pavimento de Concreto Hidráulico) en la Sección 440 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG - Vigente) Asimismo se deben cumplir los requisitos de equipos, requerimientos de construcción, control de calidad y aceptación de los trabajos.

CAPITULO XI

AFIRMADOS

11. AFIRMADOS

Las carreteras no pavimentadas con revestimiento granular en sus capas superiores y superficie de rodadura corresponden en general a carreteras de bajo volumen de tránsito y un número de repeticiones de Ejes Equivalentes de hasta 300,000 EE en un periodo de diez años; estas carreteras no pavimentadas pueden ser clasificadas como sigue:

a) Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo y finos ligantes.

b) Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.

c) Carreteras afirmadas constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm. Pudiendo ser estos: Afirmados con gravas naturales o zarandeadas, ó Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.

d) Carreteras con superficie de rodadura tratada con materiales industriales:

   d.1 Afirmados con superficie tratada para el control de polvo, con materiales como: cloruros, aditivos, productos asfálticos (imprimación reforzada o diferentes tipos de sello asfáltico), cemento, cal u otros estabilizadores químicos.

   d.2 Suelos naturales estabilizados con: emulsión asfáltica, cemento, cal, cloruros, geosintéticos y otros aditivos que mejoren las propiedades del suelo.

11.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Se presenta una metodología para diseñar estructuras de pavimentos cuya capa de rodadura estará compuesta por material de afirmado en su totalidad, entendiéndose esta como una capa de material granular destinada a soportar las cargas del tránsito, que adicionalmente puede ser tratada para el control de polvo.

La metodología a desarrollarse permitirá diseñar de manera técnica y rápida el espesor de una capa de afirmado, teniendo en cuenta la resistencia de la subrasante y el transito estimado para un periodo de diseño.

En el funcionamiento estructural de las capas de revestimiento granular influye el tipo de suelo de la subrasante, el número total de los vehículos pesados durante el periodo de diseño, expresados en ejes equivalentes (EE); y, los materiales granulares cuyas propiedades mecánicas y comportamiento son conocidos y están considerados en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras vigente; también forman parte las estabilizaciones y mejoramientos de suelos de la subrasante o el tratamiento de las capas de revestimiento granular.

Esta metodología establece el espesor del diseño en función de los siguientes parámetros:

- Características de la Subrasante (según el capítulo 4. Suelos)
- Nivel de Transito (Según el capitulo 6. Trafico)

11.2 SECCIONES DE CAPAS DE AFIRMADO

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10}CBR) + 58 \times (\log_{10}CBR)^2] \times \log_{10}(Nrep/120)$$

Donde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = valor del CBR de la subrasante.

Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

A continuación se presentan los espesores de afirmado propuestos considerando subrasantes con CBR > 6% hasta un CBR > 30% y tráfico con número de repeticiones de hasta 300,000 ejes equivalentes.

Es necesario precisar que los sectores que presenten subrasantes con CBR menor a 6% (subrasante pobre o subrasante inadecuada), serán materia de un estudio específico de estabilización o reemplazo de Suelos de la Subrasante.

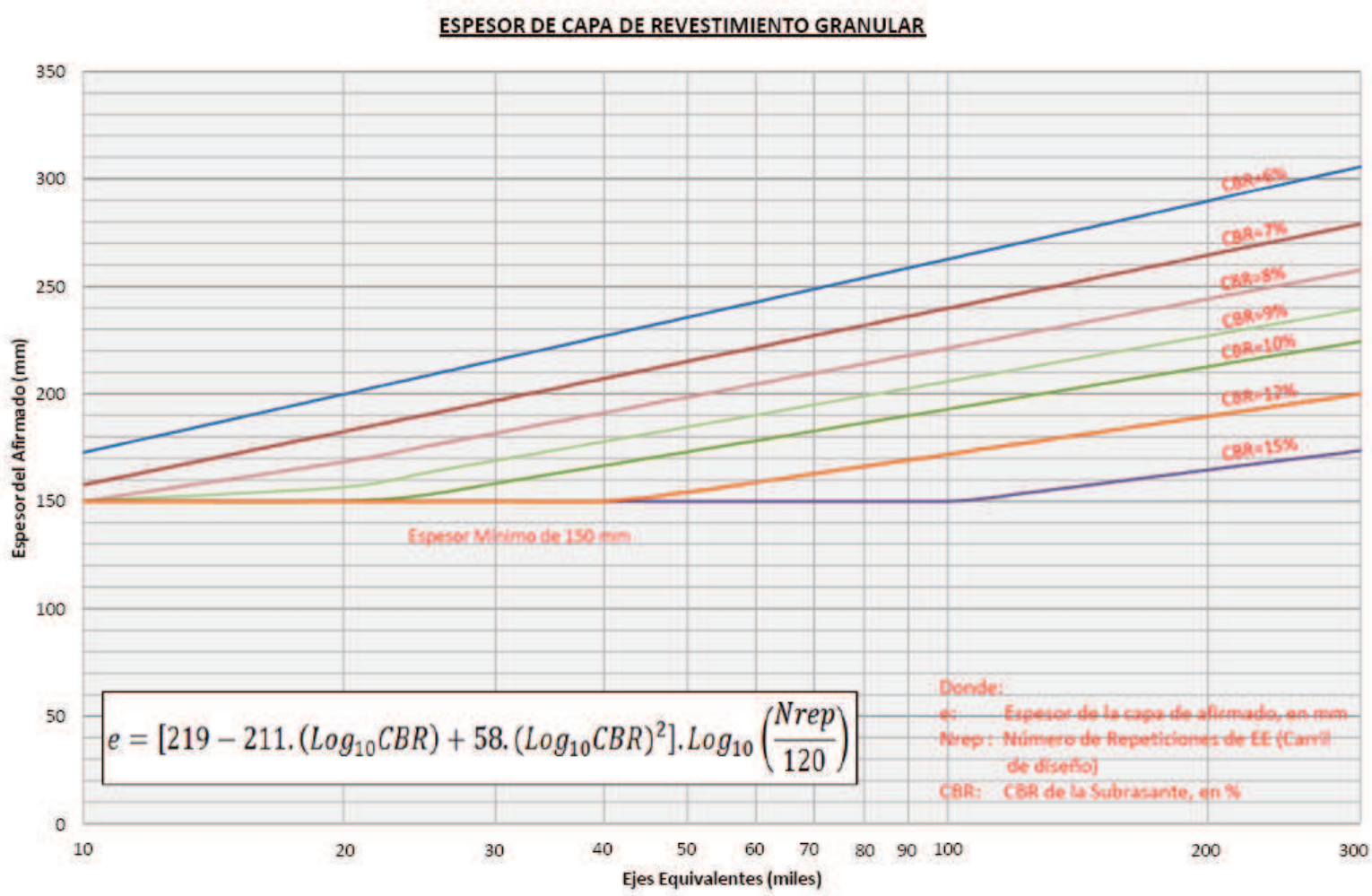
Cuadro 11.1
Resumem

CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES																		
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000
	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)																		
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
> 30 *	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

(*) Subrasante con CBR <6%, serán materia de estabilización o mejoramiento de subrasante, según los criterios expuestos en el Capitulo 9 Estabilización de Suelos

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 11.1



Fuente : Elaboración propia en base al Método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS)

Figura N° 11-2

CATALOGO DE CAPAS DE AFIRMADO (REVESTIMIENTO GRANULAR)

PERIODO DE DISEÑO 10 AÑOS

CBR % \ EE		Tnp1 < 25,000	Tnp2 25,001-75,000	Tnp3 75,001-150,000	Tnp4 150,001-300,000
CBR < 6%		25cm (*)	30cm (*)	30cm (*)	35cm (*)
6%≤CBR<10%	CBR 6%-8%	25cm	30cm	30cm	35cm
	CBR 8%-10%	20cm	25cm	25cm	30cm
10%≤CBR<20%	CBR 10%-12%	20cm	20cm	25cm	25cm
	CBR 12%-20%	15cm	20cm	20cm	20cm
20%≤CBR<30%	CBR 20%-30%	15cm	15cm	15cm	15cm
CBR ≥ 30%		15cm	15cm	15cm	15cm

Afirmado

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación NAASRA.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.
4. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar Perfilado periódicamente por lo menos una vez cada año y control de polvo mediante riegos de agua, asfaltos, cloruros, aditivos químicos u otros.

11.3 MATERIALES DE AFIRMADO

El material a usarse varía según la región y las fuentes locales de agregados, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizará como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica necesaria en la carretera de afirmado.

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si no existe una buena combinación de estos tres tamaños, el afirmado será pobre.

El afirmado requiere de un porcentaje de piedra para soportar las cargas. Asimismo necesita un porcentaje de arena clasificada, según tamaño, para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa y, necesariamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada. En general, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Las características que deberá de cumplir el material de afirmado será la que se describe en el presente Manual. No obstante, es importante indicar que todos los materiales para afirmados no son los mismos, en tal sentido, la calidad del material debe determinarse mediante ensayos.

Para la dosificación y mezcla del material para afirmado, se tendrá como referencia y punto de partida las gradaciones que se recomiendan en el cuadro 11.2 referidas a AASHTO M 147 y en el cuadro 11.3 referidas a FHWA.

Cuadro 11.2
Gradación del Material de Afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D	GRADACIÓN E	GRADACIÓN F
50 mm (2")				
37.5 mm (1½")				
25 mm (1")	100	100	100	100
19 mm (¾")				
12.5 mm (½")				
9.5 mm (3/8")	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm (Nº 4)	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm (Nº 8)				
2.0 mm (Nº 10)	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um (Nº 40)	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um (Nº 200)	5 -15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
Índice de Plasticidad	**4 – 9**	**4 – 9**	**4 - 9**	**4 – 9**
Límite Líquido	**Máx. 35%**	**Máx. 35%**	**Máx. 35%**	**Máx. 35%**
Desgaste Los Ángeles	**Máx. 50%**	**Máx. 50%**	**Máx. 50%**	**Máx. 50%**
CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]	**Mín. 40%**	**Mín. 40%**	**Mín. 40%**	**Mín. 40%**

Fuente: AASHTO M 147

Cuadro 11.3
Gradación del Material de Afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	FHWA – FP 03	FHWA – SD LTAP
50 mm (2")		
37.5 mm (1½")		
25 mm (1")	100(1)	
19 mm (¾")	97 – 100(1)	100
12.5 mm (½")		
9.5 mm (3/8")		
4.75 mm (Nº 4)	41 – 71 (7)	50 - 78
2.36 mm (Nº 8)		37 - 67
2.0 mm (Nº 10)		
4.25 um (Nº 40)	12 – 28 (5)	13 - 35
75 um (Nº 200)	9 -16 (4)	4 - 15
Índice de Plasticidad	8 (4)	4 - 12
Límite Líquido	Máx. 35%	Máx. 35%
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	Máx. 50%
CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)] **(*)**	Mín. 40%	Mín. 40%
Nota: (1) = Procedimiento estadístico no aplica ( ) = desviación admisible (±) del valor indicado		

Fuente: Federal Highway Administration – FHWA

(*) Si el CBR del material es menor al mínimo recomendado se efectuará un estudio específico para mejorar las propiedades del material

Para el caso del porcentaje que pasa el tamiz 75 um (Nº 200), se tendrá en cuenta las condiciones ambientales locales (temperatura y lluvia), especialmente para prevenir el daño por la acción de las heladas. En este caso será necesario tener porcentajes más bajos al especificado que pasa el tamiz 75 um (Nº 200), por lo que, en caso no lo determine el proyecto, el supervisor deberá fijar y aprobar los porcentajes apropiados.

Muy importante es el índice de plasticidad que podrá llegar hasta un máximo de 12 y no debe ser menor de 4. La razón es que la capa de rodadura en su superficie necesita un mayor porcentaje de material plástico y las arcillas naturales le darán la cohesión necesaria y por lo tanto una superficie cómoda para la conducción vehicular. Esto puede ser crítico durante el período seco, pues necesitará riego de agua.

En el caso de que se tuvieran materiales con índice de plasticidad fuera del rango 4-12%, se estudiará el empleo de un estabilizador de suelos con un producto asfáltico, con cal, cemento, cloruros de sodio (Sal), calcio o magnesio u otros estabilizadores químicos de suelos con la finalidad de mantener y/o prolongar la vida útil de la carretera.

Es a partir de lo antes señalado que se efectúan los ensayos y dosificaciones hasta conseguir un material de afirmado de buena calidad, con gradación y plasticidad adecuadas que le de cohesión. De ser el caso, se establecerán las diferencias que sustenten una especificación especial, como variante de lo indicado en el presente manual o lo estipulado en la Sección 301 de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras, vigente.

Un aspecto que debe tenerse en cuenta en los caminos afirmados, es el control de polvo, debido a que todos estos caminos emiten polvo por el tráfico circulante. La cantidad de polvo que se produce en un camino afirmado es muy variable, depende de la zona del país (lluvioso o árido), del tráfico que soporta y la calidad del afirmado. Es necesario que el Ingeniero Proyectista, analice y sustente la necesidad de aplicación de paliativos de control de polvo, especialmente en cruces urbanos, zonas agrícolas o restos históricos, donde el polvo generado por el tráfico resulta perjudicial a la salud, a la producción agrícola y al deterioro progresivo del patrimonio cultural; el análisis debe incluir el periodo de servicio, debido a que prácticamente la aplicación de todos los métodos de control de polvo es anual. Los tipos de control de polvo, pueden ser riegos con agua natural, riegos incluyendo cloruros o aditivos, aplicación de productos asfálticos (imprimación reforzada, diferentes tipos de sellos asfálticos), utilización de cal, cemento u otros estabilizadores químicos.

CAPITULO XII

PAVIMENTOS FLEXIBLES

12. PAVIMENTOS FLEXIBLES

12.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

En este manual se ha optado, para el dimensionamiento de las secciones del pavimento, por los procedimientos más generalizados de uso actual en el país. Los procedimientos adoptados son:

a. Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

b. Análisis de la Performance o Comportamiento del Pavimento durante el periodo de diseño.

Típicamente el diseño de los pavimentos es mayormente influenciado por dos parámetros básicos:

- Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento.
- Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento.

La forma como se consideran estos dos parámetros dependerá de la metodología que se emplee para el diseño.

1) Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento, están expresadas en ESALs, Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-kN o 8.2 t, que en el presente Manual se denominan Ejes Equivalentes (EE). La sumatorias de ESALs durante el periodo de diseño es referida como (W_{18}) o ESALD, en el presente Manual se denominan Número de Repeticiones de EE de 8.2 t.

   Para el caso del tráfico y del diseño de pavimentos flexibles, en este manual, se definen tres categorías:

   a) Caminos de bajo volumen de tránsito, de 150,001 hasta 1'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Cuadro 12.1
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T_{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T_{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia
Nota: T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño
PX = Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3, 4)

b) Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE hasta 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Cuadro 12.2
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T_{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T_{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T_{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T_{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T_{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T_{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T_{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T_{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T_{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia
Nota: T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño
PX = Pavimentada, X = número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)

c) Caminos que tienen un tránsito mayor a 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño. Esta categoría de caminos, no está incluida en el presente manual, el diseño de pavimentos será materia de Estudio Especial por el Ingeniero Proyectista, analizando diversas alternativas de pavimento equivalentes y justificando la solución adoptada.

Cuadro 12.3
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P15}	> 30'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia
Nota: T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño
PX = Pavimentada, X = número de rango (14)

2) Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento, están definidas en seis (06) categorías de subrasante, en base a su capacidad de soporte CBR.

Cuadro 12.4
Categorías de Subrasante

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
S_0 : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S_1 : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S_2 : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S_3 : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S_4 : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S_5 : Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Fuente: Elaboración propia

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos u otros

productos aprobados por el MTC, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la mas conveniente técnica y económica.

Con base en estos dos parámetros, tránsito expresado en ejes equivalentes (EE) y CBR de subrasante correlacionado con módulo resilente, se definirán las secciones de pavimento que se encuentran especificadas en los catálogos de estructuras de pavimento.

La metodología empleada para definir las secciones del catálogo de los pavimentos ha consistido en aplicar el procedimiento de la Guía AASHTO 1993, y aplicar un análisis de comportamiento del pavimento que cubre el periodo de diseño de 20 años de la estructura del pavimento.

A continuación se describen las características más importantes para la aplicación de los procedimientos de cálculo usados.

12.1.1 Método Guía AASHTO 93 de diseño.

Este procedimiento está basado en modelos que fueron desarrollados en función de la perfomance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la subrasantes para el cálculo de espesores.

Se incluye más adelante la ecuación de cálculo en la versión de la Guía AASHTO – 93.

El propósito del modelo es el cálculo del Numero Estructural requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto.

I. Periodo de Diseño

El Periodo de Diseño a ser empleado para el presente manual de diseño para pavimentos flexibles será hasta 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, periodo de diseños por dos etapas de 10 años y periodo de diseño en una etapa de 20 años. El Ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el periodo de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad.

II. Variables

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36\log_{10}(SN+1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4+\frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32\log_{10}(M_R) - 8.07$$

A partir de esta ecuación se desprenden las siguientes definiciones:

a) W18, es Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el periodo de diseño, corresponde al Número de Repeticiones de EE de 8.2t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico (ver capítulo 6).

b) Modulo de Resilencia (M_R)

El Modulo de Resilencia es (M_R) es una medida de la rigidez del suelo de subrasante, el cual para su cálculo se empleará la ecuación, que correlaciona con el CBR, recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide):

$$Mr\ (psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$$

A continuación el cálculo de módulo de resiliencia para diferentes tipos de CBR.

Cuadro 12.5
Módulo Resilente obtenido por correlación con CBR

CBR% Subrasante	Módulo Resilente Subrasante (Mr) (psi)	Módulo Resilente Subrasante (Mr) (Mpa)	CBR% Subrasante	Módulo Resilente Subrasante (Mr) (psi)	Módulo Resilente Subrasante (Mr) (Mpa)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

Fuente: Elaboración propia, en base a la ecuación de correlación CBR – Mr, recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide)

c) *Confiabilidad (%R)*

El método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad (%R) que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; sin embargo, solicitaciones diferentes a las esperadas, como por ejemplo, calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil prevista de un pavimento.

De acuerdo a la guía AASHTO es suficientemente aproximado considerar que el comportamiento del pavimento con el tráfico, sigue una ley de distribución normal, en consecuencia pueden aplicarse conceptos estadísticos para lograr una confiabilidad determinada; por ejemplo, 90% o 95%, significa que solamente un 10% o 5% del tramo pavimentado, se encontrará con un índice de serviciabilidad inferior al previsto; es decir que el modelo de comportamiento está basado en criterios de serviciabilidad y no en un determinado mecanismo de falla. En consecuencia, a mayor nivel de confiabilidad se incrementará el espesor de la estructura del pavimento a diseñar.

La confiabilidad no es un parámetro de ingreso directo en la Ecuación de Diseño, para ello debe usarse el coeficiente estadístico conocido como Desviación Normal Estándar (Zr).

A continuación se especifican los valores recomendados de niveles de confiabilidad para los diferentes rangos de tráfico:

Cuadro 12.6
Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	**T_{P0}**	**100,000**	**150,000**	65%
	T_{P1}	150,001	300,000	70%
	T_{P2}	300,001	500,000	75%
	T_{P3}	500,001	750,000	80%
	T_{P4}	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T_{P15}	>30'000,000		95%

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Para un diseño por etapas, según AASHTO, se deben determinar las confiabilidades de cada etapa, teniendo en cuenta la confiabilidad total correspondiente a todo el periodo de diseño, que para el presente Manual, corresponde a los valores indicados en el Cuadro 12.6, elevado a la potencia inversa del número de etapas. Así se tiene la relación siguiente:

R_{Etapa} = Confiabilidad de cada etapa
R_{Total} = Confiabilidad total para el periodo total de diseño (ver cuadro 12.6)
n = Número de etapas

Cuadro 12.7
Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para dos etapas de diseño de 10 años cada una según rango de Tráfico

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Nivel de Confiabilidad (R)		
				1era. Etapa (1)	2da. Etapa (2)	Total (1) x (2)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100,001	150,000	81%	81%	65%
	T_{P1}	150,001	300,000	84%	84%	70%
	T_{P2}	300,001	500,000	87%	87%	75%
	T_{P3}	500,001	750,000	89%	89%	80%
	T_{P4}	750 001	1,000,000	89%	89%	80%
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	92%	92%	85%
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	92%	92%	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	92%	92%	85%
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	95%	95%	90%
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	95%	95%	90%
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	95%	95%	90%
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	95%	95%	90%
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	97%	97%	95%
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	97%	97%	95%
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	97%	97%	95%
	T_{P15}	>30'000,000		97%	97%	95%

d) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

El coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr) representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

Cuadro 12.8
Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)
Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años)
Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Desviación Estándar Normal (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100,001	150,000	-0.385
	T_{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T_{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T_{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T_{P4}	750 001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T_{P15}	>30'000,000		-1.645

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Cuadro 12.9
Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)
Para dos etapas de diseño de 10 años cada una
Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Desviación Estándar Normal (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100,001	150,000	-0.878
	T_{P1}	150,001	300,000	-0.994
	T_{P2}	300,001	500,000	-1.126
	T_{P3}	500,001	750,000	-1.227
	T_{P4}	750 001	1,000,000	-1.227
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.405
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.405
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.405
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.645
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.645
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.645
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.645
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.881
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.881
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.881
	T_{P15}	>30'000,000		-1.881

e) *Desviación Estándar Combinada (So)*

La Desviación Estándar Combinada (So), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 y

0.50, en el presente Manual se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

f) Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

El Indice de Serviciabilidad Presente es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

f.1) Serviciabilidad Inicial (Pi)

La Serviciabilidad Inicial (Pi) es la condición de una vía recientemente construida. A continuación se indican los índices de servicio inicial para los diferentes tipos de tráfico:

Cuadro 12.10
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P1}	150,001	300,000	3.80
	T_{P2}	300,001	500,000	3.80
	T_{P3}	500,001	750,000	3.80
	T_{P4}	750 001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.00
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	4.00
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	4.00
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	4.00
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	4.20
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	4.20
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	4.20
	T_{P15}	>30'000,000		4.20

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

f.2) Serviciabilidad Final o Terminal (P_T)

La Serviciabilidad Terminal (Pt) es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción.

A continuación se indican los índices de serviciabilidad final para los diferentes tipos de tráfico.

Cuadro 12.11
Índice de Serviciabilidad Final (Pt)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (PT)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P1}	150,001	300,000	2.00
	T_{P2}	300,001	500,000	2.00
	T_{P3}	500,001	750,000	2.00
	T_{P4}	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	2.50
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	2.50
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	2.50
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	3.00
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	3.00
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	3.00
	T_{P15}	>30'000,000		3.00

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

f.3) Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

(Δ PSI) es la diferencia entre la Serviciabilidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto en desarrollo.

Cuadro 12.12
Diferencial de Serviciabilidad (Δ PSI)
Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P1}	150,001	300,000	1.80
	T_{P2}	300,001	500,000	1.80
	T_{P3}	500,001	750,000	1.80
	T_{P4}	750 001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	1.50
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	1.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	1.50
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	1.50
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	1.50
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	1.50
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	1.50
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	1.20
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	1.20
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	1.20
	T_{P15}	>30'000,000		1.20

Fuente: Elaboración Propia

g) Numero Estructural Requerido (SNR)

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Número Estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de sub base, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

d_1, d_2, d_3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

m_2, m_3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

Según AASHTO la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay muchas combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. El Ingeniero Proyectista, debe realizar un análisis de comportamiento de las alternativas de estructuras de pavimento seleccionadas, de tal manera que permita decidir por la alternativa que presente los mejores valores de niveles de servicio, funcionales y estructurales, menores a los admisibles, en relación al tránsito que debe soportar la calzada.

Los valores de los coeficientes estructurales considerados en el presente manual son:

Cuadro 12.13
Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento a_i

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
Micropavimento 25mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a_1	0.250 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	a_1	0.150 (*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico ≤ 500,000EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) Valor Global (no se considera el espesor)			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico ≤ 5'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico > 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm^2)	a_{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm^2)	a_{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SUBBASE			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico ≤ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.050 / cm	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico > 15'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

La ecuación SN de AASHTO, también requiere del coeficiente de drenaje de las capas granulares de base y subbase. Este coeficiente tiene por finalidad tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento.

El valor del coeficiente de drenaje esta dado por dos variables que son:

a. La calidad del drenaje.
b. Exposición a la saturación, que es el porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación.

El cuadro 12.14 presenta valores de la calidad de drenaje con el tiempo que tarda el agua en ser evacuada.

Cuadro 12.14
Calidad del Drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993

El Cuadro 12.15 presenta valores de coeficiente de drenaje m_i, para porcentajes del tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación y calidad del drenaje.

Cuadro 12.15
Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje m_i
Para Bases y SubBases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

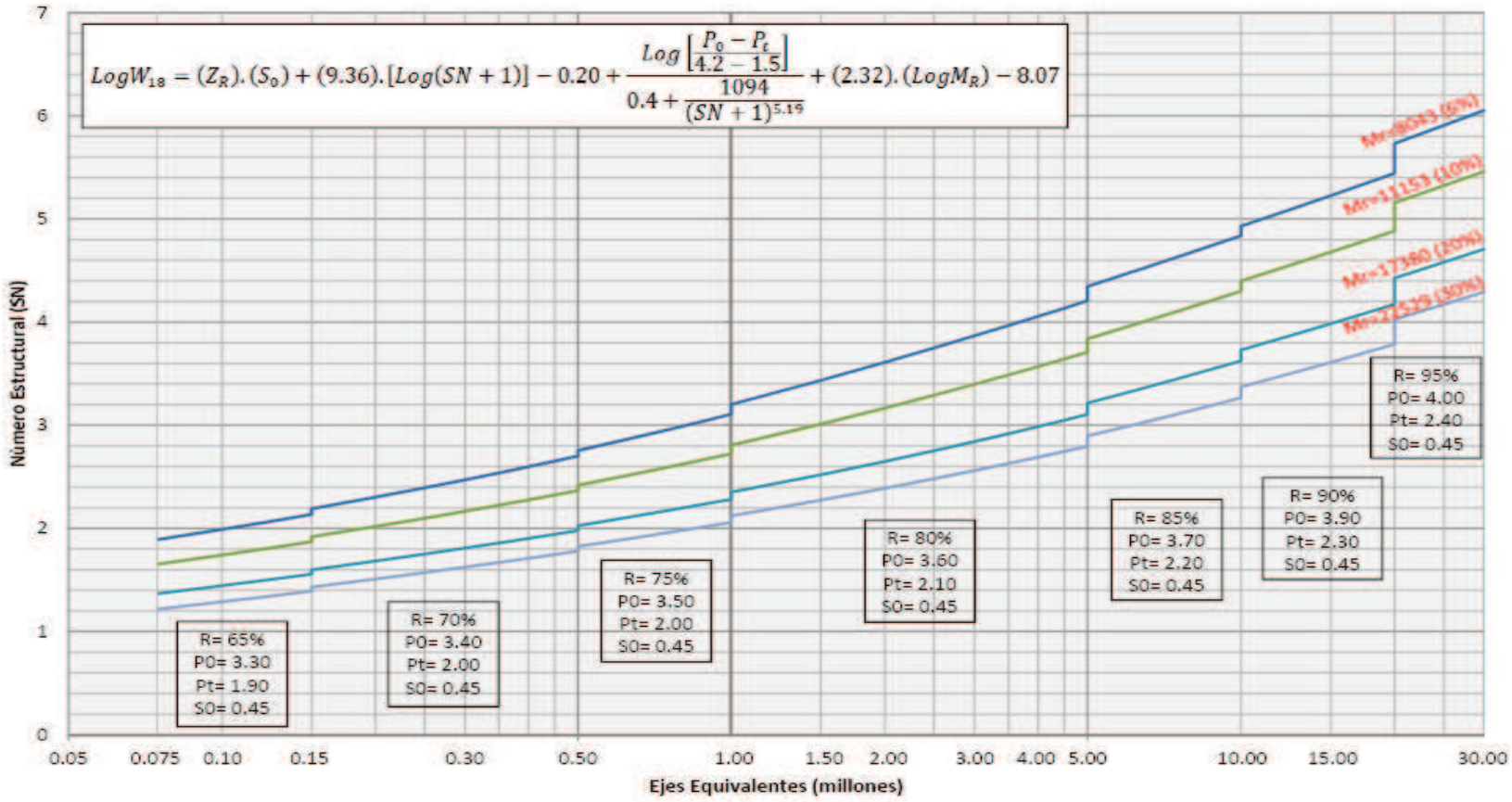
Fuente: Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASHTO - 1993

Para la definición de las secciones de estructuras de pavimento del presente Manual, el coeficiente de drenaje para las capas de base y subbase, asumido fue de 1.00.

En función a los parámetros requeridos por AASHTO y especificados en los cuadros anteriores, se han determinado los diferentes Números Estructurales requeridos, para cada rango de tráfico expresado en ejes equivalentes (EE) y rango de tipo de suelos, según se presenta en gráfico y cuadro siguientes:

Figura 12.1

NÚMERO ESTRUCTURAL PARA PAVIMETOS FLEXIBLES (*)



(*) Para Confiabilidad de diseño del Pavimento en una sola Etapa.

Fuente: Elaboración propia en base al Método AASHTO 93.

Cuadro 12.16
Número Estructural Requerido para Pavimentos Flexibles (SN) – Periodo de diseño 20 años

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) REQUERIDOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUBRASANTE
Carpeta Asfáltica en Caliente + Base Granular + Sub Base Granular

TIPO DE SUBRASANTE / CLASE TRANSITO	Inadecuada	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
	CBR < 3% (*)	3% ≤ CBR < 6% (*)	6% ≤ CBR < 10%	10% ≤ CBR < 20%	20% ≤ CBR < 30%	CBR ≥ 30%
Tp0 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.136	1.871	1.557	1.392
Tp1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.470	2.165	1.809	1.625
Tp2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.702	2.367	1.979	1.780
Tp3 500,000 < Rep. EE ≤ 750,000			2.956	2.593	2.173	1.959
Tp4 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.107	2.725	2.283	2.059
Tp5 1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000			3.434	3.012	2.521	2.274
Tp6 1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000			3.866	3.395	2.841	2.561
Tp7 3'000,000 < Rep. EE ≤ 5'000,000			4.206	3.707	3.105	2.797
Tp8 5'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000			4.630	4.103	3.449	3.107
Tp9 7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000			4.837	4.300	3.624	3.267
Tp10 10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000			5.092	4.552	3.869	3.501
Tp11 12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000			5.226	4.679	3.985	3.609
Tp12 15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000			5.341	4.883	4.173	3.786
Tp13 20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000			5.907	5.323	4.580	4.172
Tp14 25'000,000 < Rep. EE ≤ 30'000,000			6.052	5.460	4.708	4.293

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de Suelos, que será materia de Estudio Especial.
- Con el Suelo Estabilizado la Estructura del Pavimento a Colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

12.2 SECCIONES DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Para determinar las secciones de estructuras de pavimento flexible, se consideraron los siguientes espesores mínimos recomendados:

Cuadro 12.17
Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial y Base Granular

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL	BASE GRANULAR
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P1}	150,001	300,000	TSB, ó Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, ó Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 50mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 50mm	150 mm
	T_{P2}	300,001	500,000	TSB, ó Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12mm, ó Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 60mm	150 mm
	T_{P3}	500,001	750,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 60mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
	T_{P4}	750 001	1,000,000	Micropavimento: 25mm Carpeta Asfáltica en Frio: 70mm Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm	250 mm
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm	250 mm
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm	250 mm
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm	250 mm
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm	250 mm
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm	300 mm

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

El espesor mínimo constructivo para capas superficiales con carpeta asfáltica en caliente es de 40mm y el espesor mínimo constructivo de las capas granulares (Base y Sub base) es de 150mm.

Las secciones de estructuras de pavimento flexible, que se recomiendan en el Manual, están en función al tipo de suelos (rango de CBR de diseño) y el tráfico vial expresado en número de ejes equivalentes, son las siguientes:

12.2.1 Catálogos de Números Estructurales (SN) adoptados por tipo de tráfico y de subrasante.

12.2.2 Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible para caminos de bajo volumen de tránsito (≤ 1'000,000 EE en el carril de diseño), periodo de diseño 10 años.

Cuadro 12.18
Limitaciones de Tránsito y Geometría Vial
para la Aplicación de los distintos tipos de Capa Superficial

Capa Superficial	Limitaciones de Tránsito y Geometría Vial para la Aplicación de los distintos tipos de Capa Superficial		
	Tráfico en EE	Pendiente Máxima	Curvatura Horizontal
Carpeta Asfáltica en Caliente	Sin Restricción	Sin Restricción	Sin Restricción
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión.	≤ 1'000,000 EE	Sin Restricción	Sin Restricción
Micropavimento 25mm	≤ 1'000,000 EE	Sin Restricción	Sin Restricción
Tratamiento Superficial Bicapa.	≤ 500,000 EE	No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%	No Aplica en tramos con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm.	≤ 500,000 EE	No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%	No Aplica en tramos que obliguen al frenado de vehículos

12.2.3 Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible para caminos de bajo volumen de tránsito (≤ 1'000,000 EE en el carril de diseño) y el resto de caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en dos etapas de 10 años (total 20 años). Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

12.2.4 Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible con base tratada con asfalto, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en dos etapas de 10 años (total 20 años). Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

12.2.5 Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible con base tratada con cemento, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en dos etapas de 10 años (total 20 años). Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

12.2.6 Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible con base tratada con cal, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en dos etapas de 10 años (total 20 años). Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

12.2.7 Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en una etapa de 20 años. Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

12.2.8 Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible con base tratada con asfalto, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en una etapa de 20 años. Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

12.2.9 Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible con base tratada con cemento, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en una etapa de 20 años. Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

12.2.10 Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible con base tratada con cemento, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en una etapa de 20 años. Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

12.2.1 Catálogos de Números Estructurales (SN) adoptados por tipo de tráfico y de subrasante

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) REQUERIDOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUBRASANTE
Mortero Asfáltico + Base Granular + Sub Base Granular

TIPO DE SUBRASANTE / CLASE TRANSITO	Inadecuada	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
	CBR < 3% (*)	3% ≤ CBR < 6% (*)	6% ≤ CBR < 10%	10% ≤ CBR < 20%	20% ≤ CBR < 30%	CBR ≥ 30%
Tp0 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.146	2.005	1.641	1.404
Tp1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.500	2.240	1.839	1.664
Tp2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.735	2.381	2.005	1.820

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de Suelos, que será materia de Estudio Especial.
- Con el Suelo Estabilizado la Estructura del Pavimento a Colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) ADOPTADOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUBRASANTE
Tratamiento Superficial Bicapa + Base Granular + Sub Base Granular

TIPO DE SUBRASANTE / CLASE TRANSITO	Inadecuada	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
	CBR < 3% (*)	% ≤ CBR < 6% (	6% ≤ CBR < 10%	10% ≤ CBR < 20%	20% ≤ CBR < 30%	CBR ≥ 30%
Tp0 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.146	2.005	1.641	1.404
Tp1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.500	2.240	1.839	1.664
Tp2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.735	2.381	2.005	1.820

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de Suelos, que será materia de Estudio Especial.
- Con el Suelo Estabilizado la Estructura del Pavimento a Colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) ADOPTADOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUBRASANTE
Micropavimento + Base Granular + Sub Base Granular

TIPO DE SUBRASANTE / CLASE TRANSITO	Inadecuada	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
	CBR < 3% (*)	3% ≤ CBR < 6% (*)	6% ≤ CBR < 10%	10% ≤ CBR < 20%	20% ≤ CBR < 30%	CBR ≥ 30%
Tp0 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.293	2.033	1.640	1.432
Tp1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.528	2.189	1.848	1.640
Tp2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.788	2.387	2.033	1.825
Tp3 500,000 < Rep. EE ≤ 750,000			3.023	2.600	2.189	2.033
Tp4 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.142	2.788	2.293	2.174

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de Suelos, que será materia de Estudio Especial.
- Con el Suelo Estabilizado la Estructura del Pavimento a Colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) ADOPTADOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUBRASANTE
Carpeta Asfáltica en Frío + Base Granular + Sub Base Granular

TIPO DE SUBRASANTE / CLASE TRANSITO	Inadecuada	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
	CBR < 3% (*)	3% ≤ CBR < 6% (*)	6% ≤ CBR < 10%	10% ≤ CBR < 20%	20% ≤ CBR < 30%	CBR ≥ 30%
Tp0 100,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.166	1.877	1.565	1.409
Tp1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.530	2.219	1.930	1.670
Tp2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.729	2.480	2.035	1.879
Tp3 500,000 < Rep. EE ≤ 750,000			2.975	2.632	2.192	2.140
Tp4 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.127	2.820	2.400	2.140

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de Suelos, que será materia de Estudio Especial.
- Con el Suelo Estabilizado la Estructura del Pavimento a Colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) ADOPTADOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUBRASANTE - Periodo de Diseño 20 años
Carpeta Asfáltica en Caliente + Base Granular + Sub Base Granular

TIPO DE SUBRASANTE / CLASE TRANSITO	Inadecuada	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
	CBR < 3% (*)	3% ≤ CBR < 6% (*)	6% ≤ CBR < 10%	10% ≤ CBR < 20%	20% ≤ CBR < 30%	CBR ≥ 30%
Tp0 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.150	1.890	1.630	1.630
Tp1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.476	2.216	1.852	1.800
Tp2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.765	2.372	2.008	1.800
Tp3 500,000 < Rep. EE ≤ 750,000			2.982	2.594	2.178	1.970
Tp4 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.152	2.764	2.348	2.140
Tp5 1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000			3.459	3.105	2.556	2.296
Tp6 1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000			3.911	3.431	2.882	2.570
Tp7 3'000,000 < Rep. EE ≤ 5'000,000			4.218	3.757	3.156	2.844
Tp8 5'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000			4.652	4.135	3.482	3.118
Tp9 7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000			4.847	4.305	3.652	3.288
Tp10 10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000			5.134	4.582	3.884	3.506
Tp11 12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000			5.257	4.705	4.054	3.676
Tp12 15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000			5.380	4.922	4.224	3.846
Tp13 20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000			5.914	5.327	4.613	4.178
Tp14 25'000,000 < Rep. EE ≤ 30'000,000			6.084	5.497	4.783	4.348

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de Suelos, que será materia de Estudio Especial.
- Con el Suelo Estabilizado la Estructura del Pavimento a Colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

12.2.2 Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible para caminos de bajo volumen de tránsito (≤ 1’000,000 EE en el carril de diseño), periodo de diseño 10 años

Figura Nº 12.2

CATALOGO DE ESTRUCTURAS MORTERO ASFALTICO

PERIODO DE DISEÑO 10 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000
CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$			
CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	1.2cm / 25cm / 18cm / (*)	1.2cm / 30cm / 20cm / (*)	1.2cm / 30cm / 25cm / (*)
≥ 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	1.2cm / 25cm / 18cm	1.2cm / 30cm / 20cm	1.2cm / 30cm / 25cm
≥ 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	1.2cm / 25cm / 15cm	1.2cm / 25cm / 20cm	1.2cm / 25cm / 23cm
≥ 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	1.2cm / 18cm / 15cm	1.2cm / 20cm / 17cm	1.2cm / 25cm / 15cm
CBR ≥ 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	1.2cm / 27cm	1.2cm / 32cm	1.2cm / 35cm

Mortero Asfáltico

Base Granular

Sub-base Granular

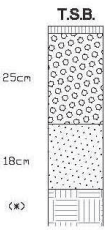
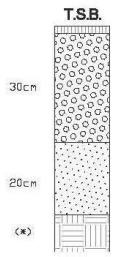
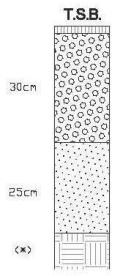
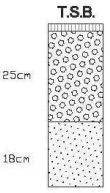
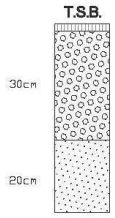
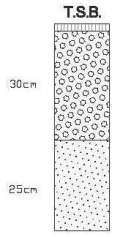
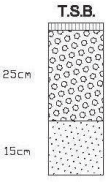
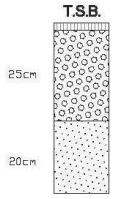
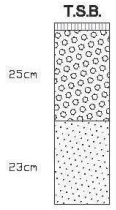
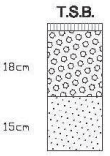
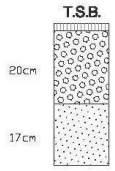
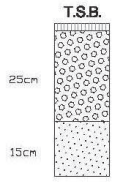
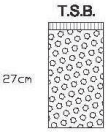
Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
   a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
   b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
   c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos (a cada 3 a 4 años).
4. Para su aplicación se deben respetar las limitaciones indicadas en el Manual (según Cuadro 12.2-2):
   a) Tráfico máximo en el carril de diseño, hasta 500,000 EE.
   b) No aplica en tramos con pendiente mayor a 8%.
   c) No aplica en tramos que obliguen al frenado de vehículos.

Figura Nº 12.3

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE ALTERNATIVA SUPERFICIE DE RODADURA: TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (T.S.B.)

PERIODO DE DISEÑO 10 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000
CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$			
CBR < 6%	⩽ 8,040psi (55.4MPa)			
⩾ 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) ⩽ 11,150psi (76.9MPa)			
⩾ 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) ⩽ 17,380psi (119.8MPa)			
⩾ 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) ⩽ 22,530psi (155.3MPa)			
CBR ⩾ 30%	> 22,530psi (155.3MPa)			

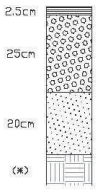
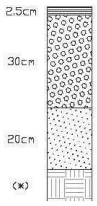
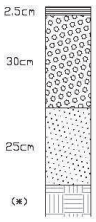
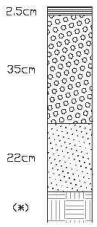
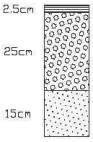
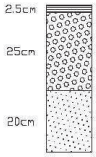
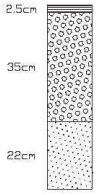
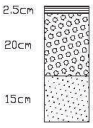
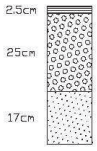
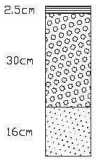
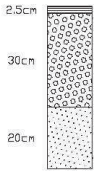
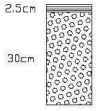
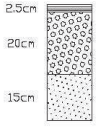
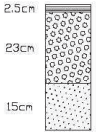
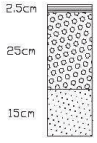
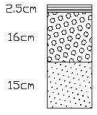
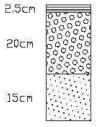
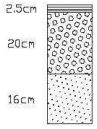
Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos (a cada 3 a 4 años).
4. Para su aplicación se deben respetar las limitaciones indicadas en el Manual (según el Cuadro 12.2-2):
a) Tráfico máximo en el carril de diseño, hasta 500,000 EE.
b) No aplica en tramos con pendiente mayor a 8%.
c) No aplica en tramos con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos.

Figura Nº 12.4

CATALOGO DE ESTRUCTURAS MICROPAVIMENTO

PERIODO DE DISEÑO 10 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000
CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$					
CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)					
> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)					
> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)					
> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)					
CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)					

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación Vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos (a cada 4 a 5 años).
4. Para su aplicación se deben respetar las limitaciones indicadas en el Manual (según el Cuadro 12.2-2):
a) Tráfico máximo en el carril de diseño, hasta 1'000,000 EE.

Figura Nº 12.5

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON MEZCLA ASFALTICA EN FRIO

PERIODO DE DISEÑO 10 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000
CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$					
CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	5cm / 18cm / 15cm / (*)	5cm / 25cm / 15cm / (*)	6cm / 25cm / 17cm / (*)	7cm / 25cm / 20cm / (*)	8cm / 25cm / 21cm / (*)
> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	5cm / 18cm / 15cm	5cm / 25cm / 15cm	6cm / 25cm / 17cm	7cm / 25cm / 20cm	8cm / 25cm / 21cm
> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	5cm / 26cm	6cm / 17cm / 15cm	7cm / 20cm / 15cm	8cm / 20cm / 16cm	8cm / 20cm / 20cm
> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 20cm	6cm / 25cm	7cm / 25cm	8cm / 26cm	8cm / 30cm
CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 17cm	6cm / 20cm	7cm / 22cm	8cm / 25cm	8cm / 25cm

Carpeta Asfáltica en Frío

Base Granular

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos (a cada 4 a 5 años).
4. Para su aplicación se deben respetar las limitaciones indicadas en el Manual (según el Cuadro 12.2-2):
a) Tráfico máximo en el carril de diseño, hasta 1'000,000 EE.

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON REFUERZO

PERIODO DE DISEÑO POR ETAPAS 10 AÑOS

Figura N° 12.6

Nrep. de EE. (2)			Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
Nrep. EE. hasta 10 años (1era Etapa)			60,000	60,001-120,000	120,001-200,000	200,001-300,000	300,001-400,000	400,001-600,000	600,001-1'200,000	1'200,001-2'000,000
Nrep. EE. Total 20 años (2da Etapa)			75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
1era Etapa	CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$	5cm / 22cm / (*)	5cm / 28cm / (*)	6cm / 30cm / (*)	6cm / 20cm / 15cm / (*)	6cm / 23cm / 15cm / (*)	7cm / 25cm / 15cm / (*)	8cm / 30cm / 15cm / (*)	9cm / 30cm / 18cm / (*)
	CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)								
2da Etapa	Refuerzo al año 10		6cm	6cm	5cm	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm
1era Etapa	> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	5cm / 22cm	5cm / 28cm	6cm / 30cm	6cm / 20cm / 15cm	6cm / 23cm / 15cm	7cm / 25cm / 15cm	8cm / 30cm / 15cm	9cm / 30cm / 18cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		6cm	6cm	5cm	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm
1era Etapa	> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	5cm / 18cm	5cm / 23cm	6cm / 23cm	6cm / 27cm	6cm / 29cm	7cm / 17cm / 15cm	8cm / 20cm / 16cm	9cm / 25cm / 15cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		4cm	5cm	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm	5cm
1era Etapa	> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	5cm / 16cm	6cm / 16cm	6cm / 20cm	6cm / 21cm	7cm / 22cm	8cm / 25cm	9cm / 26cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		Micropavimento e=2.5cm	5cm	5cm	5cm	6cm	6cm	6cm	6cm
1era Etapa	CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 16cm	6cm / 18cm	7cm / 18cm	8cm / 20cm	9cm / 21cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		Mortero Asfáltico e=1.2cm	Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=2.5cm	4cm	4cm	5cm	5cm	5cm

Carpeta y/o Refuerzo Asfáltico en Caliente (CAC)

Base Granular

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON REFUERZO

PERIODO DE DISEÑO POR ETAPAS 10 AÑOS

Figura N° 12.7

Nrep. de EE. (2)			Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
Nrep. EE. hasta 10 años (1era Etapa)			2'000,001-3'000,000	3'000,001-4'000,000	4'000,001-5'000,000	5'000,001-6'000,000	6'000,001-8'000,000	8'000,001-10'000,000	10'000,001-12'000,000
Nrep. EE. Total 20 años (2da Etapa)			5'000,001-7'500,000	7'500,001-10'000,000	10'000,001-12'500,000	12'500,001-15'000,000	15'000,001-20'000,000	20'000,001-25'000,000	25'000,001-30'000,000
1era Etapa	CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$							
	CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	10cm / 30cm / 22cm / (*)	10cm / 35cm / 21cm / (*)	11cm / 35cm / 21cm / (*)	11cm / 35cm / 24cm / (*)	12cm / 35cm / 25cm / (*)	13cm / 35cm / 30cm / (*)	13cm / 37cm / 31cm / (*)
2da Eta.		Refuerzo al año 10	6cm	6cm	6cm	6cm	5cm	5cm	6cm
1era Etapa	> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	10cm / 30cm / 22cm	10cm / 35cm / 21cm	11cm / 35cm / 21cm	11cm / 35cm / 24cm	12cm / 35cm / 25cm	13cm / 35cm / 30cm	13cm / 37cm / 31cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	6cm	6cm	6cm	6cm	5cm	5cm	6cm
1era Etapa	> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	10cm / 25cm / 17cm	10cm / 30cm / 16cm	11cm / 30cm / 15cm	11cm / 33cm / 15cm	12cm / 35cm / 15cm	13cm / 35cm / 20cm	13cm / 35cm / 20cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	6cm	6cm	6cm	6cm	5cm	5cm	6cm
1era Etapa	> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	10cm / 30cm	10cm / 20cm / 15cm	11cm / 20cm / 15cm	11cm / 20cm / 15cm	12cm / 22cm / 15cm	13cm / 25cm / 15cm	13cm / 25cm / 16cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	5cm	5cm	5cm	6cm	5cm	5cm	6cm
1era Etapa	CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	10cm / 23cm	10cm / 26cm	11cm / 26cm	11cm / 27cm	12cm / 15cm / 15cm	13cm / 17cm / 15cm	13cm / 20cm / 15cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	5cm	5cm	5cm	6cm	5cm	6cm	5cm

Carpeta y/o Refuerzo Asfáltico en Caliente (CAC)

Base Granular

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota:
1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
   a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
   b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
   c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

12.2.4 Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible con carpeta de mezcla asfáltica en caliente para volúmenes de tránsito de 75,000 EE a 30'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en una etapa de 20 años

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

Figura N° 12.8

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$								
CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	5cm / 25cm / (*)	6cm / 28cm / (*)	6cm / 20cm / 15cm / (*)	7cm / 20cm / 16cm / (*)	8cm / 20cm / 16cm / (*)	8cm / 25cm / 17cm / (*)	9cm / 25cm / 23cm / (*)	9cm / 30cm / 24cm / (*)
> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	5cm / 25cm	6cm / 28cm	6cm / 20cm / 15cm	7cm / 20cm / 16cm	8cm / 20cm / 16cm	8cm / 25cm / 17cm	9cm / 25cm / 23cm	9cm / 30cm / 24cm
> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	5cm / 20cm	6cm / 23cm	6cm / 26cm	7cm / 27cm	8cm / 27cm	8cm / 20cm / 15cm	9cm / 23cm / 15cm	10cm / 26cm / 15cm
> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	6cm / 16cm	6cm / 19cm	7cm / 19cm	8cm / 19cm	8cm / 23cm	9cm / 26cm	10cm / 28cm
CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	7cm / 15cm	8cm / 15cm	8cm / 18cm	9cm / 20cm	10cm / 22cm

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)

Base Granular

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódica mediante Sellos asfálticos, previo tratamiento del Pavimento existente.

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

Figura N° 12.9

EE		Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
		5'000,001-7'500,000	7'500,001-10'000,000	10'000,001-12'500,000	12'500,001-15'000,000	15'000,001-20'000,000	20'000,001-25'000,000	25'000,001-30'000,000
CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$							
CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	11cm / 30cm / 26cm / (*)	12cm / 35cm / 21cm / (*)	13cm / 35cm / 22cm / (*)	15cm / 35cm / 20cm / (*)	15cm / 35cm / 22cm / (*)	16cm / 40cm / 22cm / (*)	17cm / 40cm / 22cm / (*)
> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	11cm / 30cm / 26cm	12cm / 35cm / 21cm	13cm / 35cm / 22cm	15cm / 35cm / 20cm	15cm / 35cm / 22cm	16cm / 40cm / 22cm	17cm / 40cm / 22cm
> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	11cm / 30cm / 15cm	12cm / 30cm / 15cm	13cm / 30cm / 16cm	15cm / 30cm / 15cm	15cm / 30cm / 16cm	16cm / 30cm / 21cm	17cm / 30cm / 21cm
> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	11cm / 31cm	12cm / 31cm	13cm / 31cm	15cm / 31cm	15cm / 31cm	16cm / 22cm / 15cm	17cm / 22cm / 15cm
CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	11cm / 24cm	12cm / 24cm	13cm / 24cm	15cm / 24cm	15cm / 24cm	16cm / 27cm	17cm / 27cm

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)

Base Granular

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódica mediante Sellos asfálticos, previo tratamiento del Pavimento existente.

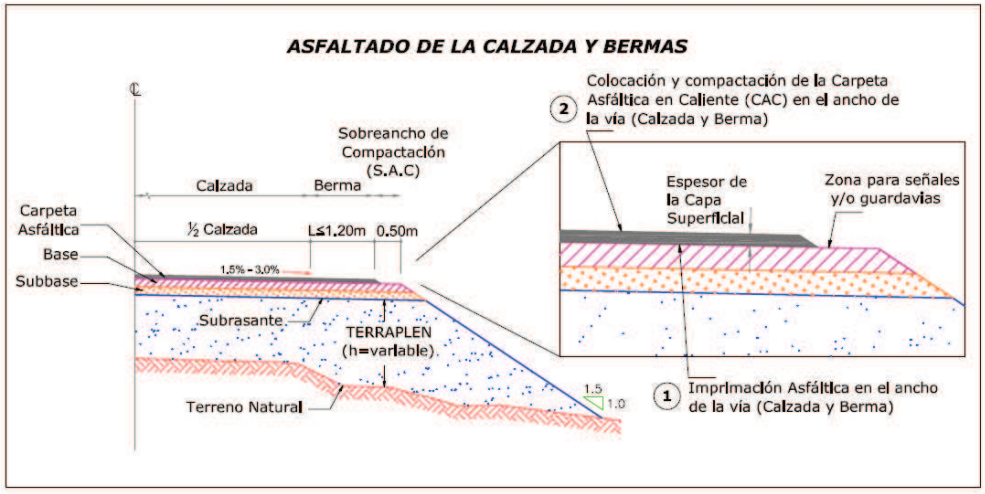
12.3 BERMAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Las bermas componen parte unívoca del pavimento a ser diseñado, manteniendo los mismos componentes estructurales. El propósito de las bermas es proporcionar un soporte lateral adecuado del borde del pavimento de la calzada e impedir la rotura de los bordes, asimismo incrementa la seguridad del usuario y con el ancho adecuado permite un refugio apropiado para los vehículos averiados.

Salvo justificación en contrario, las bermas de ancho igual o menor a 1.20 m será la prolongación de la estructura del pavimento de la calzada. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre el pavimento y la berma.

Figura 12.10

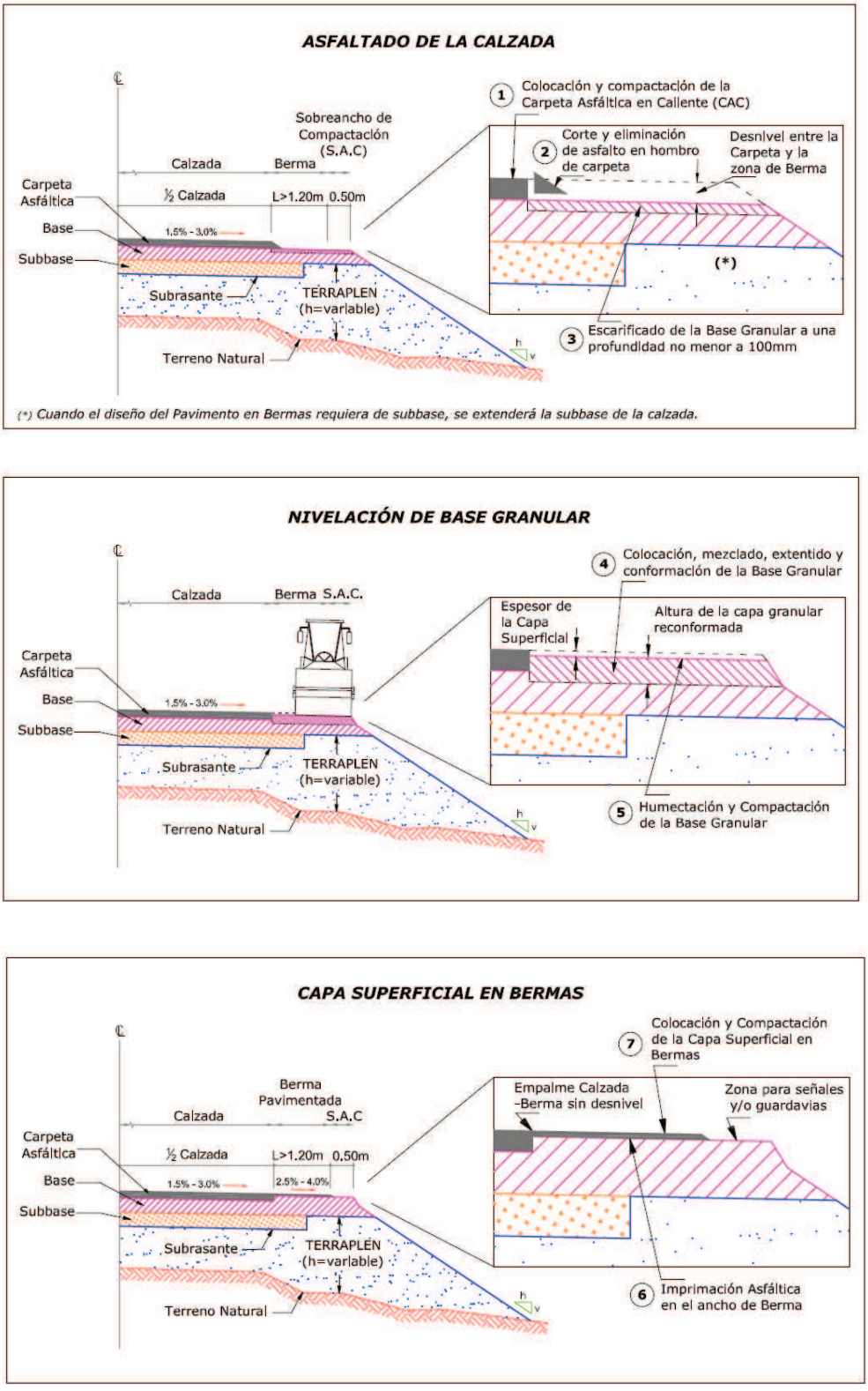
BERMAS L≤1.20m



En bermas de ancho superior a 1.20 m, la estructura de la berma dependerá de la categoría del tráfico prevista para el pavimento y de la sección adoptada en esta. Para el cálculo de su número estructural de diseño, se utilizará el 5% del total de Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes para el carril de diseño y el valor de CBR o el Mr de diseño de la calzada. La capa superficial será similar al de la calzada.

Figura 12.11

BERMAS L>1.20m



Cuando se trate de calzadas con capas superficiales de carpeta asfáltica en caliente, la capa superficial de las bermas podrá ser de carpeta asfáltica en caliente, carpeta asfáltica en frío, macadam asfáltico o micropavimento de 25 mm.

Los espesores mínimos recomendados de carpeta asfáltica en caliente, según el tipo de tráfico calculado para las bermas, serán los siguientes:

Cuadro 12.19
Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial Base Granular para Bermas

Trafico	Ejes equivalentes acumulados en Bermas		Capa Superficial	Base Granular
T_{PB0}	≤ 150,000		Carpeta Asfáltica en Caliente: 40mm	150 mm
T_{PB1}	150,001	300,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 50mm	150 mm
T_{PB2}	300,001	500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 60mm	150 mm
T_{PB3}	500,001	750,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 70mm	150 mm
T_{PB4}	750 001	1,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
T_{PB5}	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm	200 mm
T_{PB6}	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm	200 mm

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

El espesor mínimo constructivo en carpeta asfáltica en caliente es 40 mm; por lo que de resultar un menor espesor al indicado, se podrá emplear como capa superficial de la berma, su equivalente estructural en espesor de carpeta asfáltica en frío, macadam asfáltico o un micropavimento de 25 mm.

Para los siguientes casos particulares, el pavimento en bermas se diseña con las mismas características de la estructura del pavimento de la calzada:

a) Cuando en determinados casos, teniendo en cuenta las condiciones del tráfico, la geometría de la carretera y especialmente el clima frío y la altitud mayor a 3000 msnm, las bermas tendrán tener la misma estructura del pavimento de la calzada aprovechando las ventajas constructivas y permitiendo así, darle soporte lateral y protección a la estructura del pavimento de la calzada.

b) En caso de tráfico importante, donde el Ingeniero diseñador responsable ha previsto el uso eventual de las bermas como carriles adicionales.

c) Cuando la estructura de pavimento esté compactada por una base tratada con asfalto, con cal o con cemento, la carpeta asfáltica de la berma tendrá el mismo espesor de la carpeta asfáltica de rodadura de la calzada.

Para fijar los espesores de las capas que componen la berma se tendrá en cuenta la distribución de capas del pavimento de la calzada, a fin de coordinar su construcción. Si a mediano plazo fuera previsible ensanchar el pavimento a costa de la berma, se procurará adoptar una solución con capas y espesores adaptados a dicha previsión.

Por exigencias de seguridad de la circulación vial, las bermas empalmarán con la misma rasante que la calzada, de manera que no haya un escalón entre ambas superficies. Se admitirá un desnivel entre calzada y berma de hasta 15 mm en sólo el 10% de la longitud de la berma.

En el caso de que la calzada dispusiera de una capa o elemento inferior drenante o de separación, éstos se prolongarán bajo la berma hasta conectar con un sistema de drenaje adecuado.

12.4 REFUERZO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Este acápite se aplica en los estudios y proyectos de refuerzo o renovación superficial de pavimentos flexibles existentes. Sólo será aplicable a refuerzos y capas de pavimento que se proyecten con los materiales considerados en el capítulo 11, cuando los materiales sean diferentes de los considerados en el capítulo 11, deberán justificarse las soluciones adoptadas.

12.4.1 NECESIDAD DE REFUERZO DEL PAVIMENTO

La necesidad de refuerzo de un pavimento flexible, puede determinarse por lo siguiente:

a. Insuficiencia estructural del pavimento: definida en base a una evaluación superficial y estructural del pavimento. En este caso, el refuerzo resulta necesario por haberse cumplido o estar próximo a cumplir la vida útil del pavimento.

b. Crecimiento del tráfico mayor al previsto: el tráfico es una de las variables del diseño de pavimentos, y un incremento mayor al previsto hace necesario el análisis para la aplicación de un refuerzo.

c. Costos de Conservación excesivos: está relacionado con el planteamiento de una estrategia de conservación vial del pavimento, donde se han fijado las políticas o actividades de conservación y determinado las intervenciones y los costos de conservación rutinaria y periódica del pavimento para el periodo de su vida útil. La aplicación de las actividades de conservación en cantidades mayores a las previstas generará mayores costos de conservación y es un indicativo de que el

comportamiento del pavimento no está de acuerdo al previsto; en tal sentido, es necesario el análisis para la aplicación de un refuerzo.

12.4.2 FACTORES BÁSICOS PARA DEFINIR EL REFUERZO DEL PAVIMENTO

El refuerzo del pavimento debe permitir prolongar su vida útil para resistir la acción del tráfico proyectado, en condiciones de serviciabilidad adecuada y con los costos de conservación de acuerdo a lo previsto para el tipo de carretera y pavimento.

Los factores básicos para definir el refuerzo del pavimento son los siguientes:

- Estado superficial del pavimento
- Capacidad estructural del pavimento existente, determinada mediante mediciones de deflexiones.
- Necesidad de regularización superficial del pavimento existente, transversal y/o longitudinal.
- Estructura del pavimento existente
- Naturaleza y estado de la plataforma del camino (cortes y rellenos)
- Estado del sistema de drenaje de la carretera (superficial y subterráneo)
- Tráfico pesado acumulado previsible para el nuevo periodo de diseño.
- Ensanche o ampliación del pavimento existente, que obligue reforzar la estructura existente.
- Desvío de tráfico sobre un pavimento donde no estaba previsto la circulación de tráfico pesado o es mayor al previsto.
- Tipos de materiales a emplear en el refuerzo.

12.4.3 TRÁFICO PARA EL REFUERZO DEL PAVIMENTO

La estructura del pavimento a reforzar o renovar superficialmente dependerá del número y características de los vehículos pesados que se prevea vayan a circular por el carril de diseño durante el periodo del proyecto. Este periodo será como mínimo de 5 años y como máximo de 10 años.

Para la determinación del tráfico de diseño se seguirán los criterios indicados en el capítulo 6 Tráfico Vial del presente Manual. Es decir efectuando los estudios de tráfico, con conteos volumétricos clasificados por tipo de vehículos, carga por eje, proyección y definición del número de ejes equivalentes de 8.2 t sobre el carril de diseño en el periodo de diseño.

12.4.4 FALLAS EN EL PAVIMENTO

La incidencia de factores de distinto origen determinan alteraciones de la superficie de rodadura de los pavimentos flexibles que perjudican la seguridad, comodidad y rapidez con que debe circular el tráfico presente y el futuro.

El propósito fundamental de la renovación superficial y el refuerzo, es corregir los defectos de la superficie de rodadura del pavimento existente, que perjudican la seguridad, comodidad y rapidez con que debe circular el tráfico presente y el futuro, para alcanzar un grado de serviciabilidad adecuado durante un periodo de tiempo suficientemente prolongado que justifique la inversión requerida.

Las causas de defectos o fallas en el pavimento son de distinto origen y naturaleza, de los cuales mencionamos los siguientes:

- Exagerado incremento de las cargas circulantes: ya sea en peso o en frecuencia, con respecto a las previstas en el diseño original, y que se traducen en un infradiseño.
- Deficiencias en el proceso constructivo: espesores menores que los previstos, elaboración inadecuada de las mezclas y estabilizaciones, deficiencias en el proceso de distribución, compactación o terminación, factores todos que traen como consecuencia una disminución de la calidad de los materiales y un debilitamiento estructural del pavimento.
- Proyecto deficiente: que da lugar a espesores menores de lo que realmente requiere la carretera.
- Factores climáticos regionales: excesivamente desfavorables o que no pudieron preverse en el proyecto y/o construcción, tales como la elevación de la napa freática, inundaciones, lluvias prolongadas, insuficiencias del drenaje superficial o subterráneo proyectado, variaciones térmicas externas, fenómenos de congelamiento, presencia de sales nocivas, etc.
- Deficiente conservación vial: por escasez de equipos, de fondos ó de personal capacitado; por empleo de materiales y/o técnicas inadecuadas; o bien, por falta total de conservación.

La identificación de la causa más probable de una determinada falla, es de fundamental importancia para la evaluación de la misma, aunque muchas veces resulte de difícil apreciación. Para tal fin, puede tenerse en cuenta primariamente la localización de la misma, su evolución en los distintos sectores del tramo, la consideración de los factores tráfico – clima - drenaje, etc. La comprobación definitiva podrá obtenerse una vez finalizados los estudios de evaluación estructural

La apreciación de las causas de las fallas observadas debe conducir a la diferenciación de dos casos globales en los que debe identificarse la falla analizada:

- Fallas superficiales: comprende los defectos de la superficie de rodadura debido a fallas de la capa asfáltica superficial propiamente dicha y no guardan relación con la estructura del pavimento.
- Fallas estructurales: comprende los defectos de la superficie de rodadura cuyo origen es una falla en la estructura del pavimento, es decir afecta a una o más capas del pavimento.

Las fallas de tipo superficial se corrigen regularizando la superficie y confiriéndole la necesaria impermeabilidad y rugosidad. Ello se logra con capas asfálticas delgadas que poco aportan estructuralmente, fresados y capas nivelantes.

En cambio cuando se trata de fallas estructurales, es necesario un refuerzo sobre el pavimento existente (previa reparación de las fallas detectadas y de ser necesario de fresados y capas nivelantes) o una reconstrucción para que el conjunto responda a las exigencias del tráfico presente y futuro.

12.4.5 SERVICIABILIDAD – REGULARIDAD SUPERFICIAL

La satisfacción de los usuarios se manifiesta, fundamentalmente, por la calidad en que se encuentra la superficie de rodadura y los elementos que constituyen la seguridad vial.

AASHTO (American Association of State Highways and Transportation Officials), fue la primera en sistematizar un procedimiento objetivo para establecer el nivel de deterioro de los pavimentos, procurando relacionar la condición funcional con la estructural.

Para el efecto introdujo el concepto de Present Serviciability Index (PSI), que fue derivado de una encuesta efectuada en la década del 60 entre usuarios de carreteras en los Estados Unidos.

El Present Serviciability Index o la serviciabilidad fue definida como la capacidad de un pavimento para servir al tránsito para el cual fue diseñado. Los pavimentos fueron calificados con notas cuyos valores extremos variaban desde 0, para un camino intransitable, hasta 5 para una superficie en perfectas condiciones (situación ideal).

Cuadro 12.20
Escala de Indice de Serviciabilidad

Indice de Serviciabilidad	Calidad
5	Muy Buena
4	
3	Buena
2	Regular
1	Mala
0	Pésima

Fuente: Guía AASHTO

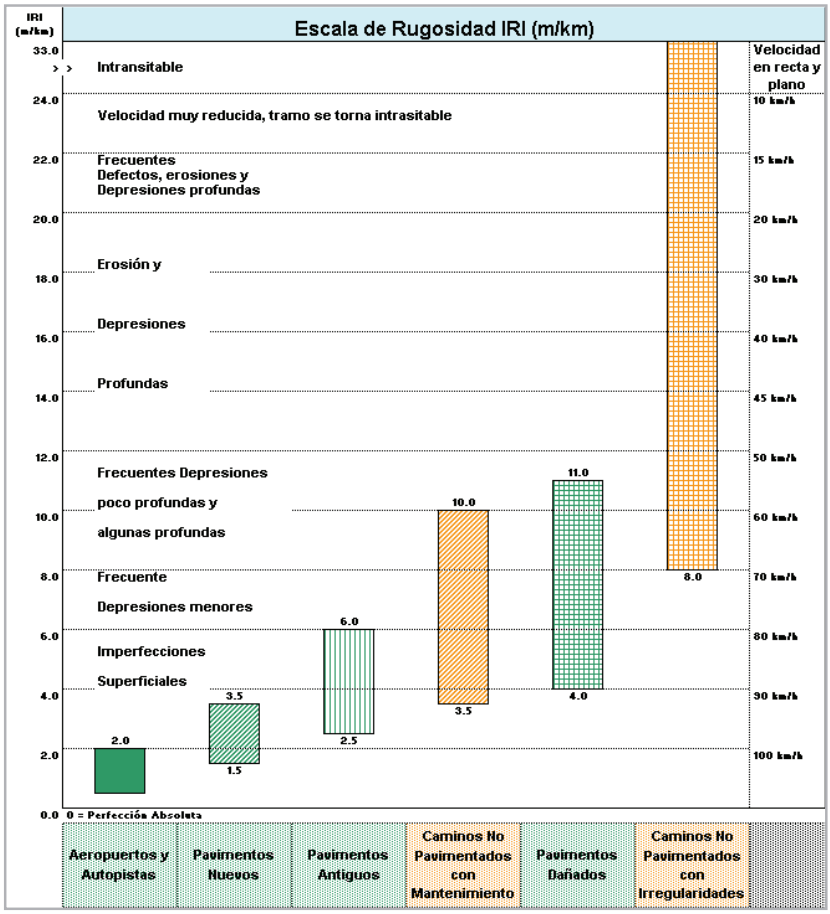
La calificación del estado de un pavimento a través del PSI o el Índice de Serviciabilidad es el resultado de una apreciación visual de la condición superficial de un pavimento.

A partir del estudio Brasil (GEIPOT, 1982; Paterson, 1987), se evaluaron y modelaron los efectos físicos de deterioro y mantenimiento del pavimento, definiéndose un nuevo indicador, que se denominó Indice de Rugosidad Internacional o IRI, que representa la regularidad superficial de un pavimento y afecta la operación vehicular, en cuanto a seguridad, confort, velocidad de viaje y desgaste de partes del vehículo.

Los estudios del Banco Mundial permiten determinar la rugosidad tanto con equipos debidamente calibrados, como a partir de evaluaciones visuales que relacionan el tipo y estado general del pavimento con la velocidad de operación de los vehículos.

A continuación se presenta un gráfico (traducido y adaptado de "Guidelines for conducting and calibrating road roughness measurements", Sayers M.W., Gillespie T.D., Paterson W.D; World Bank Technical Paper Number No 46, 1986), donde se muestra escalas de rugosidad para distintos tipos de pavimento y condición.

Figura 12.12
Escala de Rugosidad IRI (m/km)



La medición de rugosidades se efectuará de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Para la rugosidad inicial de un pavimento nuevo y de un pavimento existente reforzado, asimismo para la rugosidad durante el periodo de servicio, se recomienda los siguientes valores:

Cuadro 12.21
Rugosidad Inicial IRI m/km)
Según Tipo de Carretera con Carpeta Asfáltica en Caliente

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante el Periodo de Servicio IRI (m/km)	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/dia, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85%

12.4.6 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL POR DEFLECTOMETRÍA

La evaluación superficial se complementa con la evaluación estructural mediante la medición de deflexiones con equipos. Asimismo, en muchos casos es necesario recurrir también a la realización de calicatas, sondeos, toma de muestras y ensayos de laboratorio para verificar las hipótesis deducidas de la evaluación superficial.

La deflectometría es el estudio de las deformaciones verticales de la superficie de una calzada, a consecuencia de la acción de una determinada carga o solicitación.

La deflexión es una medida de la respuesta del conjunto "pavimento – subrasante" frente a una determinada solicitación, indicando la adecuabilidad del pavimento desde el punto de vista estructural.

La medición deflexiones se efectuará según lo especificado en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC. Una vez efectuadas las mediciones se elaborará un deflectograma, que permite analizar la variabilidad de la capacidad estructural del pavimento existente, para finalmente determinar los sectores de características o comportamiento homogéneo, definiendo para cada sector homogéneo la correspondiente deflexión característica, que es el valor que mejor representa un determinado sector.

Cuadro 12.22
Definición de Deflexión Característica
Según Tipo de Carretera

Tipo de Carretera	Deflexión Característica Dc	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	Dc = Dm + 1.645xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/dia, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	Dc = Dm + 1.645xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Dc = Dm + 1.645xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Dc = Dm + 1.282xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Dc = Dm + 1.282xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	Dc = Dm + 1.036xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 85%

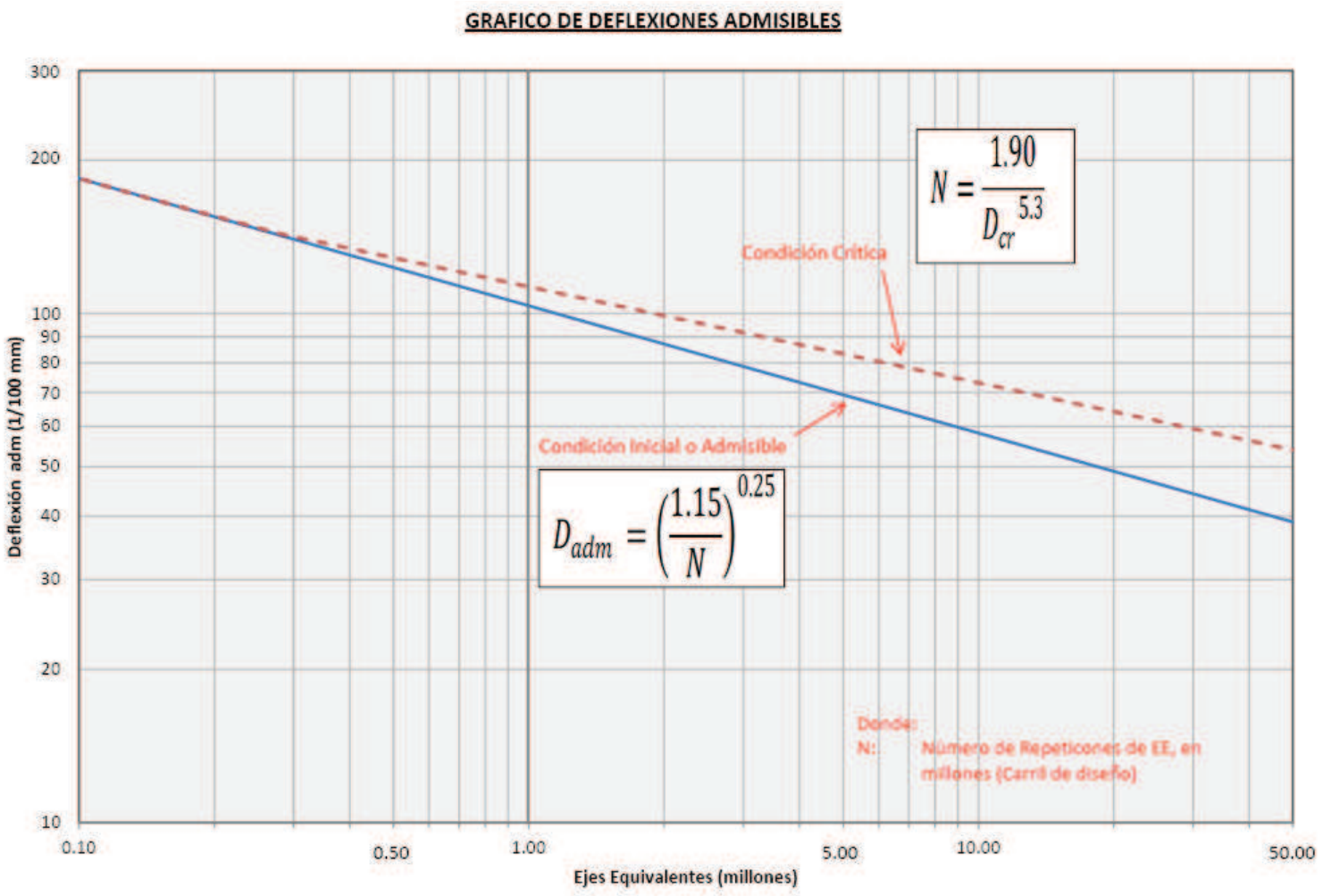
Nota: Dc = Deflexión característica, Dm = Deflexión media, ds = desviación estándar

Las deflexiones se comparan con el valor límite admisible, que es la deflexión tolerable que garantiza un comportamiento satisfactorio del pavimento en relación con el tráfico que debe soportar. Para el presente manual se ha adoptado la relación propuesta para el paquete estructural del pavimento, por CONREVIAL (Estudio de Rehabilitación de Carreteras del País. MTC-Perú):

$$Dadm = (1.15/N)^{0.25}$$

Donde:
Dadm = Deflexión admisible en mm (a comparar con deflexiones viga Benkelman)
N = Número de repeticiones de ejes equivalentes en millones

Figura 12.13



Fuente: Elaboración propia en base al Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País - CONREVIAL

Las deflexiones características y admisible, se comparan mediante un análisis combinado de los resultados de la evaluación, presentándose una serie posibilidades que merecen ser analizadas para finalmente establecer la capacidad estructural del pavimento existente en relación al tráfico y cargas circulantes, definiendo sí la estructura del pavimento es adecuada y sólo requiere de una renovación superficial; o, se encuentra fatigada y requiere un refuerzo estructural; o, es una estructura deficiente y requiere una reconstrucción parcial o total.

Para la diferenciación de casos que podrían presentarse en el análisis de la evaluación se presenta el siguiente cuadro, el mismo que compara la deflexión característica con la admisible, en función del tráfico futuro:

Cuadro 12.23
Análisis Combinado de los Resultados de la Evaluación

<table>
<tr><th>PRIMER PASO</th><th>SEGUNDO PASO</th><th>TERCER PASO</th><th>CUARTO PASO</th><th>CASOS</th></tr>
<tr><td rowspan="5">1º La deflexión característica resulta:</td><td>SUPERIOR
2º Hay fallas de origen estructural?</td><td colspan="2">NO:
Estructura infradiseñada para el tráfico previsto</td><td>PRIMER CASO
Pavimento necesita con urgencia un refuerzo estructural para resistir el tráfico previsto</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">SI:
3º Existe una capa débil inmediata debajo de las capas asfálticas?</td><td>NO:
Las fallas se deben a otra causas</td><td>SEGUNDO CASO
Este es el paso avanzado del primer caso, cuando no se han tomado a tiempo las medidas necesarias</td></tr>
<tr><td>SI:
Radio de curvatura pequeño
(menor ó igual a 80m)</td><td>TERCER CASO
Está caracterizado por la presencia de una capa débil subyacente a la asfáltica, que determina que la deformación de esta última bajo cargas no encuentra apoyo suficiente y sea mayor a la que le correspondería en ausencia del espesor débil.</td></tr>
<tr><td>IGUAL O INFERIOR
2º Hay fallas de origen estructural?</td><td colspan="2">NO:
Corregir fallas de origen superficial</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>SI:
3º De que tipo?</td><td>Fallas por fatiga (piel de cocodrilo)
Radio de curvatura pequeño (menor o igual a 80 m)
Capa débil inmediatamente debajo de las asfálticas</td><td>TERCER CASO
En este caso los radios de curvatura de la línea de deflexión son reducidos y el desarrollo del fisuramiento en forma de piel de cocodrilo es posible aún con deflexiones admisibles</td></tr>
</table>

PRIMER PASO	SEGUNDO PASO	TERCER PASO	CUARTO PASO	CASOS
			Fallas por deformación permanente de la fundación que se traducen en depresiones, ahuellamiento marcado (mayor a 12 mm), ondulaciones, etc	**CUARTO CASO** Se caracteriza por el desarrollo de deformaciones permanentes, en particular ahuellamiento en la zona de canalización del tráfico, no atribuibles a desplazamientos plásticos de las capas asfálticas por deficiente estabilidad o compactación, es decir que afectan a toda la estructura. Se trata por lo general de pavimentos antiguos que han sido reforzados con capas asfálticas de espesor suficiente para evitar las fallas por fatiga pero insuficientes para compensar la debilidad de la fundación original. En estos casos las medidas de deflexión pueden no ser significativas, aquí lo más importantes es apreciar el valor portante de la fundación y el aporte estructural que aún puede prestar el pavimento original y las capas asfálticas de refuerzo existentes.

Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País - CONREVIAL

Como resultado de estos estudios y del análisis de la magnitud, severidad y frecuencia de las degradaciones superficiales, se determinarán los sectores que requieren de trabajos de renovación superficial, refuerzo estructural o reconstrucción parcial o total.

12.4.7 Renovación Superficial

La renovación superficial de un pavimento consiste en restaurar sus características superficiales, no tiene por objeto aumentar la capacidad resistente del pavimento, aun cuando en determinados casos pueda mejorar su capacidad estructural.

Las condiciones que justifican una renovación superficial de un tramo de carretera son las siguientes:

1) No es necesario un refuerzo, pero el estado superficial del pavimento presenta deficiencias que afectan a la seguridad vial, la comodidad del usuario o la durabilidad del pavimento. Entre estas deficiencias se cita las siguientes:

Pavimento deslizante por pulido ó por falta de macrotextura

Cuadro 12.24
Textura Superficial

TEXTURA SUPERFICIAL	SUPERFÍCIE DE RODADURA TRATAMIENTO SUPERFICIAL		SUPERFÍCIE DE RODADURA MEZCLA ASFÁLTICA	
	TEXTURA (MM)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN (SCRIM A 50 KM/H)	TEXTURA (MM)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN (SCRIM A 50 KM/H)
Buena	1.50	0.60	0.70	0.50
Regular	0.70	0.45	0.50	0.40
Mala (superficie resbaladiza)	0.30	0.30	0.30	0.30

Fuente: HDM4 Tabla de parámetros globales

- Pavimento deformado longitudinal ó transversalmente, con una rugosidad (IRI) inadecuada.
- Pavimento fisurado, cuya estructura no presenta deficiencias.

2) Realizada la tramificación, se evidencian tramos cortos, que no requieren refuerzo ni renovación superficial, pero al estar adyacente a otros tramos que sí lo necesitan, resulta necesario, por razones funcionales, aplicar una renovación superficial para obtener una homogeneidad de la capa de rodadura. Este criterio se hace extensivo a los tramos donde se evidencie por alguna razón justificada, que en el corto plazo será necesario un refuerzo o renovación superficial.

Los procedimientos de renovación superficial se clasifican en tres grupos:

a) Con aporte de material:

- Mezcla asfáltica
- Micropavimento
- Tratamientos superficiales
- Sellos o Lechadas asfálticas
- Otros procedimientos, cuya posible utilización deberá ser analizada en cada caso.

b) Con sustitución de material:

Supone la remoción de la capa o capas afectadas y su sustitución por otras nuevas de características adecuadas.

La técnica de remoción de capas más utilizada es el fresado. Este procedimiento suele emplearse en el caso de pavimentos con ahuellamientos por deformación plástica de sus mezclas bituminosas. El ahuellamiento en la superficie de rodadura, es una depresión longitudinal a lo largo de las huellas de canalización del tránsito, de longitud mayor de 6m, pueden subdividirse en:

i. Ahuellamiento de pequeño radio de influencia, cuya causa principal se debe a un espesor insuficiente para el tránsito.

ii. Ahuellamiento de gran radio de influencia, cuya causa principal se debe a la falta de estabilidad del suelo de fundación / pavimento.

Para definir la magnitud del ahuellamiento, se recomienda los siguientes valores:

Cuadro 12.25
Magnitud del Ahuellamiento (mm)

DESCRIPCIÓN	ESCASA	MODERADA	SEVERA
Ahuellamiento (mm)	< 6 mm	6 a 12 mm	> 12 mm

Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País - CONREVIAL

c) Por tratamiento de la superficie del pavimento, se presentan algunas reparaciones típicas recomendadas por AASHTO:

Cuadro 12.26
Reparaciones y Procedimiento Preventivos para Pavimento Flexible (AASHTO 93)

DETERIORO	REPARACIONES	PROCEDIMIENTOS PREVENTIVOS
Fisuras en piel de cocodrilo	Reparación en espesor total	Sellado de fisuras
Exudación	Aplicar arena caliente	
Fisuras en bloque	Sellado de fisuras	
Depresión	Capa Nivelante	
Agregados pulidos	Resistencia al deslizamiento Tratamiento superficial. Sello	
Baches	Parchado Profundo	Sellado de fisuras y sellos de capa
Bombeo	Parchado Profundo	Sellado de fisuras y sellos de capa
Descascaramiento y oxidación	Sellos de capa	Sello o Lechada Asfáltica rejuvenecedor
Ahuellamiento	Capa Nivelante y Fresado en frío	
Abultamiento	Remoción y reemplazo	Impermeabilización de la berma

12.4.7 REFUERZO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Para el cálculo de refuerzos de pavimentos flexibles se ha utilizado como parámetro fundamental la deflexión del pavimento; no obstante, si bien es empleada como indicador de debilidad estructural, finalmente es la observación de la condición del pavimento, manifestada a través de las fallas o defectos en su superficie, quién indica la necesidad de llevar a cabo un refuerzo.

El refuerzo recomendado en este manual es un refuerzo de mezcla asfáltica en caliente, que se aplicará cuando se presenten el primero y segundo caso del análisis combinado de la evaluación estructural. Para el tercer y cuarto caso, el Ingeniero Proyectista podrá utilizar otras metodologías, llevando a cabo una evaluación de la capacidad portante y el análisis estructural de las capas del pavimento existente, definiendo la reducción de su capacidad por el deterioro de las capas del pavimento; en este caso es importante la ejecución de calicatas y ensayos de laboratorio que contribuirán en el análisis para determinar el refuerzo o la reconstrucción de ser necesario.

El catálogo de espesores de refuerzo asfáltico, presenta una zona donde los espesores de refuerzo son mayores a 150mm y las deflexiones son altas, para estos casos se recomienda realizar un estudio especial. Este estudio requerirá, en general, la realización de calicatas y toma de muestras de los materiales de las capas del pavimento y de la subrasante para su ensayo y calificación en el laboratorio; asimismo, verificarán los espesores de las capas, grado de compactación, humedad, etc.

En el refuerzo de los pavimentos aparecen algunos problemas constructivos, cuyo detenido estudio debe ser la base para la adopción de la solución más correcta en cada caso; por ejemplo, considerar:

- El mantenimiento del tráfico durante la ejecución de los trabajos en condiciones aceptables, puede ser causa determinante de la elección del tipo de refuerzo.
- Sí el pavimento está muy deformado, será necesario fresarlo o reperfilarlo antes del refuerzo o mediante la aplicación de una primera capa nivelante
- El aumento de espesor de la calzada crea un desnivel con las bermas, que por seguridad vial deben ser también niveladas.
- Como se ha indicado anteriormente, en el acápite de renovación superficial, previo al refuerzo debe repararse la capa superficial del pavimento existente.
- Debe analizarse la probable reflexión de fisuras y su atenuación.
- También debe tenerse en cuenta las posibles mejoras de drenaje.
- La solución de los eventuales problemas que puedan presentarse en ensanches del pavimento, en pequeñas correcciones de trazado y en la ejecución de bermas.

Para los pavimentos flexibles no se utilizarán soluciones de refuerzo con capas granulares sin tratar, el Ingeniero Proyectista podrá proponer otras soluciones de refuerzo, como el refuerzo con pavimento de concreto hidráulico. En este caso, se tendrá en cuenta que el pavimento flexible existente será la base del nuevo pavimento de concreto hidráulico, y requiere de una preparación previa, considerando lo siguiente:

- De ser el caso, se procederá a la mejora del drenaje.
- Reparaciones localizadas
- De ser necesario se efectuarán ensanches de la calzada y bermas
- Barrido enérgico de la superficie asfáltica existente.
- De ser el caso se colocará una capa nivelación de mezcla asfáltica o con base tratada con cemento o en todo caso se fresará la capa asfáltica para eliminar las irregularidades de la superficie asfáltica.
- Finalmente la superficie asfáltica existente debe quedar lo suficientemente homogénea y estable para servir de base de apoyo al pavimento de concreto hidráulico.
- El espesor de refuerzo con pavimento de concreto o rígido, será calculado para un periodo mínimo de 20 años.

Figura Nº 12.14

CATALOGO DE REFUERZOS DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Dc (1/100 mm) \ EE	Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
	75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
⩽ 20								
20–40								
40–60	RENOVACION SUPERFICIAL MEDIANTE SELLOS ASFALTICOS O MORTEROS ASFALTICOS							
60–80							Micropavimento e=25mm	Micropavimento e=25mm
80–100						Micropavimento e=25mm	4cm	7cm
100–120				Micropavimento e=25mm	Micropavimento e=25mm	4cm	7cm	9cm
120–140		Micropavimento e=25mm	Micropavimento e=25mm	4cm	5cm	6cm	9cm	12cm
140–160		Micropavimento e=25mm	4cm	5cm	6cm	8cm	11cm	14cm
160–180	Micropavimento e=25mm	4cm	5cm	7cm	8cm	10cm	13cm	15cm
180–200	Micropavimento e=30mm	5cm	7cm	8cm	9cm	11cm	14cm	ESTUDIO ESPECIAL

Refuerzo con Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)

Fuente: Elaboración propia en base a CONREVIAL.

Nota:
1. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
2. Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
3. Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años .
4. Refuerzo con Mezcla Asfáltica en Caliente, colocado previa reparación de fisuras, grietas, baches, fresado y/o colocación de capa nivelante.

Figura 12.15

CATALOGO DE REFUERZOS DE PAVIMENTO FLEXIBLE

DC (1/100 mm) \ EE	Tp8 5'000,001-7'500,000	Tp9 7'500,001-10'000,000	Tp10 10'000,001-12'500,000	Tp11 12'500,001-15'000,000	Tp12 15'000,001-20'000,000	Tp13 20'000,001-25'000,000	Tp14 25'000,001-30'000,000
⩽ 20	RENOVACION SUPERFICIAL MEDIANTE SELLOS ASFALTICOS O MORTEROS ASFALTICOS						
20–40							
40–60		Micropavimento e=25mm	Micropavimento e=25mm	Micropavimento e=25mm	4cm	5cm	6cm
60–80	5cm	6cm	7cm	8cm	10cm	11cm	12cm
80–100	8cm	10cm	11cm	12cm	14cm	15cm	
100–120	11cm	13cm	14cm	15cm			
120–140	14cm	15cm					
140–160				ESTUDIO ESPECIAL			
160–180							
180–200							

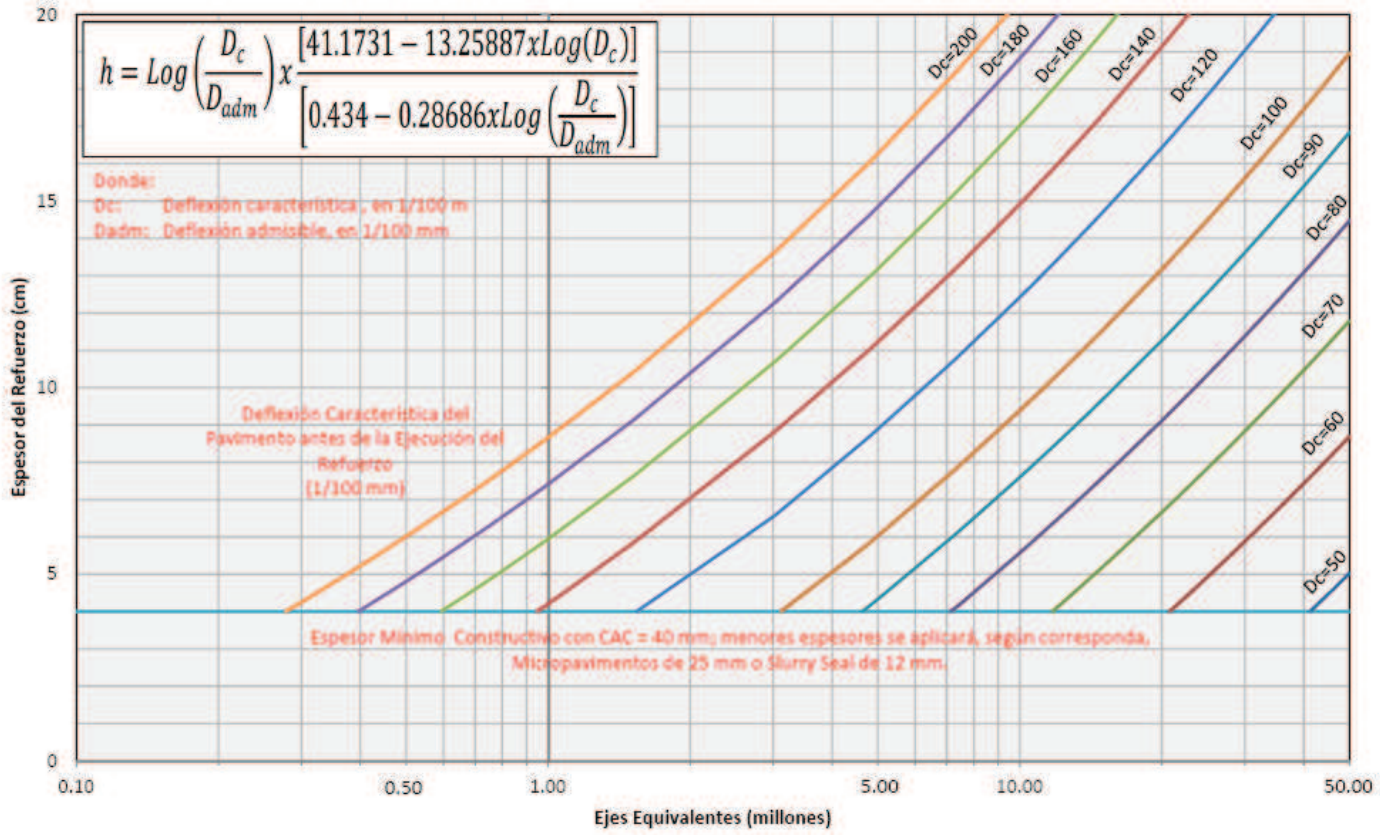
Refuerzo con Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)

Fuente: Elaboración propia en base a CONREVIAL.

Nota: 1. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
2. Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
3. Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años .
4. Refuerzo con Mezcla Asfáltica en Caliente, colocado previa reparación de fisuras, grietas, baches, fresado y/o colocación de capa nivelante.

Figura 12.16

ABACO PARA EL CALCULO DE ESPESORES DE REFUERZO EN CARPETA ASFALTICA



Fuente: Elaboración propia en base al Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País - CONREVIAL

CAPITULO XIII

PAVIMENTOS SEMIRRIGIDOS

13. PAVIMENTOS SEMIRRIGIDOS

Comprende los pavimentos cuya estructura está compuesta por una capa asfáltica y bases tratadas con asfalto, con cemento y con cal, esta solución se recomienda aplicar sobre subrasantes de categoría buena o con CBR ≥ 20% y para tráficos mayores a 1'000,000 de EE.

En este tipo de pavimentos semirrígidos el Manual incluye los adoquines de concreto, que son pavimentos que en este manual se recomienda utilizar en los tramos donde la carretera atraviese poblados y para tráficos menores o iguales a 15'000,0000 de EE.

13.1 PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO CON CARPETA ASFÁLTICA Y BASE TRATADA

13.1.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para los diseños de los pavimentos semirrígidos con carpeta asfáltica en caliente y base tratada, el presente manual mantiene los criterios de diseño especificados para los pavimentos flexibles en el Capitulo 12. Se respetan los espesores mínimos de carpeta asfáltica en caliente, según rangos de tráfico (ver Cuadro 12.1), y a partir de ello se determina el espesor necesario de base tratada, cumpliendo así con el numero estructural requerido por la estructura del pavimento.

1) Se aplica a caminos que tienen un tránsito mayor de 1'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño. En este caso el manual contempla como periodo de diseño 20 años, considerando en dos etapas de 10 años y en una sola etapa de 20 años.

2) Se aplica sobre subrasantes de categoría buena o con CBR ≥ 20%, sobre la cual se coloca la base tratada con asfalto, con cemento o con cal. En este tipo de pavimento semirrígido no se han considerado capas granulares de base o subbase.

Con base en estos dos parámetros, tránsito expresado en ejes equivalentes (EE) y CBR de subrasante correlacionado con módulo resilente, se definirán las secciones de pavimento que se encuentran especificadas en los catálogos de estructuras de pavimento semirrígido.

Los coeficientes estructurales utilizados en este manual para las capas del pavimento semirrígido son:

Cuadro 13.1
Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento a_i

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
Capa Superficial			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base			
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm^2)	a_{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm^2)	a_{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

13.1.2 SECCIONES DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO

Para determinar las secciones de estructuras de pavimento flexible, se consideraron los siguientes espesores mínimos recomendados:

Cuadro 13.2
Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial Asfáltica

TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		CAPA SUPERFICIAL
T_{P5}	1,000,001	1,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 80mm
T_{P6}	1,500,001	3,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm
T_{P7}	3,000,001	5,000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 90mm
T_{P8}	5,000,001	7,500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 100mm
T_{P9}	7,500,001	10'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 110mm
T_{P10}	10'000,001	12'500,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 120mm
T_{P11}	12'500,001	15'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 130mm
T_{P12}	15'000,001	20'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 140mm
T_{P13}	20'000,001	25'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm
T_{P14}	25'000,001	30'000,000	Carpeta Asfáltica en Caliente: 150mm

Fuente: Elaboración Propia, estimado en base a datos de la Guía AASHTO'93

Las secciones de estructuras de pavimento flexible, que se recomiendan en el Manual, están en función al tipo de suelos (rango de CBR de diseño) y el tráfico vial expresado en número de ejes equivalentes, son las siguientes:

13.1.2a Catálogos de Números Estructurales (SN) adoptados por tipo de tráfico y de subrasante.

13.1.2b Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Semirrígido con base tratada con asfalto, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en dos etapas de 10 años (total 20 años). Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

13.1.2c Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Semirrígido con base tratada con cemento, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en dos etapas de 10 años (total 20 años). Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

13.1.2d Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Semirrígido con base tratada con cal, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en dos etapas de 10 años (total 20 años). Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

13.1.2e Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Semirrígido con base tratada con asfalto, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en una etapa de 20 años. Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

13.1.2f Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Semirrígido con base tratada con cemento, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en una etapa de 20 años. Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

13.1.2g Secciones Ilustrativas y Referenciales de Estructuras de Pavimento Flexible con base tratada con cal, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en una etapa de 20 años. Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente. No sustituye al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

13.1.2a Catálogos de Números Estructurales (SN) adoptados por tipo de tráfico y de subrasante

Cuadro 13.3

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) ADOPTADOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUBRASANTE - Periodo de Diseño 20 años
Carpeta Asfáltica en Caliente + Base Tratada con Asfalto + Sub Base Granular

TIPO DE SUBRASANTE / CLASE TRANSITO	Inadecuada	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
	CBR < 3% (*)	3% ≤ CBR < 6% (*)	6% ≤ CBR < 10%	10% ≤ CBR < 20%	20% ≤ CBR < 30%	CBR ≥ 30%
Tp0 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.170	1.950	1.950	1.950
Tp1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.670	2.230	2.120	2.120
Tp2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.780	2.450	2.120	2.120
Tp3 500,000 < Rep. EE ≤ 750,000			3.060	2.620	2.290	2.290
Tp4 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.230	2.790	2.460	2.460
Tp5 1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000			3.560	3.120	3.010	3.010
Tp6 1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000			3.730	3.400	3.180	3.180
Tp7 3'000,000 < Rep. EE ≤ 5'000,000			4.280	3.900	3.350	3.350
Tp8 5'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000			4.730	4.180	3.520	3.520
Tp9 7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000			4.900	4.350	3.690	3.690
Tp10 10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000			5.180	4.630	3.970	3.860
Tp11 12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000			5.350	4.800	4.140	4.030
Tp12 15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000			5.520	4.970	4.310	4.200
Tp13 20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000			6.020	5.470	4.590	4.370
Tp14 25'000,000 < Rep. EE ≤ 30'000,000			6.190	5.640	4.760	4.540

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de Suelos, que será materia de Estudio Especial.
- Con el Suelo Estabilizado la Estructura del Pavimento a Colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

Cuadro 13.4

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) ADOPTADOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUBRASANTE - Periodo de Diseño 20 años
Carpeta Asfáltica en Caliente + Base Tratada con Cemento + Sub Base Granular

TIPO DE SUBRASANTE / CLASE TRANSITO	Inadecuada	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
	CBR < 3% (*)	3% ≤ CBR < 6% (*)	6% ≤ CBR < 10%	10% ≤ CBR < 20%	20% ≤ CBR < 30%	CBR ≥ 30%
Tp0 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.210	2.050	2.050	2.050
Tp1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.620	2.220	2.220	2.220
Tp2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.860	2.460	2.220	2.220
Tp3 500,000 < Rep. EE ≤ 750,000			3.030	2.630	2.390	2.390
Tp4 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.200	2.800	2.560	2.560
Tp5 1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000			3.760	3.280	2.960	2.960
Tp6 1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000			3.930	3.450	3.130	3.130
Tp7 3'000,000 < Rep. EE ≤ 5'000,000			4.235	3.940	3.300	3.300
Tp8 5'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000			4.669	4.110	3.470	3.470
Tp9 7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000			4.839	4.440	3.640	3.640
Tp10 10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000			5.150	4.610	3.970	3.810
Tp11 12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000			5.320	4.780	4.140	3.980
Tp12 15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000			5.490	4.950	4.310	4.150
Tp13 20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000			6.055	5.425	4.640	4.320
Tp14 25'000,000 < Rep. EE ≤ 30'000,000			6.225	5.595	4.810	4.490

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de Suelos, que será materia de Estudio Especial.
- Con el Suelo Estabilizado la Estructura del Pavimento a Colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

Cuadro 13.5

CATALOGO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES (SN) ADOPTADOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUBRASANTE - Periodo de Diseño 20 años
Carpeta Asfáltica en Caliente + Base Tratada con Cal + Sub Base Granular

TIPO DE SUBRASANTE / CLASE TRANSITO	Inadecuada	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena	Excelente
	CBR < 3% (*)	3% ≤ CBR < 6% (*)	6% ≤ CBR < 10%	10% ≤ CBR < 20%	20% ≤ CBR < 30%	CBR ≥ 30%
Tp0 75,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.250	1.900	1.900	1.900
Tp1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.560	2.210	2.070	2.070
Tp2 300,000 < Rep. EE ≤ 500,000			2.770	2.420	2.070	2.070
Tp3 500,000 < Rep. EE ≤ 750,000			3.080	2.590	2.240	2.240
Tp4 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.250	2.760	2.410	2.410
Tp5 1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000			3.460	3.110	2.760	2.760
Tp6 1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000			3.985	3.420	2.930	2.930
Tp7 3'000,000 < Rep. EE ≤ 5'000,000			4.220	3.800	3.240	3.100
Tp8 5'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000			4.700	4.255	3.550	3.270
Tp9 7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000			4.870	4.425	3.720	3.440
Tp10 10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000			5.134	4.595	3.890	3.610
Tp11 12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000			5.304	4.765	4.060	3.780
Tp12 15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000			5.474	4.935	4.230	3.950
Tp13 20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000			5.995	5.340	4.610	4.260
Tp14 25'000,000 < Rep. EE ≤ 30'000,000			6.165	5.510	4.780	4.430

(*) Previa a la colocación de la estructura del pavimento, se requiere Estabilización de Suelos, que será materia de Estudio Especial.
- Con el Suelo Estabilizado la Estructura del Pavimento a Colocar, Corresponderá a la de un Suelo Regular (CBR≥6% a CBR<10%)

13.1.2b Secciones de Estructuras de Pavimento Semirrígido con base tratada con asfalto, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en dos etapas de 10 años (total 20 años). Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente

Figura 13.1

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON ASFALTO

PERIODO DE DISEÑO POR ETAPAS 10 AÑOS

Nrep. de EE. (2)			Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
Nrep. EE. hasta 10 años (1era Etapa)			60,000	60,001-120,000	120,001-200,000	200,001-300,000	300,001-400,000	400,001-600,000	600,001-1'200,000	1'200,001-2'000,000
Nrep. EE. Total 20 años (2da Etapa)			75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
1era Etapa	CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$								
	CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	5cm 11cm (*)	5cm 15cm (*)	6cm 15cm (*)	6cm 16cm (*)	6cm 18cm (*)	7cm 15cm 15cm (*)	8cm 15cm 15cm (*)	9cm 16cm 15cm (*)
2da Etapa	Refuerzo al año 10		4cm	Micropavimento e=3.0cm	4cm	6cm	5cm	Micropavimento e=2.5cm	5cm	6cm
1era Etapa	> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	5cm 11cm	5cm 15cm	6cm 15cm	6cm 16cm	6cm 18cm	7cm 15cm 15cm	8cm 15cm 15cm	9cm 16cm 15cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		4cm	Micropavimento e=3.0cm	4cm	6cm	5cm	Micropavimento e=2.5cm	5cm	6cm
1era Etapa	> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	5cm 10cm	5cm 11cm	6cm 11cm	6cm 13cm	6cm 15cm	7cm 15cm	8cm 17cm	9cm 18cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		Micropavimento e=2.5cm	5cm	5cm	5cm	4cm	5cm	5cm	6cm
1era Etapa	> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	5cm 10cm	5cm 10cm	6cm 10cm	6cm 10cm	6cm 10cm	7cm 15cm	8cm 15cm	9cm 15cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		Mortero Asfáltico e=1.2cm	Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=3.0cm	6cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=2.5cm
1era Etapa	CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	5cm 10cm	5cm 10cm	6cm 10cm	6cm 10cm	6cm 10cm	7cm 15cm	8cm 15cm	9cm 15cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=2.5cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm

Carpeta y/o Refuerzo Asfáltico en Caliente (CAC)

Base Tratada con Asfalto

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
   a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
   b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
   c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

Figura 13.1 (cont.)

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON ASFALTO

PERIODO DE DISEÑO POR ETAPAS 10 AÑOS

Nrep. de EE. (2)			Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
Nrep. EE. hasta 10 años (1era Etapa)			2'000,001-3'000,000	3'000,001-4'000,000	4'000,001-5'000,000	5'000,001-6'000,000	6'000,001-8'000,000	8'000,001-10'000,000	10'000,001-12'000,000
Nrep. EE. Total 20 años (2da Etapa)			5'000,001-7'500,000	7'500,001-10'000,000	10'000,001-12'500,000	12'500,001-15'000,000	15'000,001-20'000,000	20'000,001-25'000,000	25'000,001-30'000,000
1era Etapa	CBR%	Mr 2555xCBR$^{0.64}$	10cm / 18cm / 15cm / (*)	10cm / 20cm / 15cm / (*)	11cm / 20cm / 15cm / (*)	11cm / 20cm / 17cm / (*)	12cm / 20cm / 20cm / (*)	13cm / 25cm / 15cm / (*)	13cm / 25cm / 15cm / (*)
	CBR < 6%	≤ 8,040psi (55.4MPa)							
2da Eta.	Refuerzo al año 10		5cm	5cm	6cm	6cm	5cm	5cm	6cm
1era Etapa	> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) ≤ 11,150psi (76.9MPa)	10cm / 18cm / 15cm	10cm / 20cm / 15cm	11cm / 20cm / 15cm	11cm / 20cm / 17cm	12cm / 20cm / 20cm	13cm / 25cm / 15cm	13cm / 25cm / 15cm
2da Eta.	Refuerzo al año 10		5cm	5cm	6cm	6cm	5cm	5cm	6cm
1era Etapa	> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) ≤ 17,380psi (119.8MPa)	10cm / 20cm	10cm / 21cm	11cm / 22cm	11cm / 23cm	12cm / 25cm	13cm / 25cm	13cm / 26cm
2da Eta.	Refuerzo al año 10		5cm	6cm	5cm	5cm	4cm	6cm	6cm
1era Etapa	> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) ≤ 22,530psi (155.3MPa)	10cm / 15cm	10cm / 15cm	11cm / 16cm	11cm / 17cm	12cm / 17cm	13cm / 18cm	13cm / 20cm
2da Eta.	Refuerzo al año 10		4cm	6cm	5cm	5cm	5cm	6cm	5cm
1era Etapa	CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	10cm / 15cm	10cm / 15cm	11cm / 15cm	11cm / 15cm	12cm / 15cm	13cm / 15cm	13cm / 16cm
2da Eta.	Refuerzo al año 10		Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=3.0cm	4cm	4cm	5cm	6cm

Carpeta y/o Refuerzo Asfáltico en Caliente (CAC)

Base Tratada con Asfalto

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

13.1.2c Secciones de Estructuras de Pavimento Semirrígido con base tratada con cemento, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en dos etapas de 10 años (total 20 años). Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente

Figura 13.2

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON CEMENTO

PERIODO DE DISEÑO POR ETAPAS 10 AÑOS

Nrep. de EE. (2)			Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
Nrep. EE. hasta 10 años (1era Etapa)			60,000	60,001-120,000	120,001-200,000	200,001-300,000	300,001-400,000	400,001-600,000	600,001-1'200,000	1'200,001-2'000,000
Nrep. EE. Total 20 años (2da Etapa)			75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
1era Etapa	CBR%	Mr 2555xCBR$^{0.64}$	5cm / 15cm / (*)	5cm / 20cm / (*)	6cm / 20cm / (*)	6cm / 22cm / (*)	6cm / 25cm / (*)	7cm / 25cm / (*)	8cm / 20cm / 15cm (*)	9cm / 20cm / 17cm (*)
	CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)								
2da Etapa	Refuerzo al año 10		4cm	Micropavimento e=3.0cm	4cm	6cm	4cm	6cm	6cm	6cm
1era Etapa	> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	5cm / 15cm	5cm / 20cm	6cm / 20cm	6cm / 22cm	6cm / 25cm	7cm / 25cm	8cm / 20cm / 15cm	9cm / 20cm / 17cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		4cm	Micropavimento e=3.0cm	4cm	6cm	4cm	6cm	6cm	6cm
1era Etapa	> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	5cm / 15cm	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 18cm	6cm / 20cm	7cm / 20cm	8cm / 25cm	9cm / 25cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		Micropavimento e=2.5cm	5cm	6cm	5cm	5cm	6cm	4cm	5cm
1era Etapa	> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	7cm / 20cm	8cm / 20cm	9cm / 20cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Micropavimento e=2.5cm	4cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=3.0cm
1era Etapa	CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	7cm / 20cm	8cm / 20cm	9cm / 20cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Micropavimento e=2.5cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm

Carpeta y/o Refuerzo Asfáltico en Caliente (CAC)

Base Tratada con Cemento

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

Figura 13.2 (cont.)

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON CEMENTO

PERIODO DE DISEÑO POR ETAPAS 10 AÑOS

Nrep. de EE. (2)			Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
Nrep. EE. hasta 10 años (1era Etapa)			2'000,001-3'000,000	3'000,001-4'000,000	4'000,001-5'000,000	5'000,001-6'000,000	6'000,001-8'000,000	8'000,001-10'000,000	10'000,001-12'000,000
Nrep. EE. Total 20 años (2da Etapa)			5'000,001-7'500,000	7'500,001-10'000,000	10'000,001-12'500,000	12'500,001-15'000,000	15'000,001-20'000,000	20'000,001-25'000,000	25'000,001-30'000,000
1era Etapa	CBR%	Mr 2555xCBR$^{0.64}$							
	CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	10cm / 22cm / 18cm / (*)	10cm / 25cm / 17cm / (*)	11cm / 25cm / 18cm / (*)	11cm / 25cm / 21cm / (*)	12cm / 25cm / 23cm / (*)	13cm / 27cm / 25cm / (*)	13cm / 28cm / 25cm / (*)
2da Eta.		Refuerzo al año 10	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm
1era Etapa	> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	10cm / 22cm / 18cm	10cm / 25cm / 17cm	11cm / 25cm / 18cm	11cm / 25cm / 21cm	12cm / 25cm / 23cm	13cm / 27cm / 25cm	13cm / 28cm / 25cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm
1era Etapa	> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	10cm / 27cm	10cm / 30cm	11cm / 30cm	11cm / 20cm / 18cm	12cm / 20cm / 20cm	13cm / 22cm / 20cm	13cm / 25cm / 20cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	6cm	5cm	6cm	6cm	6cm	6cm	5cm
1era Etapa	> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	10cm / 20cm	10cm / 22cm	11cm / 22cm	11cm / 23cm	12cm / 24cm	13cm / 25cm	13cm / 27cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	5cm	5cm	5cm	6cm	5cm	6cm	6cm
1era Etapa	CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	10cm / 20cm	10cm / 20cm	11cm / 20cm	11cm / 20cm	12cm / 20cm	13cm / 20cm	13cm / 22cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=3.0cm	Micropavimento e=3.0cm	4cm	4cm	6cm	6cm

Carpeta y/o Refuerzo Asfáltico en Caliente (CAC)

BaseTratada con Cemento

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

13.1.2d Secciones de Estructuras de Pavimento Semirrígido con base tratada con cal, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en dos etapas de 10 años (total 20 años). Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente

Figura 13.3

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON CAL

PERIODO DE DISEÑO POR ETAPAS 10 AÑOS

Nrep. de EE. (2)			Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
Nrep. EE. hasta 10 años (1era Etapa)			60,000	60,001-120,000	120,001-200,000	200,001-300,000	300,001-400,000	400,001-600,000	600,001-1'200,000	1'200,001-2'000,000
Nrep. EE. Total 20 años (2da Etapa)			75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
1era Etapa	CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$								
	CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	5cm / 17cm / (*)	5cm / 22cm / (*)	6cm / 22cm / (*)	6cm / 25cm / (*)	6cm / 27cm / (*)	7cm / 30cm / (*)	8cm / 25cm / 15cm / (*)	9cm / 25cm / 15cm / (*)
2da Etapa	Refuerzo al año 10		5cm	4cm	5cm	6cm	6cm	5cm	4cm	6cm
1era Etapa	> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	5cm / 17cm	5cm / 22cm	6cm / 22cm	6cm / 25cm	6cm / 27cm	7cm / 30cm	8cm / 25cm / 15cm	9cm / 25cm / 15cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		5cm	4cm	5cm	6cm	6cm	5cm	4cm	6cm
1era Etapa	> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	5cm / 15cm	5cm / 17cm	6cm / 17cm	6cm / 20cm	6cm / 22cm	7cm / 23cm	8cm / 28cm	9cm / 28cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		Micropavimento e=2.5cm	5cm	6cm	6cm	6cm	6cm	4cm	6cm
1era Etapa	> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 18cm	7cm / 18cm	8cm / 18cm	9cm / 22cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		Mortero Asfáltico e=1.2cm	Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=2.5cm	4cm	Micropavimento e=3.0cm	4cm	6cm	4cm
1era Etapa	CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	7cm / 20cm	8cm / 20cm	9cm / 20cm
2da Etapa	Refuerzo al año 10		Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=3.0cm	Mortero Asfáltico e=1.2cm	Micropavimento e=2.5cm	Micropavimento e=2.5cm

Carpeta y/o Refuerzo Asfáltico en Caliente (CAC)

Base Tratada con Cal

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

Figura 13.3 (cont.)

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON CAL

PERIODO DE DISEÑO POR ETAPAS 10 AÑOS

Nrep. de EE. (2)			Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
Nrep. EE. hasta 10 años (1era Etapa)			2'000,001-3'000,000	3'000,001-4'000,000	4'000,001-5'000,000	5'000,001-6'000,000	6'000,001-8'000,000	8'000,001-10'000,000	10'000,001-12'000,000
Nrep. EE. Total 20 años (2da Etapa)			5'000,001-7'500,000	7'500,001-10'000,000	10'000,001-12'500,000	12'500,001-15'000,000	15'000,001-20'000,000	20'000,001-25'000,000	25'000,001-30'000,000
1era Etapa	CBR%	$Mr = 2555 \times CBR^{0.64}$							
1era Etapa	CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	10cm / 25cm / 18cm / (*)	10cm / 25cm / 23cm / (*)	11cm / 25cm / 24cm / (*)	11cm / 28cm / 25cm / (*)	12cm / 28cm / 25cm / (*)	13cm / 30cm / 25cm / (*)	13cm / 30cm / 28cm / (*)
2da Eta.		Refuerzo al año 10	6cm	6cm	6cm	5cm	5cm	6cm	6cm
1era Etapa	> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	10cm / 25cm / 18cm	10cm / 25cm / 23cm	11cm / 25cm / 24cm	11cm / 28cm / 25cm	12cm / 28cm / 25cm	13cm / 30cm / 25cm	13cm / 30cm / 28cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	6cm	6cm	6cm	5cm	5cm	6cm	6cm
1era Etapa	> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	10cm / 30cm	10cm / 23cm / 15cm	11cm / 23cm / 15cm	11cm / 23cm / 18cm	12cm / 25cm / 17cm	13cm / 25cm / 20cm	13cm / 25cm / 23cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm	6cm
1era Etapa	> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	10cm / 22cm	10cm / 25cm	11cm / 25cm	11cm / 27cm	12cm / 27cm	13cm / 30cm	13cm / 30cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	5cm	5cm	5cm	5cm	5cm	5cm	6cm
1era Etapa	CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	10cm / 20cm	10cm / 20cm	11cm / 20cm	11cm / 22cm	12cm / 22cm	13cm / 25cm	13cm / 25cm
2da Eta.		Refuerzo al año 10	Micropavimento e=3.0cm	5cm	5cm	5cm	5cm	4cm	6cm

Carpeta y/o Refuerzo Asfáltico en Caliente (CAC)

BaseTratada con Cal

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

13.1.2e Secciones de Estructuras de Pavimento Semirrígido con base tratada con asfalto, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en una etapa de 20 años. Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente

Figura 13.4

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON ASFALTO

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$								
CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	5cm / 12cm / (*)	6cm / 15cm / (*)	6cm / 16cm / (*)	7cm / 17cm / (*)	8cm / 17cm / (*)	8cm / 20cm / (*)	9cm / 20cm / (*)	9cm / 25cm / (*)
> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	5cm / 12cm	6cm / 15cm	6cm / 16cm	7cm / 17cm	8cm / 17cm	8cm / 20cm	9cm / 20cm	9cm / 25cm
> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	5cm / 10cm	6cm / 11cm	6cm / 13cm	7cm / 13cm	8cm / 13cm	8cm / 16cm	9cm / 17cm	10cm / 20cm
> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 10cm	6cm / 10cm	6cm / 10cm	7cm / 10cm	8cm / 10cm	8cm / 15cm	9cm / 15cm	10cm / 15cm
CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 10cm	6cm / 10cm	6cm / 10cm	7cm / 10cm	8cm / 10cm	8cm / 15cm	9cm / 15cm	10cm / 15cm

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)

Base Tratada con Asfalto

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

Figura 13.4 (cont.)

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON ASFALTO

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
		5'000,001-7'500,000	7'500,001-10'000,000	10'000,001-12'500,000	12'500,001-15'000,000	15'000,001-20'000,000	20'000,001-25'000,000	25'000,001-30'000,000
CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$							
CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	11cm / 26cm / (*)	12cm / 26cm / (*)	13cm / 27cm / (*)	15cm / 27cm / (*)	15cm / 27cm / (*)	16cm / 30cm / (*)	17cm / 30cm / (*)
≥ 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	11cm / 26cm	12cm / 26cm	13cm / 27cm	15cm / 27cm	15cm / 27cm	16cm / 30cm	17cm / 30cm
≥ 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	11cm / 21cm	12cm / 21cm	13cm / 22cm	15cm / 22cm	15cm / 22cm	16cm / 25cm	17cm / 25cm
≥ 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	11cm / 15cm	12cm / 15cm	13cm / 16cm	15cm / 16cm	15cm / 16cm	16cm / 17cm	17cm / 17cm
CBR ≥ 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	11cm / 15cm	12cm / 15cm	13cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	16cm / 15cm	17cm / 15cm

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)

Base Tratada con Asfalto

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

13.1.2f Secciones de Estructuras de Pavimento Semirrígido con base tratada con cemento, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en una etapa de 20 años. Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente

Figura 13.5

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON CEMENTO

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$								
CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	5cm / 17cm / (*)	6cm / 20cm / (*)	6cm / 23cm / (*)	7cm / 23cm / (*)	8cm / 23cm / (*)	8cm / 30cm / (*)	9cm / 30cm / (*)	9cm / 25cm / 15cm / (*)
> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	5cm / 17cm	6cm / 20cm	6cm / 23cm	7cm / 23cm	8cm / 23cm	8cm / 30cm	9cm / 30cm	9cm / 25cm / 15cm
> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 18cm	7cm / 18cm	8cm / 18cm	8cm / 24cm	9cm / 24cm	10cm / 28cm
> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	7cm / 15cm	8cm / 15cm	8cm / 20cm	9cm / 20cm	10cm / 20cm
CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	7cm / 15cm	8cm / 15cm	8cm / 20cm	9cm / 20cm	10cm / 20cm

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)

Base Tratada con Cemento

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

Figura 13.5 (cont.)

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON CEMENTO

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
		5'000,001-7'500,000	7'500,001-10'000,000	10'000,001-12'500,000	12'500,001-15'000,000	15'000,001-20'000,000	20'000,001-25'000,000	25'000,001-30'000,000
CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$							
CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	11cm / 25cm / 17cm / (*)	12cm / 25cm / 17cm / (*)	13cm / 25cm / 20cm / (*)	15cm / 25cm / 20cm / (*)	15cm / 25cm / 20cm / (*)	16cm / 27cm / 25cm / (*)	17cm / 27cm / 25cm / (*)
> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	11cm / 25cm / 17cm	12cm / 25cm / 17cm	13cm / 25cm / 20cm	15cm / 25cm / 20cm	15cm / 25cm / 20cm	16cm / 27cm / 25cm	17cm / 27cm / 25cm
> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	11cm / 28cm	12cm / 30cm	13cm / 30cm	15cm / 30cm	15cm / 30cm	16cm / 25cm / 15cm	17cm / 25cm / 15cm
> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	11cm / 20cm	12cm / 20cm	13cm / 22cm	15cm / 22cm	15cm / 22cm	16cm / 24cm	17cm / 24cm
CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	11cm / 20cm	12cm / 20cm	13cm / 20cm	15cm / 20cm	15cm / 20cm	16cm / 20cm	17cm / 20cm

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)

BaseTratada con Cemento

Sub-base Granular

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

13.1.2g Secciones de Estructuras de Pavimento Semirrígido con base tratada con cal, para caminos con más de 1'000,000 EE en el carril de diseño, periodo de diseño en una etapa de 20 años. Pavimento con Capa Superficial de Carpeta Asfáltica en Caliente

Figura 13.6

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON CAL

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR%	Mr $2555xCBR^{0.64}$								
CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	5cm / 20cm / (*)	6cm / 22cm / (*)	6cm / 25cm / (*)	7cm / 27cm / (*)	8cm / 27cm / (*)	8cm / 30cm / (*)	9cm / 25cm / 15cm / (*)	9cm / 25cm / 20cm / (*)
> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	5cm / 20cm	6cm / 22cm	6cm / 25cm	7cm / 27cm	8cm / 27cm	8cm / 30cm	9cm / 25cm / 15cm	9cm / 25cm / 20cm
> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	5cm / 15cm	6cm / 17cm	6cm / 20cm	7cm / 20cm	8cm / 20cm	8cm / 25cm	9cm / 27cm	10cm / 30cm
> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	7cm / 15cm	8cm / 15cm	8cm / 20cm	9cm / 20cm	10cm / 22cm
CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	5cm / 15cm	6cm / 15cm	6cm / 15cm	7cm / 15cm	8cm / 15cm	8cm / 20cm	9cm / 20cm	10cm / 20cm

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)

Base Tratada con Cal

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

Figura 13.6 (cont.)

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON BASE TRATADA CON CAL

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
		5'000,001-7'500,000	7'500,001-10'000,000	10'000,001-12'500,000	12'500,001-15'000,000	15'000,001-20'000,000	20'000,001-25'000,000	25'000,001-30'000,000
CBR%	Mr $2555 \times CBR^{0.64}$							
CBR < 6%	< 8,040psi (55.4MPa)	11cm / 27cm / 20cm / (*)	12cm / 27cm / 20cm / (*)	13cm / 27cm / 22cm / (*)	15cm / 27cm / 22cm / (*)	15cm / 27cm / 22cm / (*)	16cm / 30cm / 25cm / (*)	17cm / 30cm / 25cm / (*)
> 6% CBR < 10%	> 8,040psi (55.4MPa) < 11,150psi (76.9MPa)	11cm / 27cm / 20cm	12cm / 27cm / 20cm	13cm / 27cm / 22cm	15cm / 27cm / 22cm	15cm / 27cm / 22cm	16cm / 30cm / 25cm	17cm / 30cm / 25cm
> 10% CBR < 20%	> 11,150psi (76.9MPa) < 17,380psi (119.8MPa)	11cm / 24cm / 15cm	12cm / 24cm / 15cm	13cm / 24cm / 15cm	15cm / 24cm / 15cm	15cm / 24cm / 15cm	16cm / 24cm / 20cm	17cm / 24cm / 20cm
> 20% CBR < 30%	> 17,380psi (119.8MPa) < 22,530psi (155.3MPa)	11cm / 24cm	12cm / 24cm	13cm / 24cm	15cm / 24cm	15cm / 24cm	16cm / 27cm	17cm / 27cm
CBR > 30%	> 22,530psi (155.3MPa)	11cm / 20cm	12cm / 20cm	13cm / 20cm	15cm / 20cm	15cm / 20cm	16cm / 22cm	17cm / 22cm

Carpeta Asfáltica en Caliente (CAC)

BaseTratada con Cal

Sub-base Granular

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada dos años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada cuatro años.
c) Efectuar Renovación Superficial periódicamente mediante Sellos asfálticos.

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

13.2 BERMAS DEL PAVIMENTO SEMIRRIGIDO

Para las bermas del pavimento semirrígido el presente manual mantiene los criterios de diseño especificados para los pavimentos flexibles en el Capitulo 12, numeral 12.3.

13.3 REFUERZO DEL PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO

En los pavimentos semirrígidos, la deflexión benkelman no es criterio suficiente para determinar el refuerzo, pues será necesario estudiar los casos en que exista discrepancia entre los valores de la deflexión y el estado superficial del pavimento; por lo que se deberán efectuar calicatas para analizar las condiciones de las distintas capas del pavimento incluidas la subrasante, se obtendrán muestras y testigos para los ensayos de laboratorio de los materiales extraídos, determinando las características de las capas del pavimento y subrasante.

La utilización de medición de deflexiones con deflectómetro de impacto (FWD) permitirá evaluar los módulos de las capas del pavimento incluida la subrasante, y a partir de ello efectuar un retrocálculo. La comparación entre los módulos medidos por este procedimiento y los correspondientes a capas en buen estado permitirá estimar el comportamiento de las capas del pavimento existente y, por comparación con el dimensionamiento de un pavimento nuevo (siguiendo los criterios de diseño), se podrá determinar el refuerzo y su espesor. Para el análisis se tomará como periodo de diseño mínimo de 10 años y como máximo de 20 años.

Los espesores de refuerzo serán como mínimo los que corresponderían a un pavimento flexible con deflexiones iguales a la del pavimento semirrígido, según el acápite 12.4.7.

En los pavimentos semirrígidos al igual que los flexibles, no se utilizarán soluciones de refuerzo con capas granulares sin tratar, pero podrán reforzarse con un pavimento de concreto hidráulico, siguiendo los criterios mencionados en el acápite 12.4.7.

En el refuerzo de los pavimentos aparecen algunos problemas constructivos, cuyo detenido estudio debe ser la base para la adopción de la solución más correcta en cada caso; por ejemplo, considerar:

- El mantenimiento del tráfico durante la ejecución de los trabajos en condiciones aceptables, puede ser causa determinante de la elección del tipo de refuerzo.
- Previo al refuerzo debe repararse la capa superficial del pavimento existente.
- Sí el pavimento está muy deformado, será necesario fresarlo o reperfilarlo antes del refuerzo o mediante la aplicación de una primera capa nivelante.
- Debe analizarse la probable reflexión de fisuras y su atenuación.
- También debe tenerse en cuenta las posibles mejoras de drenaje.

- El aumento de espesor de la calzada crea un desnivel con las bermas, que por seguridad vial deben ser también niveladas.
- La solución de los eventuales problemas que puedan presentarse en ensanches del pavimento, en pequeñas correcciones de trazado y en la ejecución de bermas.

13.4 PAVIMENTO SEMIRRIGIDO CON ADOQUINES DE CONCRETO

El pavimento de adoquines de concreto tiene sus raíces en los empedrados, que posteriormente evolucionaron hacia los adoquines de piedra, de madera y de arcilla. Para finalmente con mejores tecnologías de fabricación se lograron los adoquines de concreto resistentes y duraderos con formas y texturas homogéneas, y de colores diversos.

13.4.1 MÉTODO DE DISEÑO

Para el diseño de pavimento con adoquines de concreto, se propone el método de diseño del ICPI (Interloking Concrete Pavement Institute), que es un procedimiento simplificado que toma en cuenta las siguientes guías de diseño: "Structural Design of Concrete Block Pavements" (Rada, G.R., Smith, D.R., Miller, J.S., and Witczak,M.W.) y la Guide for Design of Pavement Structures (AASHTO'93).

El método considera los siguientes factores de diseño:

a. Aspectos ambientales
b. Tráfico expresado en ejes equivalentes
c. Características de la Subrasante
d. Materiales del pavimento

a. **Aspectos ambientales**

Dos aspectos que influyen sobre el pavimento son la humedad y la temperatura. La humedad afecta al suelo y las capas granulares del pavimento. Y la temperatura puede afectar la capacidad de carga, especialmente cuando se tiene base tratada con asfalto, también cuando hay temperaturas frías bajo 0°C y a la vez humedad, el congelamiento y descongelamiento tiene efectos negativos en el pavimento.

Estos efectos perjudiciales pueden ser reducidos o eliminados, considerando:

- Drenaje superficial y Drenaje subterráneo para el pavimento, de tal manera de evacuar el agua filtrada en las capas del pavimento.
- Mejoramiento de los suelos susceptibles a las heladas.
- Materiales que cumplan la calidad especificada en las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras del MTC vigentes.

b. **Tráfico expresado en ejes equivalentes**

En el capítulo 6 se describen los criterios a tener en cuenta en la determinación del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes para diseño. Para el caso de los

pavimentos semirrígidos con adoquines de concreto, el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes que se recomienda aplicar, en este Manual, es hasta 15'000,000 EE en el carril de diseño y para un periodo de diseño de 20 años. No obstante, el Ingeniero Proyectista podrá proponer este tipo de pavimentos con adoquines de concreto para un mayor Número de Repeticiones de EE previa justificación y sustento técnico.

Cuadro N° 13.6
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
Nivel I	> 1'000,000 EE ≤ 150,000 EE
Nivel II	> 150,000 EE ≤ 7'500,000 EE
Nivel III	> 7'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

c. **Características de la Subrasante**

Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento, están definidas en seis (06) categorías de subrasante, en base a su capacidad de soporte CBR.

Cuadro 13.7
Categorías de Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S_0 : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S_1 : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S_2 : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S_3 : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S_4 : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S_5 : Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Fuente: Elaboración propia

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos u otros productos aprobados por el MTC, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la mas conveniente técnica y económica.

d. **Materiales del Pavimento**

Los materiales de la estructura de pavimento semirrígido de adoquines de concreto, son los siguientes:

- Sub base Granular: es opcional incluir esta capa sobre la subrasante preparada y compactada, el Manual sólo contempla capas de base granular y de bases tratadas. Las características granulométricas y de calidad del material para la subbase granular, corresponden a las indicadas en el capítulo 11, numeral 11.1.2.
- Base Granular: las características granulométricas y de calidad del material para la subbase granular, corresponden a las indicadas en el capítulo 11, numeral 11.1.3.
- Base Granular Tratada con Asfalto: las características del material granular corresponden a la Base Granular, indicada anteriormente, a la cual se le adiciona material asfáltico, la mezcla obtenida debe tener una estabilidad Marshall de 1,800 lb.
- Base Granular Tratada con Cemento: las características del material granular corresponden a la Base Granular, indicada anteriormente, a la cual se le adiciona cemento portland, debe tener una resistencia a la compresión a los 7 días de 4.5 MPa.
- Cama de Arena: las características granulométricas y de calidad del material para la cama de arena, corresponden a las indicadas en el capítulo 11, numeral 11.1.7.
- Adoquines de Concreto: las características y calidad de los adoquines de concreto corresponden a los indicados en el capítulo 11, numeral 11.1.7. En este Manual se recomiendan tres tipos de espesores de adoquines de concreto
- Arena para sello: las características granulométricas y de calidad del material de la arena para sello, corresponden a las indicadas en el capítulo 11, numeral 11.1.7.

Los espesores mínimos recomendados de adoquines de concreto y cama de arena, según el tipo de tráfico, serán los siguientes:

Cuadro 13-8
Valores recomendados de Espesores Mínimos de Adoquín de Concreto y Cama de Arena

Ejes equivalentes acumulados		Capa Superficial	Cama de Arena
≤ 150,000		Adoquín de Concreto: 60mm	40 mm
150,001	7,500,000	Adoquín de Concreto: 80mm	40 mm
7,500,001	15'000,000	Adoquín de Concreto: 100mm	40 mm

Fuente: Elaboración Propia, Adaptación del ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute)

El espesor mínimo constructivo para base granular es de 100 mm, para bases tratadas con asfalto 90 mm y para bases tratadas con cemento es de 100 mm.

Las Figuras 13.10, 13.11 y 13.12, se presentan los ábacos de diseño, que han sido adaptados de la metodología del ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute), para base granulares, bases tratadas con asfalto y bases tratadas con cemento, respectivamente.

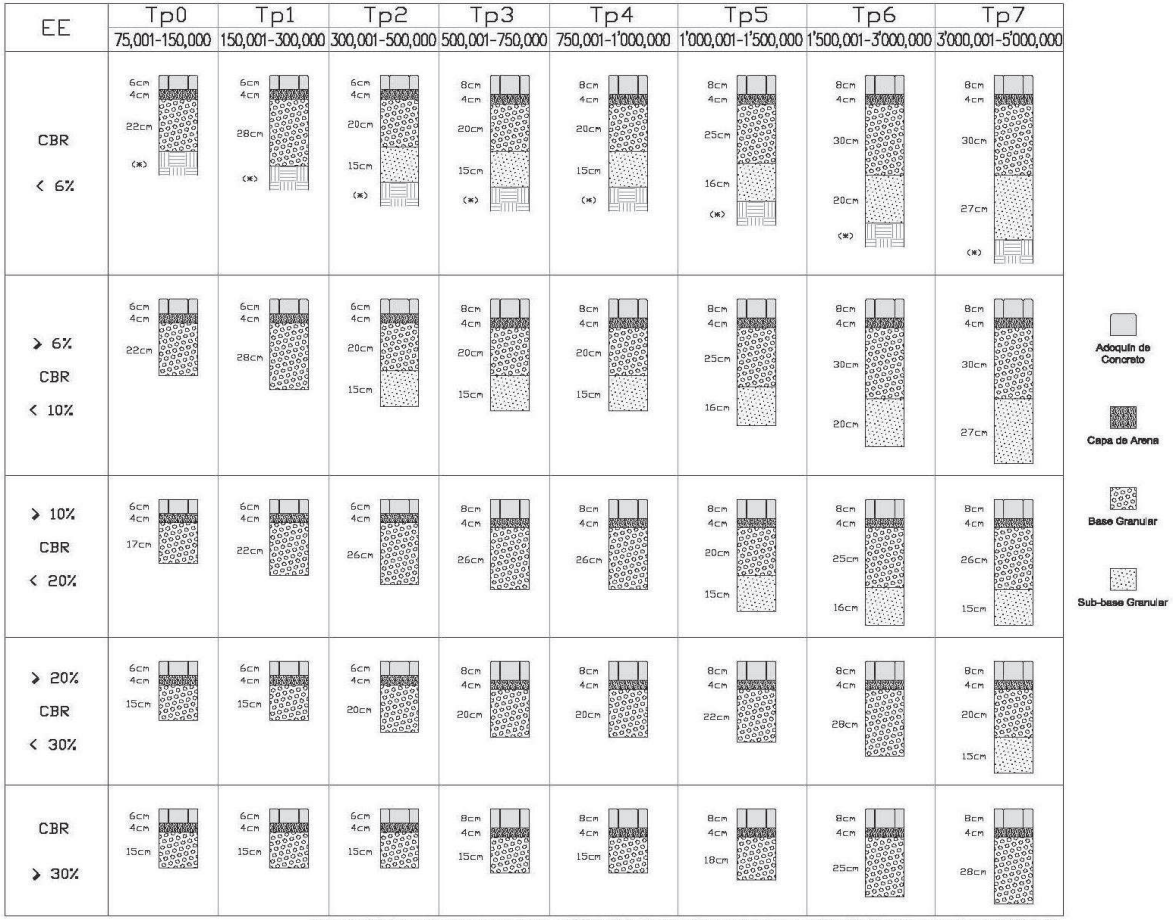
En los ábacos de diseño interviene como datos de ingreso, el CBR de diseño, el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes y el espesor prefijado de adoquín de concreto, determinándose el espesor requerido de base granular, base tratada con asfalto o base tratada con cemento, según corresponda.

A continuación se presenta a manera ilustrativa los gráficos de diseño de adoquines de concreto sobre base granular, sobre base tratada con asfalto y sobre base tratada con cemento. Asimismo se presenta los respectivos catálogos conteniendo las secciones estructurales de diseño.

Figura 13.7

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE ADOQUIN CON BASE GRANULAR

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS



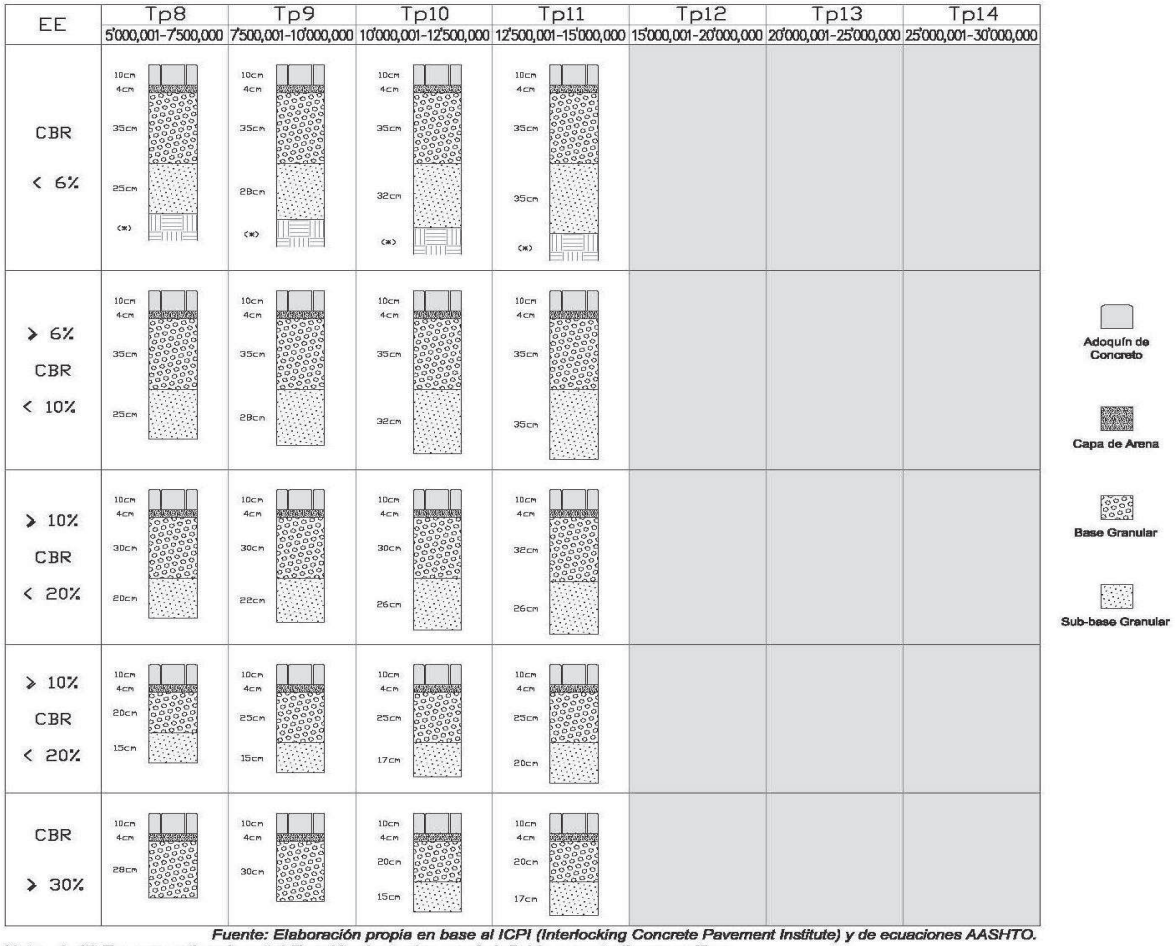
Fuente: Elaboración propia en base al ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute) y de ecuaciones AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.

Figura 13.7 (cont.)

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE ADOQUIN CON BASE GRANULAR

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS



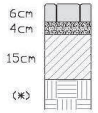
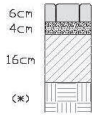
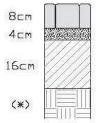
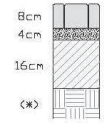
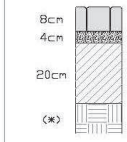
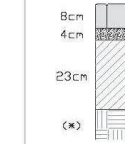
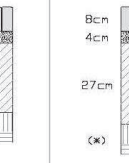
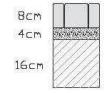
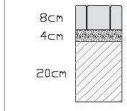
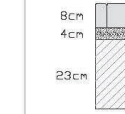
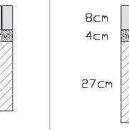
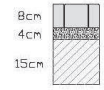
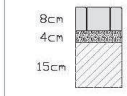
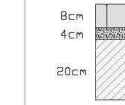
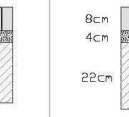
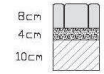
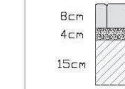
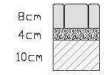
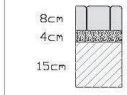
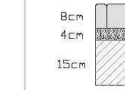
Fuente: Elaboración propia en base al ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute) y de ecuaciones AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.

Figura 13.8

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE ADOQUIN CON BASE TRATADA CON ASFALTO

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE	Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
	75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR < 6%								
> 6% CBR < 10%								
> 10% CBR < 20%								
> 20% CBR < 30%								
CBR > 30%								

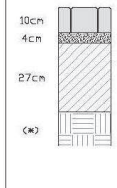
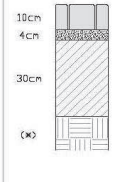
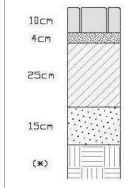
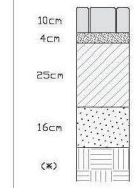
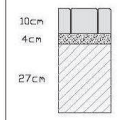
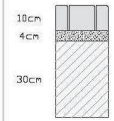
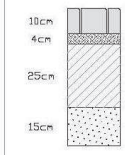
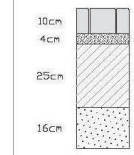
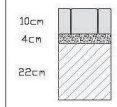
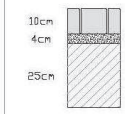
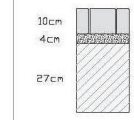
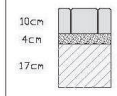
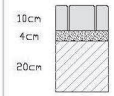
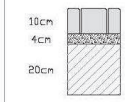
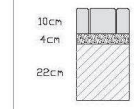
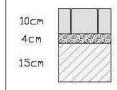
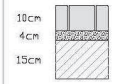
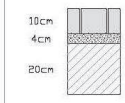
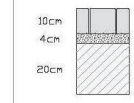
Fuente: Elaboración propia en base al ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute) y de ecuaciones AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.

Figura 13.8 (cont.)

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE ADOQUIN CON BASE TRATADA CON ASFALTO

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE	Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
	5'000,001-7'500,000	7'500,001-10'000,000	10'000,001-12'500,000	12'500,001-15'000,000	15'000,001-20'000,000	20'000,001-25'000,000	25'000,001-30'000,000
CBR < 6%							
⩾ 6% CBR < 10%							
⩾ 10% CBR < 20%							
⩾ 10% CBR < 20%							
CBR ⩾ 30%							

Fuente: Elaboración propia en base al ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute) y de ecuaciones AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.

Figura 13.9

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE ADOQUIN CON BASE TRATADA CON CEMENTO

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE	Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
	75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR < 6%	6cm / 4cm / 15cm / (*)	6cm / 4cm / 18cm / (*)	6cm / 4cm / 22cm / (*)	8cm / 4cm / 22cm / (*)	8cm / 4cm / 22cm / (*)	8cm / 4cm / 27cm / (*)	8cm / 4cm / 25cm / 15cm / (*)	8cm / 4cm / 27cm / 15cm / (*)
> 6% CBR < 10%	6cm / 4cm / 15cm	6cm / 4cm / 18cm	6cm / 4cm / 22cm	8cm / 4cm / 22cm	8cm / 4cm / 22cm	8cm / 4cm / 27cm	8cm / 4cm / 25cm / 15cm	8cm / 4cm / 27cm / 15cm
> 10% CBR < 20%	6cm / 4cm / 15cm	6cm / 4cm / 15cm	6cm / 4cm / 17cm	8cm / 4cm / 17cm	8cm / 4cm / 17cm	8cm / 4cm / 22cm	8cm / 4cm / 27cm	8cm / 4cm / 30cm
> 20% CBR < 30%	6cm / 4cm / 15cm	6cm / 4cm / 15cm	6cm / 4cm / 15cm	8cm / 4cm / 15cm	8cm / 4cm / 15cm	8cm / 4cm / 15cm	8cm / 4cm / 20cm	8cm / 4cm / 22cm
CBR > 30%	6cm / 4cm / 15cm	6cm / 4cm / 15cm	6cm / 4cm / 15cm	8cm / 4cm / 15cm	8cm / 4cm / 15cm	8cm / 4cm / 15cm	8cm / 4cm / 15cm	8cm / 4cm / 18cm

Adoquín de Concreto

Capa de Arena

Base Tratada con Cemento

Sub-base Granular

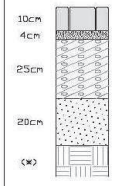
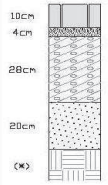
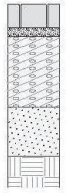
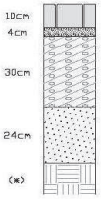
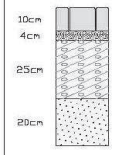
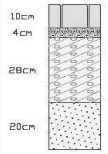
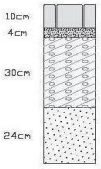
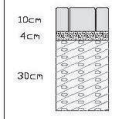
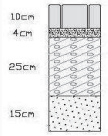
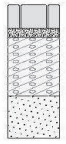
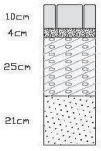
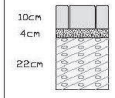
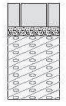
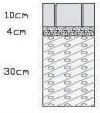
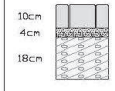
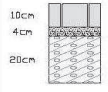
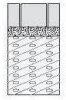
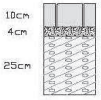
Fuente: Elaboración propia en base al ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute) y de ecuaciones AASHTO.

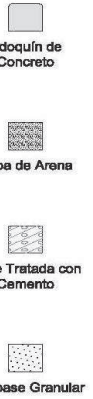
Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.

Figura 13.9 (cont.)

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE ADOQUIN CON BASE TRATADA CON CEMENTO

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE	Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
	5'000,001 - 7'500,000	7'500,001 - 10'000,000	10'000,001 - 12'500,000	12'500,001 - 15'000,000	15'000,001 - 20'000,000	20'000,001 - 25'000,000	25'000,001 - 30'000,000
CBR < 6%							
> 6% CBR < 10%							
> 10% CBR < 20%							
> 10% CBR < 20%							
CBR > 30%							



Fuente: Elaboración propia en base al ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute) y de ecuaciones AASHTO.

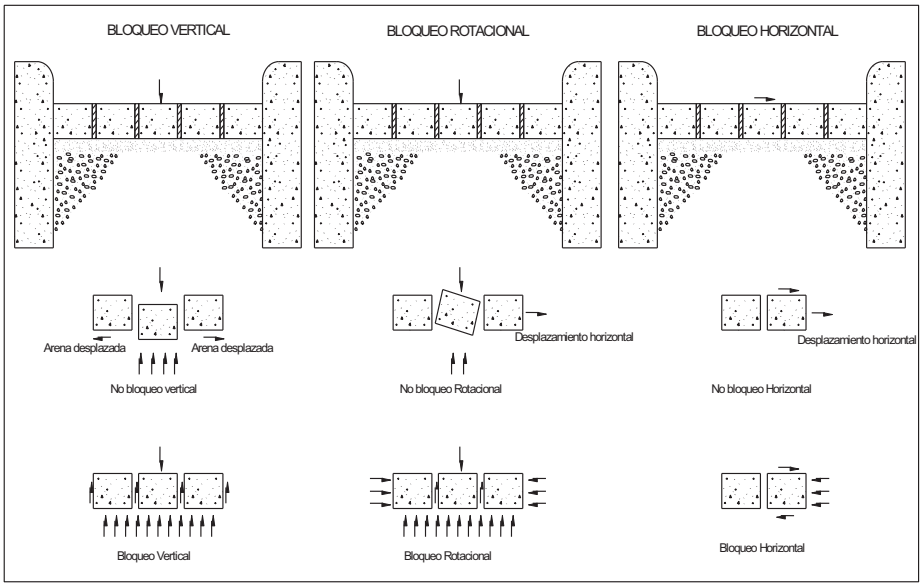
Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.

13.4.2 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

En general la ejecución en obra de los pavimentos semirrígidos con adoquines de concreto, se regirá por las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras del MTC, Sección 440 vigente.

En los adoquines intertrabados de concreto su especial diseño, permite bloquear unas piezas con otras, no requiriendo ningún tipo de aglomerante para su colocación. Siendo el bloqueo fundamental para el buen desempeño estructural y para impedir que los adoquines se desplacen; en tal sentido, se debe lograr los tres tipos de bloqueo: bloqueo vertical, bloqueo rotacional y el bloqueo horizontal, esto se ilustra en la figura 13.10.

Figura 13.10
Tipos de Bloques

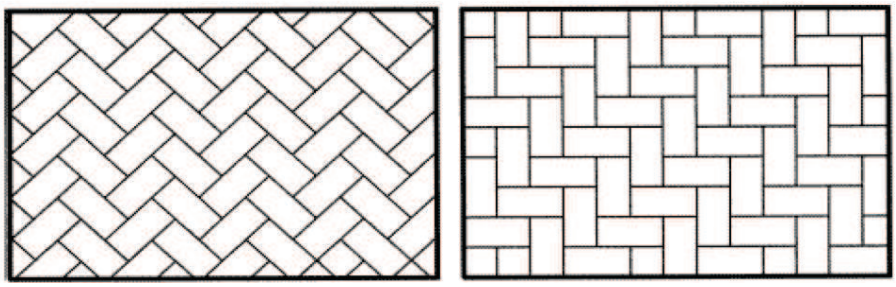


Fuente: ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute)

El bloqueo vertical se logra por transferencia de cortante entre bloques adyacentes, a través de la arena presente en las juntas. En cambio el bloqueo rotacional se logra por el espesor de los adoquines, la cercanía entre adoquines adyacentes y el confinamiento que le proporciona la colocación de sardineles extremos que restringen las fuerzas laterales provocadas por las ruedas de los vehículos. Finalmente, el bloqueo horizontal se logra por un adecuado patrón de colocación y ensamblaje de los adoquines, que permitan mitigar las fuerzas de frenado, aceleración y giro de los vehículos.

El patrón de colocación que proporciona un ensamblaje adecuado de los adoquines es el tipo “espina de pescado”, tal como se muestra en la figura siguiente:

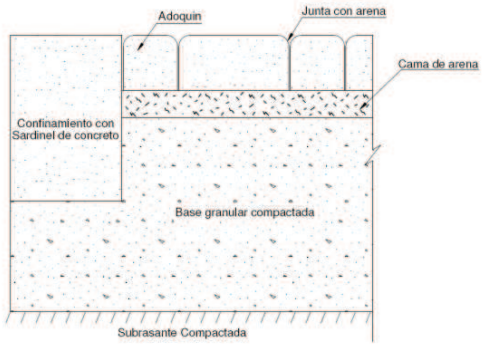
Figura 13.11
Patrón de Colocación y Ensamblaje de Adoquines
Tipo "Espina de Pescado"



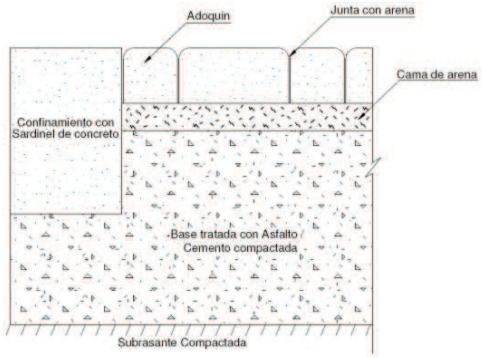
"Espina de Pescado" a 45° **Espina de Pescado" a 90°**

En la figura 13.12 se muestra esquemáticamente las secciones transversales típicas del pavimento de adoquines de concreto.

Figura 13.12
Secciones Transversales Esquemáticas



(A) Base / Sub base granular



(B) Base tratada con Asfalto / Cemento

Fuente: Adaptación del ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute)

CAPITULO XIV

PAVIMENTOS RÍGIDOS

14. PAVIMENTOS RÍGIDOS

Los pavimentos de concreto reciben el apelativo de "rígidos" debido a la naturaleza de la losa de concreto que la constituye.

Debido a su naturaleza rígida, la losa absorbe casi la totalidad de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito, proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente a la subrasante.

Existen tres tipos de pavimentos de concreto:

- Pavimentos de concreto simple con juntas
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas
- Pavimentos de concreto continuamente reforzados

Los pavimentos de concreto con juntas son los que mejor se aplican a la realidad nacional debido a su buen desempeño y a los periodos de diseño que usualmente se emplean. En el presente Manual, para los caminos del Perú, se propone la aplicación de pavimentos de concreto con juntas.

14.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO

14.1.1 METODOLOGÍA DE DISEÑO AASHTO 93

El método AASHTO 93 estima que para una construcción nueva el pavimento comienza a dar servicio a un nivel alto. A medida que transcurre el tiempo, y con él las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. El método impone un nivel de servicio final que se debe mantener al concluir el periodo de diseño.

Mediante un proceso iterativo, se asumen espesores de losa de concreto hasta que la ecuación AASHTO 1993 llegue al equilibrio. El espesor de concreto calculado finalmente debe soportar el paso de un número determinado de cargas sin que se produzca un deterioro del nivel de servicio inferior al estimado.

$$Log_{10}W_{82} = Z_R S_O + 7.35 Log_{10}(D+25.4) - 10.39 + \frac{Log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.25x10^{19}}{(D+25.4)^{8.46}}} + (4.22-0.32P_t)xLog_{10}\left(\frac{M_r C_{dx}\left(0.09D^{0.75}-1.132\right)}{1.51xJ\left(0.09D^{0.75}-\frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}}\right)}\right)$$

Donde:

$W_{8.2}$ = numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño
Z_R = desviación normal estándar
S_O = error estándar combinado en la predicción del transito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento
D = espesor de pavimento de concreto, en milímetros
ΔPSI = diferencia entre los índices de servicio inicial y final
P_t = índice de serviciabilidad o servicio final
M_r = resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días (método de carga en los tercios de luz)
C_d = coeficiente de drenaje
J = coeficiente de transmisión de carga en las juntas
E_c = modulo de elasticidad del concreto, en Mpa
K = modulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

El cálculo del espesor se puede desarrollar utilizando directamente la fórmula AASHTO 93 con una hoja de cálculo, mediante el uso de nomogramas, o mediante el uso de programas de cómputo especializado. No obstante, en este Manual se presentan catálogo de secciones de estructuras de pavimento rígido, obtenidas en función a los criterios de diseño expuestos en este capítulo, donde se relaciona el tipo de suelo y el tráfico expresado en Ejes Equivalentes.

Los parámetros que intervienen son:

I. Periodo de Diseño

El Periodo de Diseño a ser empleado para el presente manual de diseño para pavimentos rígido será mínimo de 20 años. El Ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el periodo de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad.

II. Variables

- **El tránsito (ESALs)**

  El periodo esta ligado a la cantidad de tránsito asociada en ese periodo para el carril de diseño. El periodo de diseño mínimo recomendado es de 20 años.

  Una característica propia del método AASHTO 93 es la simplificación del efecto del tránsito introduciendo el concepto de ejes equivalentes. Es decir, transforma las cargas de ejes de todo tipo de vehículo en ejes simples equivalentes de 8.2 Ton de peso, comúnmente llamados ESALs (equivalent single axle load, por sus siglas en inglés). El cálculo de las EE de diseño estará de acuerdo a lo establecido en el Capítulo 6: Tráfico Vial.

Para el caso del tráfico y del diseño de pavimentos rígidos, en este manual, se definen tres categorías:

a) Caminos de bajo volumen de tránsito, de 150,001 hasta 1'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Cuadro 14.1
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T_{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T_{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia
Nota: T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño
PX = Pavimentada, X = número de rango (1, 2, 3, 4)

b) Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE hasta 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

Cuadro 14.2
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T_{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T_{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T_{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T_{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T_{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T_{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T_{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T_{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T_{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia
Nota: T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño
PX = Pavimentada, X = número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)

c) Caminos que tienen un tránsito mayor a 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño. Esta categoría de caminos, no está incluida en el presente manual, el diseño de pavimentos será materia de Estudio Especial por el Ingeniero Proyectista, analizando diversas alternativas de pavimento equivalentes y justificando la solución adoptada.

Cuadro 14.3
Número de Repeticiones Acumuladas
de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el Carril de Diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P15}	> 30'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia
Nota: T_{PX}: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño
PX = Pavimentada, X = número de rango (14)

- **Serviciabilidad**

  Este parámetro sintetiza el criterio de diseño AASHTO: Servicio, o serviciabilidad. AASHTO 93 caracteriza el servicio con dos parámetros: índice de servicio inicial (Pi) e índice de servicio final o Terminal (Pt). En la ecuación se ingresa la diferencia entre los valores de servicialidad inicial y final, determinándose una variación o diferencial entre ambos índices (Δ PSI).

  La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento de servir al tránsito que circula por la vía, y se magnifica en una escala de 0 a 5, donde 0 significa una calificación de intransitable y 5 una calificación de excelente que es un valor ideal que en la práctica no se da. El valor de 0 es un indicador muy pesimista, pues AASHTO 93 emplea el valor de 1.5 como índice de serviciabilidad terminal del pavimento.

  El valor Δ PSI depende de la calidad de la construcción. En el AASHO Road Test se alcanzó el valor de Pi = 4.5 para el caso de pavimentos de concreto. Los valores recomendados en este Manual son los siguientes

Cuadro 14.4
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)
Indice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)
Diferencial de Serviciabilidad
Según Rango de Tráfico

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes equivalentes acumulados		Indice de Serviciabilidad Inicial (Pi)	Indice de Serviciabilidad Final o Terminal (Pt)	Diferencial de Serviciabilidad (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P1}	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T_{P2}	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T_{P3}	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	T_{P4}	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	T_{P15}	>30'000,000		4.50	3.00	1.50

El índice de serviciabilidad de un pavimento es un valor de apreciación con el cual se evalúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de un pavimento.

- **La confiabilidad "R" y la desviación estándar (So)**

  El concepto de confiabilidad ha sido incorporado con el propósito de cuantificar la variabilidad propia de los materiales, procesos constructivos y de supervisión que hacen que pavimentos construidos de la "misma forma" presenten comportamientos de deterioro diferentes. La confiabilidad es en cierta manera un factor de seguridad, que equivale a incrementar en una proporción el tránsito previsto a lo largo del periodo de diseño, siguiendo conceptos estadísticos que consideran una distribución normal de las variables involucradas.

  El rango típico sugerido por AASHTO esta comprendido entre 0.30 < So < 0.40, en el presente Manual se recomienda un So = 0.35.

  Los siguientes valores de confiabilidad en relación al Número de Repeticiones de EE serán los que se aplicarán para diseño y son los indicados en el Cuadro 14.5

Cuadro 14.5
Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R)
y Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de 20 años
según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (ZR)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{Po}	100,000	150,000	65%	-0.385
	T_{P1}	150,001	300,000	70%	-0.524
	T_{P2}	300,001	500,000	75%	-0.674
	T_{P3}	500,001	750,000	80%	-0.842
	T_{P4}	750 001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T_{P15}	>30'000,000		95%	-1.645

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

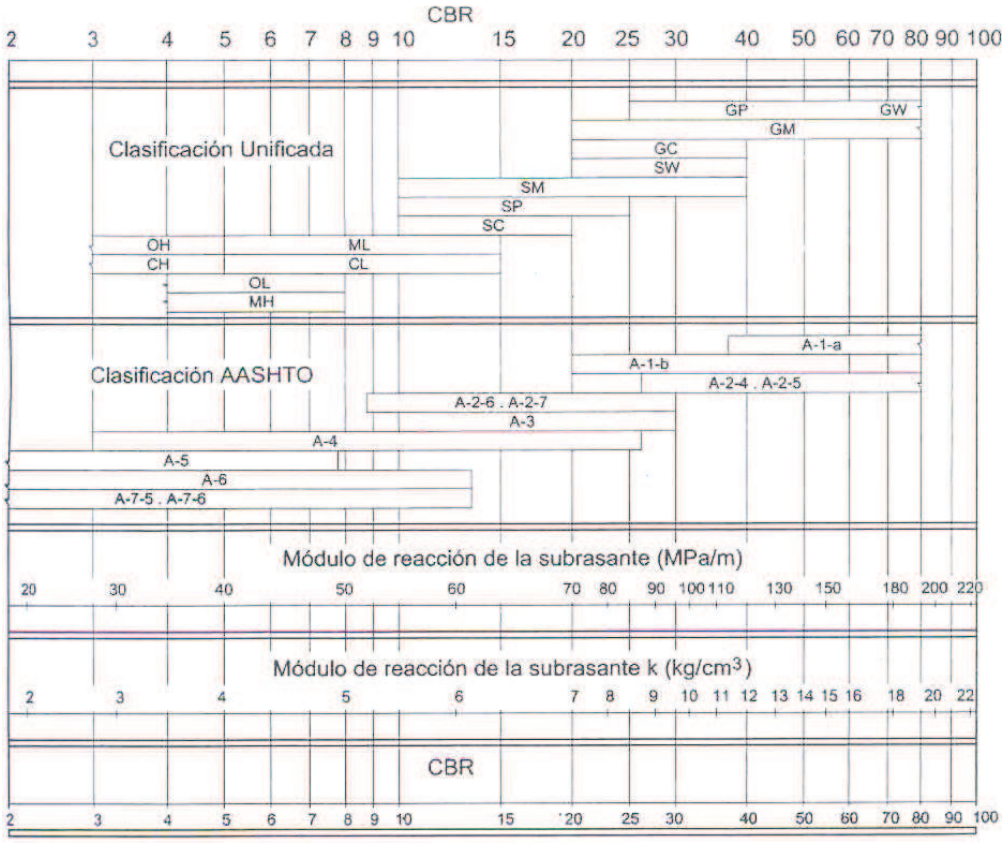
- **El suelo y el efecto de las capas de apoyo (Kc)**

  El parámetro que caracteriza al tipo de subrasante es el módulo de reacción de la subrasante (K). Adicionalmente se contempla una mejora en el nivel de soporte de la subrasante con la colocación de capas intermedias granulares o tratadas, efecto que mejora las condiciones de apoyo y puede llegar a reducir el espesor calculado de concreto. Esta mejora se introduce con el módulo de reacción combinado (Kc).

  El ensayo para determinar el módulo de reacción de la subrasante, llamado también ensayo de placa, tiene por objetivo determinar la presión que se debe ejercer para lograr una cierta deformación, que para este caso es de 13 mm. El ensayo esta normado en ASTM D – 1196 y AASHTO T – 222. Las unidades de K son Mpa / m.

  No obstante, para el presente Manual se utilizará la alternativa que da AASHTO de utilizar correlaciones directas que permiten obtener el coeficiente de reacción k en función de la clasificación de suelos y el CBR; para el efecto se presenta la siguiente figura.

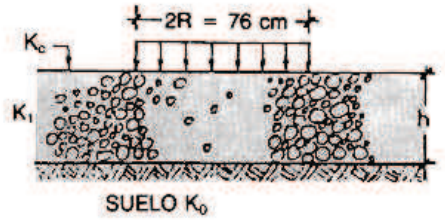
Figura 14.1
Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante



Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos
Manual Portland Cement Association: Subgrades and subbases for concrete pavements-Skokie. PCA 1971

Se considerarán como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor (subrasante pobre o subrasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual se analizarán alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos u otros productos aprobados por el MTC, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la mas conveniente técnica y económica.

La presencia de la sub base granular o base granular, de calidad superior a la subrasante, permite aumentar el coeficiente de reacción de diseño, en tal sentido se aplicará la siguiente ecuación:



$$K_C = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{0.5} \times K_0$$

K1 (kg/cm^3)	:	Coeficiente de reacción de la sub base granular
KC (kg/cm^3)	:	Coeficiente de reacción combinado
K0 (kg/cm^3)	:	Coeficiente de reacción de la subrasante
h	:	Espesor de la subbase granular

Cuadro 14.6
CBR mínimos recomendados para la SubBase Granular de Pavimentos Rígidos según Intensidad de Tráfico expresado en EE

TRÁFICO	ENSAYO NORMA	REQUERIMIENTO
Para trafico ≤ 15x10^6 EE	MTC E 132	CBR mínimo 40 % (1)
Para trafico > 15x10^6 EE	MTC E 132	CBR mínimo 60 % (1)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de carga de 0.1" (2.5mm)

- **Resistencia a flexotracción del concreto (MR)**

  Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93. El módulo de rotura (MR) esta normalizado por ASTM C – 78. En el ensayo el concreto es muestreado en

vigas. A los 28 días las vigas deberán ser ensayadas aplicando cargas en los tercios, y forzando la falla en el tercio central de la viga.

Para pavimentos los valores varían según los valores del Cuadro 14.7

Cuadro 14.7
Valores Recomendados de Resistencia del Concreto según rango de Tráfico

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'C)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm^2	280 kg/cm^2
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm^2	300 kg/cm^2
> 15'000,000 EE	45 kg/cm^2	350 kg/cm^2

El módulo de rotura (Mr) del concreto se correlaciona con el módulo de compresión (f´c) del concreto mediante la siguiente regresión:

$$Mr = a\sqrt{f'c}$$ (Valores en kg/cm^2), según el ACI 363

Donde los valores "a" varían entre 1.99 y 3.18

- **Módulo elástico del concreto**

  El módulo de elasticidad del concreto es un parámetro particularmente importante para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado. La predicción del mismo se puede efectuar a partir de la resistencia a compresión o flexotracción, a través de correlaciones establecidas.

  En el caso de concretos de alto desempeño, resistencia a compresión superior a 40 Mpa, la estimación utilizando las fórmulas propuestas por distintos códigos puede ser incierta puesto que existen variables que no han sido contempladas, lo que las hace objeto de continuo estudio y ajuste.

  AASHTO'93 indica que el módulo elástico puede ser estimado usando una correlación, precisando la correlación recomendada por el ACI:

  $$E = 57{,}000x(f'c)^{0.5}$$; **(f'c en PSI)**

  El ensayo ASTM C – 469 calcula el módulo de elasticidad del concreto

- **Drenaje (Cd)**

  La presencia de agua o humedad en la estructura del pavimento trae consigo los siguientes problemas:

- ✓ Erosión del suelo por migración de partículas
- ✓ Ablandamiento de la subrasante por saturación prolongada, especialmente en situaciones de congelamiento
- ✓ Degradación del material de la carpeta de rodadura por humedad
- ✓ Deformación y fisuración creciente por pérdida de capacidad estructural

La metodología de diseño AASHTO 93 incorpora el coeficiente de drenaje (Cd) para considerarlo en el diseño.

Las condiciones de drenaje representan la probabilidad de que la estructura bajo la losa de concreto mantenga agua libre o humedad por un cierto tiempo. En general el nivel de drenaje de las capas intermedias depende de los tipos de drenaje diseñados, el tipo y permeabilidad de las capas de subbase, tipo de subrasante, condiciones climáticas, grado de precipitaciones, entre otras.

El coeficiente de drenaje Cd varía entre 0.70 y 1.25, según las condiciones antes mencionadas. Un Cd alto implica un buen drenaje y esto favorece a la estructura, reduciendo el espesor de concreto a calcular. Para la definición de las secciones de estructuras de pavimento del presente Manual, el coeficiente de drenaje para las capas granulares asumido, fue de 1.00.

Pasos para el cálculo del Cd

1. Se determina la calidad del material como drenaje en función de sus dimensiones, granulometría, y características de permeabilidad.

Cuadro 14.8
Condiciones de Drenaje

Calidad de Drenaje	50% de saturacion en:	85% de saturacion en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	más de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	mucho más de 10 horas

Si el material después de ser saturado con agua cumple con uno de los requisitos del Cuadro 14.8, se puede considerar como un drenaje excelente, bueno, regular, pobre o muy pobre.

2. Una vez caracterizado el material y su calidad de drenaje, se calcula el Cd correlacionándolo con el grado de exposición de la estructura a niveles de humedad próximos a la saturación, utilizando para ello el Cuadro 14.9.

Cuadro 14.9
Coeficiente de Drenaje de las Capas Granulares Cd

Calidad de Drenaje	% del tiempo en que el pavimento esta expuesto a niveles de humedad próximos a la saturacion			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

- **Transferencia de cargas (J)**

  Es un parámetro empleado para el diseño de pavimentos de concreto que expresa la capacidad de la estructura como transmisora de cargas entre juntas y fisuras.

  Sus valores dependen del tipo de pavimento de concreto a construir, la existencia o no de berma lateral y su tipo, la existencia o no de dispositivos de transmisión de cargas.

  El valor de J es directamente proporcional al valor final del espesor de losa de concreto. Es decir, a menor valor de J, menor espesor de concreto.

Cuadro N° 14.10
Valores de Coeficiente de Transmisión de Carga J

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)	SI (con pasadores)	NO (con pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Para la definición de las secciones de estructuras de pavimento del presente Manual, el coeficiente de transmisión de carga J asumido, fue de 3.2, considerando las condiciones de la prueba AASHO, que representa como soporte lateral una berma de material granular o una berma con carpeta asfáltica.

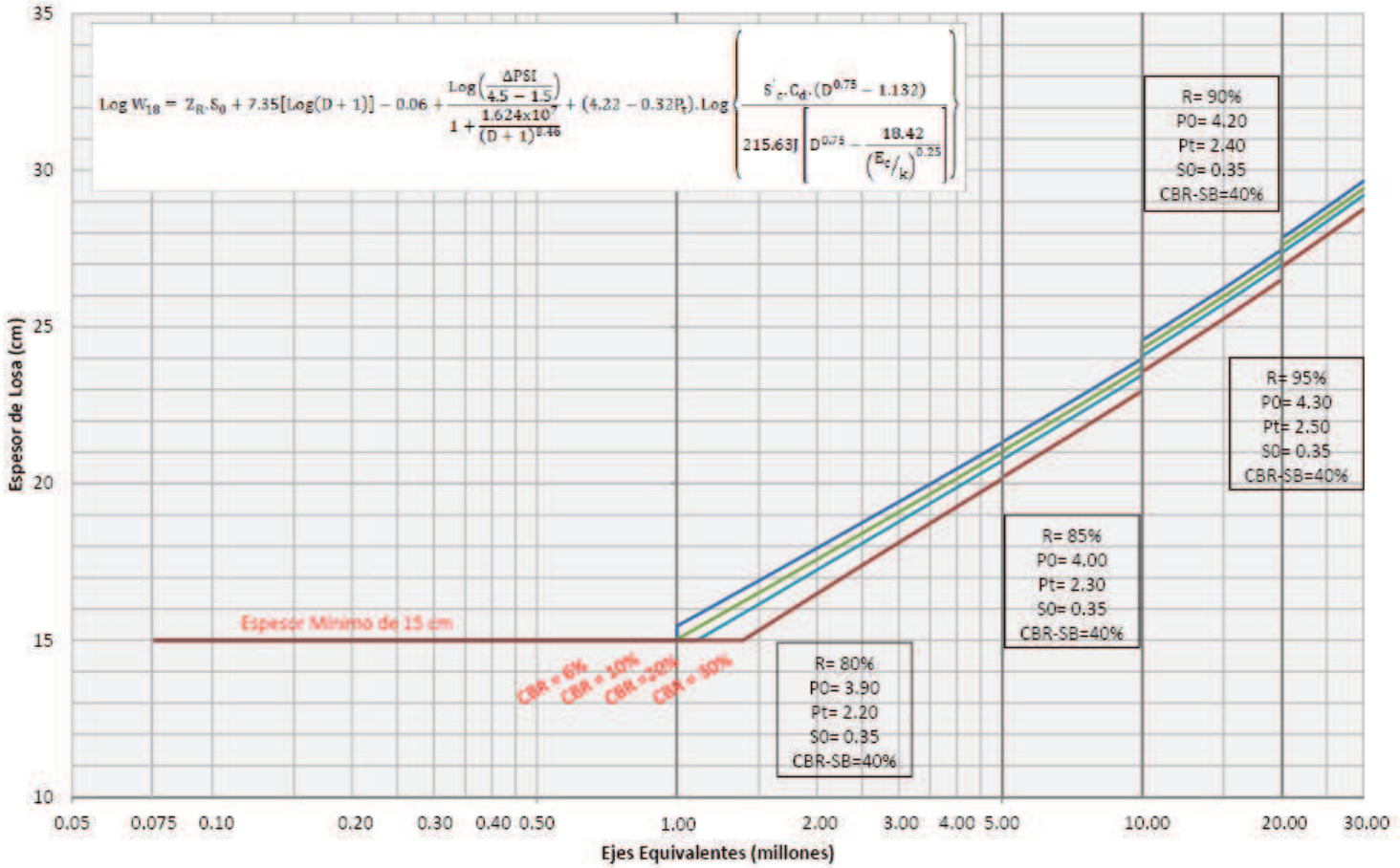
14.2 SECCIONES DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RÍGIDO

En función a los parámetros requeridos por AASHTO y especificados en los cuadros anteriores, se han determinado los espesores de losa requeridos, para cada rango de tráfico expresado en ejes equivalentes (EE) y rango de tipo de suelos, según se presenta en las figuras 14.2, 14.3, 14.4 y 14.5 y en las Figuras 14.2a y 14.2b, 14.3a y 14.3b, 14.4a y 14.5a se presentan ilustrativamente y referencialmente, catálogos de estructuras de pavimentos rígidos, que no sustituyen al diseño que deberá realizar el Ingeniero Responsable del Diseño.

Para determinar las secciones de estructuras de pavimento rígido, se consideraron como espesor mínimo de losa de concreto 150 mm y espesor de subbase granular 150 mm.

Figura 14.2

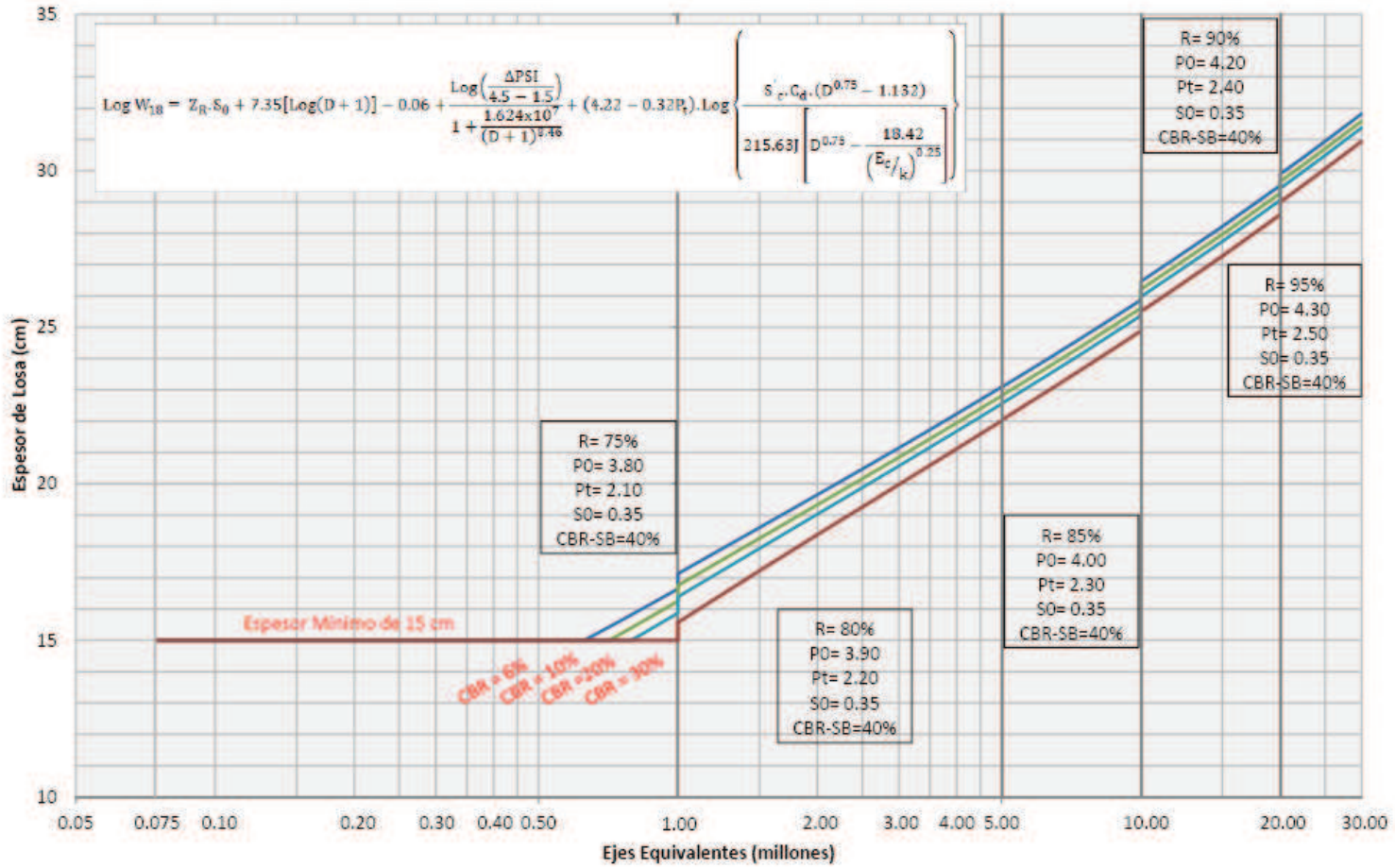
ESPESOR DE LOSA PARA PAVIMENTO RIGIDO J=2.8



Fuente: Elaboración propia en base al Método AASHTO 93.

Figura 14.3

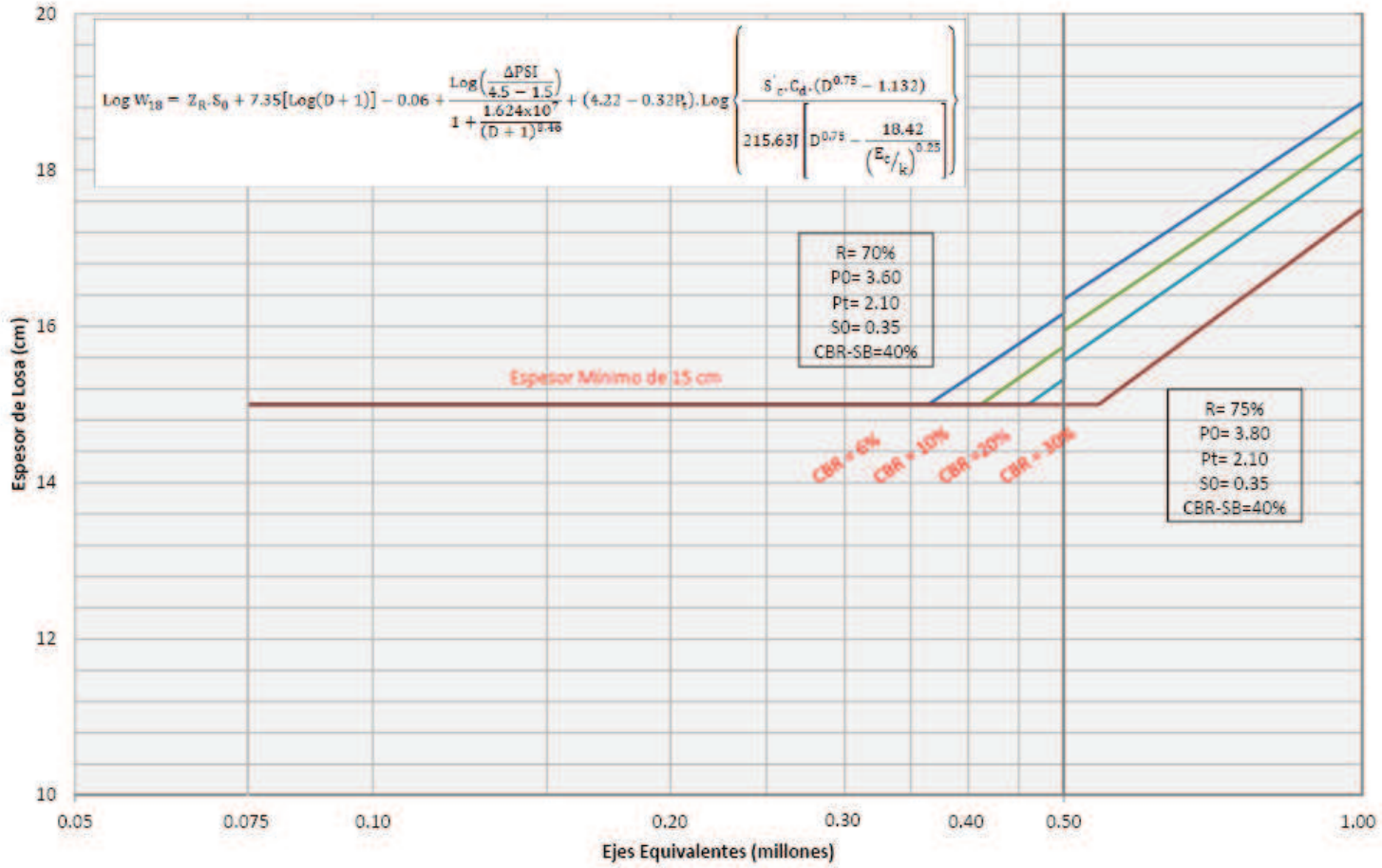
ESPESOR DE LOSA PARA PAVIMENTO RIGIDO J=3.2



Fuente: Elaboración propia en base al Método AASHTO 93.

Figura 14.4

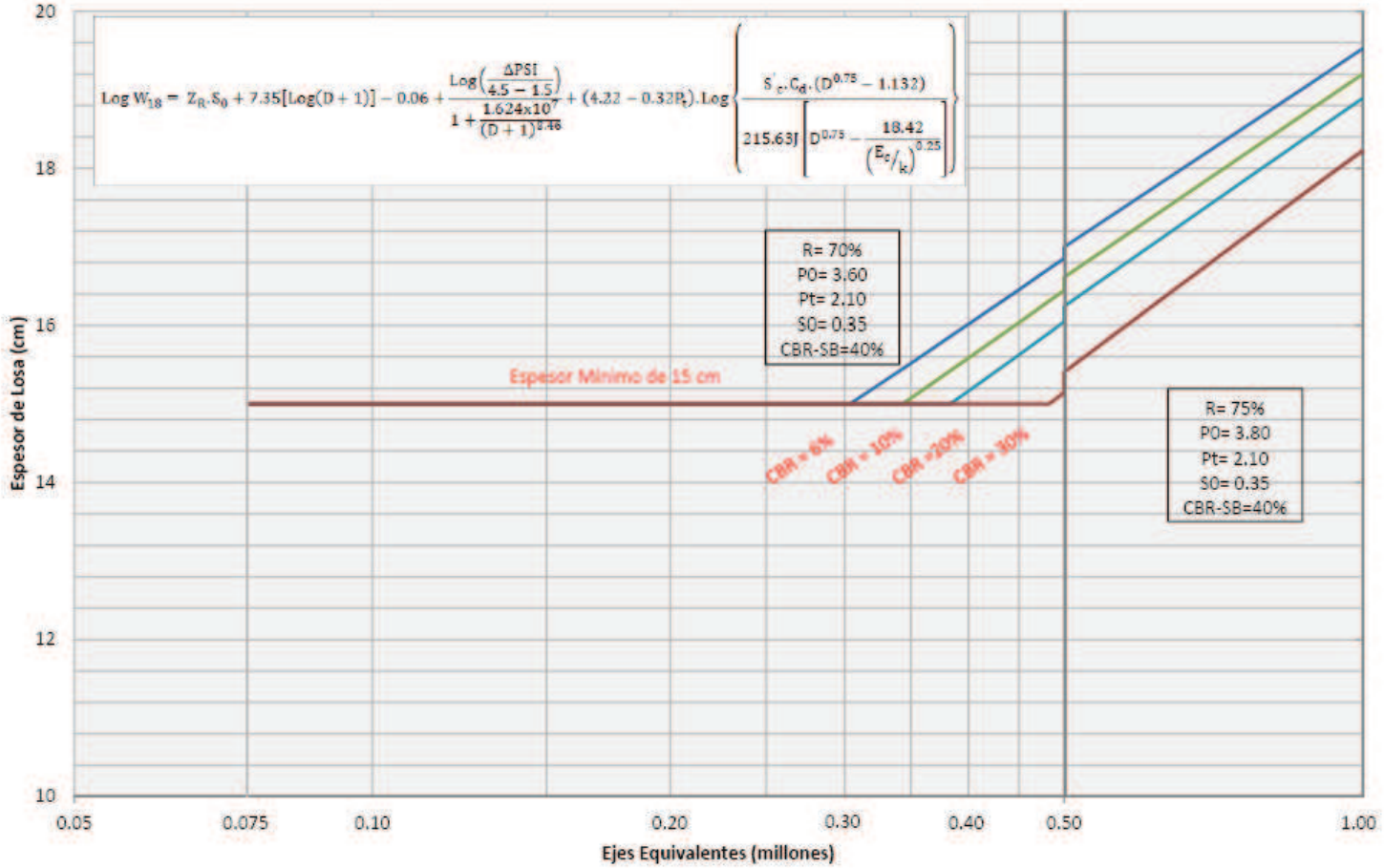
ESPESOR DE LOSA PARA PAVIMENTO RIGIDO J=3.8



Fuente: Elaboración propia en base al Método AASHTO 93.

Figura 14.5

ESPESOR DE LOSA PARA PAVIMENTO RIGIDO J=4.0



Fuente: Elaboración propia en base al Método AASHTO 93.

Figura 14.2a

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y CON BERMAS DE CONCRETO Y PARA UN FACTOR J=2.8

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR%	MR								
CBR < 6%	< 185PCI (52MPa/m)	15cm / 15cm / (*)	15cm / 15cm / (*)	15cm / 15cm / (*)	15cm / 15cm / (*)	15cm / 15cm / (*)	17cm / 15cm / (*)	20cm / 15cm / (*)	22cm / 15cm / (*)
≥ 6% CBR < 10%	> 185PCI (52MPa/m) < 223PCI (63MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	17cm / 15cm	20cm / 15cm	22cm / 15cm
≥ 10% CBR < 20%	> 223PCI (63MPa/m) < 279PCI (79MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	17cm / 15cm	19cm / 15cm	21cm / 15cm
≥ 20% CBR < 30%	> 279PCI (79MPa/m) < 373PCI (105MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	16cm / 15cm	19cm / 15cm	21cm / 15cm
CBR ≥ 30%	> 373PCI (105MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	16cm / 15cm	18cm / 15cm	20cm / 15cm

Losa de Concreto

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. J = 2.8 (Pavimento Rígido con Bermas de Concreto y con Pasadores).
4. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
   a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada cuatro años.
   b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada ocho años.
   c) Efectuar mantenimiento del Pavimento existente y periódicamente Resellado de juntas.

Figura 14.2b

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y CON BERMAS DE CONCRETO Y PARA UN FACTOR J=2.8

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
		5'000,001-7'500,000	7'500,001-10'000,000	10'000,001-12'500,000	12'500,001-15'000,000	15'000,001-20'000,000	20'000,001-25'000,000	25'000,001-30'000,000
CBR%	MR							
CBR < 6%	≤ 185PCI (52MPa/m)	23cm / 15cm / (*)	24cm / 15cm / (*)	26cm / 15cm / (*)	27cm / 15cm / (*)	27cm / 15cm / (*)	29cm / 15cm / (*)	30cm / 15cm / (*)
≥ 6% CBR < 10%	> 185PCI (52MPa/m) ≤ 223PCI (63MPa/m)	23cm / 15cm	24cm / 15cm	26cm / 15cm	27cm / 15cm	27cm / 15cm	29cm / 15cm	30cm / 15cm
≥ 10% CBR < 20%	> 223PCI (63MPa/m) ≤ 279PCI (79MPa/m)	23cm / 15cm	24cm / 15cm	26cm / 15cm	26cm / 15cm	27cm / 15cm	29cm / 15cm	30cm / 15cm
≥ 20% CBR < 30%	> 279PCI (79MPa/m) ≤ 373PCI (105MPa/m)	23cm / 15cm	24cm / 15cm	25cm / 15cm	26cm / 15cm	26cm / 15cm	29cm / 15cm	29cm / 15cm
CBR ≥ 30%	> 373PCI (105MPa/m)	22cm / 15cm	23cm / 15cm	25cm / 15cm	25cm / 15cm	26cm / 15cm	28cm / 15cm	29cm / 15cm

Losa de Concreto

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. J = 2.8 (Pavimento Rígido con Bermas de Concreto y con Pasadores).
4. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada cuatro años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada ocho años.
c) Efectuar mantenimiento del Pavimento existente y periódicamente Resellado de juntas.

Figura 14.3a

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y CON BERMA GRANULAR O ASFALTICA Y PARA UN FACTOR J=3.2

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR%	MR								
CBR < 6%	< 185PCI (52MPa/m)	15cm / 15cm / (*)	15cm / 15cm / (*)	15cm / 15cm / (*)	16cm / 15cm / (*)	17cm / 15cm / (*)	19cm / 15cm / (*)	21cm / 15cm / (*)	23cm / 15cm / (*)
> 6% CBR < 10%	> 185PCI (52MPa/m) < 223PCI (63MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	16cm / 15cm	17cm / 15cm	19cm / 15cm	21cm / 15cm	23cm / 15cm
> 10% CBR < 20%	> 223PCI (63MPa/m) < 279PCI (79MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	16cm / 15cm	17cm / 15cm	19cm / 15cm	21cm / 15cm	23cm / 15cm
> 20% CBR < 30%	> 279PCI (79MPa/m) < 373PCI (105MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	16cm / 15cm	18cm / 15cm	21cm / 15cm	23cm / 15cm
CBR > 30%	> 373PCI (105MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	15cm / 15cm	18cm / 15cm	20cm / 15cm	22cm / 15cm

Losa de Concreto

Sub-base Granular

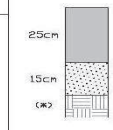
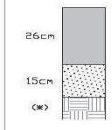
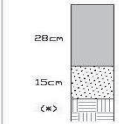
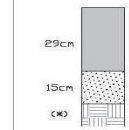
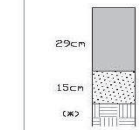
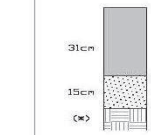
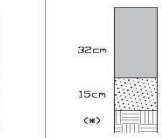
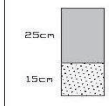
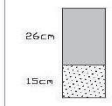
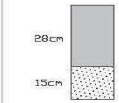
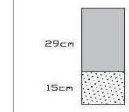
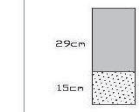
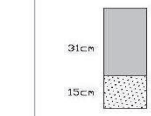
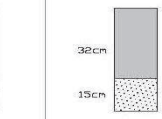
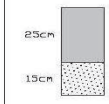
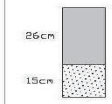
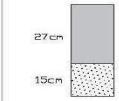
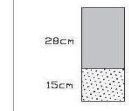
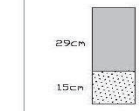
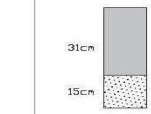
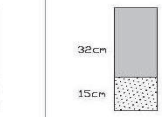
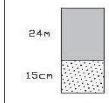
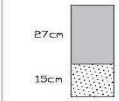
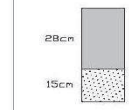
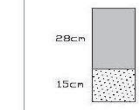
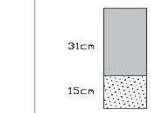
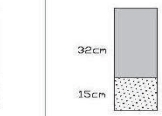
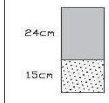
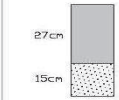
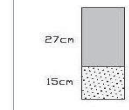
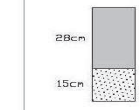
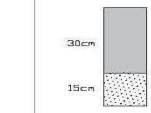
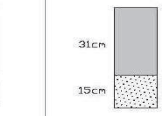
Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

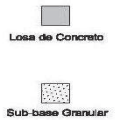
Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. J = 3.2 (Pavimento Rígido con Berma Granular o Asfáltica y con Pasadores).
4. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada cuatro años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada ocho años.
c) Efectuar mantenimiento del Pavimento existente y periódicamente Resellado de juntas.

Figura 14.3b

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO CON PASADORES Y CON BERMA GRANULAR O ASFALTICA Y PARA UN FACTOR J=3.2

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp8	Tp9	Tp10	Tp11	Tp12	Tp13	Tp14
		5'000,001-7'500,000	7'500,001-10'000,000	10'000,001-12'500,000	12'500,001-15'000,000	15'000,001-20'000,000	20'000,001-25'000,000	25'000,001-30'000,000
CBR%	MR							
CBR < 6%	< 185PCI (52MPa/m)							
> 6% CBR < 10%	> 185PCI (52MPa/m) < 223PCI (63MPa/m)							
> 10% CBR < 20%	> 223PCI (63MPa/m) < 279PCI (79MPa/m)							
> 20% CBR < 30%	> 279PCI (79MPa/m) < 373PCI (105MPa/m)							
CBR > 30%	> 373PCI (105MPa/m)							



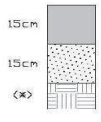
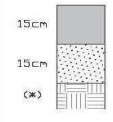
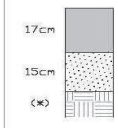
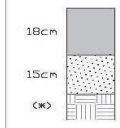
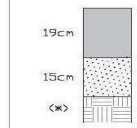
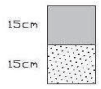
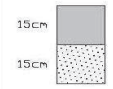
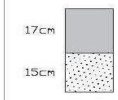
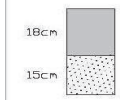
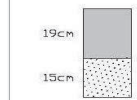
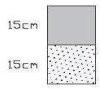
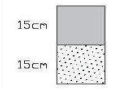
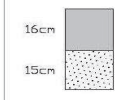
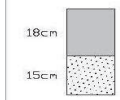
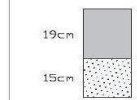
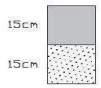
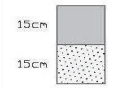
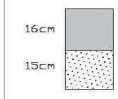
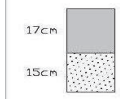
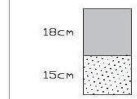
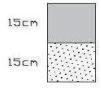
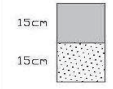
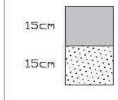
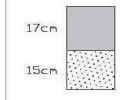
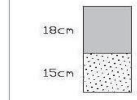
Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. J = 3.2 (Pavimento Rígido con Berma Granular o Asfáltica y con Pasadores).
4. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada cuatro años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada ocho años.
c) Efectuar mantenimiento del Pavimento existente y periódicamente Resellado de juntas.

Figura 14.4a

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO SIN PASADORES Y CON BERMAS DE CONCRETO Y PARA UN FACTOR J=3.8

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000
CBR%	MR					
CBR < 6%	< 185PCI (52MPa/m)					
> 6% CBR < 10%	> 185PCI (52MPa/m) < 223PCI (63MPa/m)					
> 10% CBR < 20%	> 223PCI (63MPa/m) < 279PCI (79MPa/m)					
> 20% CBR < 30%	> 279PCI (79MPa/m) < 373PCI (105MPa/m)					
CBR > 30%	> 373PCI (105MPa/m)					

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. J = 3.8 (Pavimento Rígido con Bermas de Concreto y sin Pasadores). Solo aplica para un tráfico máximo de 1'000,000 EE.
4. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
   a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada cuatro años.
   b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada ocho años.
   c) Efectuar mantenimiento del Pavimento existente y periódicamente Resellado de juntas.

Figura 14.5a

CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RIGIDO SIN PASADORES Y CON BERMA GRANULAR O ASFALTICA Y PARA UN FACTOR J=4.0

PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS

EE		Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4
		75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000
CBR%	MR					
CBR < 6%	< 185PCI (52MPa/m)	15cm / 15cm / (*)	15cm / 15cm / (*)	17cm / 15cm / (*)	19cm / 15cm / (*)	20cm / 15cm / (*)
> 6% CBR < 10%	> 185PCI (52MPa/m) < 223PCI (63MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	17cm / 15cm	19cm / 15cm	20cm / 15cm
> 10% CBR < 20%	> 223PCI (63MPa/m) < 279PCI (79MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	17cm / 15cm	19cm / 15cm	20cm / 15cm
> 20% CBR < 30%	> 279PCI (79MPa/m) < 373PCI (105MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	16cm / 15cm	18cm / 15cm	19cm / 15cm
CBR > 30%	> 373PCI (105MPa/m)	15cm / 15cm	15cm / 15cm	16cm / 15cm	17cm / 15cm	19cm / 15cm

Losa de Concreto

Sub-base Granular

Fuente: Elaboración propia en base a ecuación AASHTO.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.
2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
3. J = 4.0 (Pavimento Rígido con Berma Granular o Asfáltica y sin Pasadores). Solo aplica para un tráfico máximo de 1'000,000 EE.
4. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:
a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año; y Rugosidad, al menos una medición cada cuatro años.
b) Evaluaciones Estructurales del pavimento: Deflexiones, se efectuarán al menos una medición cada ocho años.
c) Efectuar mantenimiento del Pavimento existente y periódicamente Resellado de juntas.

14.3 JUNTAS LONGITUDINALES Y JUNTAS TRANSVERSALES

El objetivo de las juntas es controlar la fisuración y agrietamiento que sufre la losa del pavimento debido a la contracción propia del concreto por pérdida de humedad, así como a las variaciones de temperatura que sufre la losa por su exposición al medioambiente, y el gradiente de temperatura existente desde la superficie hasta la subbase.

Las juntas tienen las siguientes funciones:

- Controlar el agrietamiento transversal y longitudinal
- Dividir el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo y acordes con las direcciones de tránsito
- Permitir el movimiento y alabeo de las losas
- Proveer la caja para el material de sello
- Permitir la transferencia de carga entre las losas

Los diferentes tipos de juntas pueden agruparse en:

- Juntas longitudinales
- Juntas transversales

Las juntas longitudinales son las que delimitan los carriles que serán por donde transitaran los vehículos.

Las juntas transversales están dispuestas en sentido perpendicular a las longitudinales.

El tamaño de las losas determina en cierta forma la disposición de las juntas transversales y las juntas longitudinales. La longitud de la losa no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho y que no sea mayor a 4.50 m. En zonas de altura mayores a 3000 msnm se recomienda que las losas sean cuadradas o en todo caso, losas cortas conservando el espesor definido según AASHTO y el Manual.

Cuadro 14.11
Dimensiones de Losa

ANCHO DE CARRIL (M) = ANCHO DE LOSA (M)	LONGITUD DE LOSA (M)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Una construcción adecuada y oportuna, acompañada de un correcto diseño, son claves para que las juntas tengan un buen desempeño. El sellado de las juntas debe ser eficiente para mantener al sistema en funcionamiento.

Para un correcto diseño de juntas hay que tener en cuenta:

- Condiciones ambientales, los cambios de temperatura y humedad inducen el movimiento entre las losas, generando concentraciones de esfuerzos y alabeos.
- Espesor de la losa, influye en los esfuerzos que generan alabeo y deflexiones.
- Sistema de transferencia de cargas, es necesaria en toda junta de concreto.
- Nivel de tránsito, el tipo y volumen de vehículos pesados influye notablemente en las exigencias de los mecanismos de transferencia de carga a optar.
- Características de los materiales, los insumos del concreto afectan su resistencia y el dimensionamiento de las juntas. Los insumos determinan el movimiento entre las losas.
- Tipo de subbase, el valor soporte afecta la estructura del pavimento, y la fricción de la interfase afectan el movimiento y soporte de las losas.
- Materiales sellantes, la longitud de las losas afecta el sellador ha elegir
- Diseño de la berma, el tipo de berma, la presencia de sobreanchos, afecta el soporte lateral y la capacidad de las juntas para la transferencia de cargas.
- Debe prepararse un plano de distribución de juntas, identificando las juntas longitudinales, las juntas transversales de contracción y de dilatación; en este plano se identificarán las losas irregulares que requieran refuerzo y/o las losas donde se ubican tapas de buzón o de cajas de paso y que también requieren refuerzo.

Tipos de juntas

Los tipos de juntas en los pavimentos de concreto son los siguientes:

14.3.1 JUNTAS LONGITUDINALES

- Juntas longitudinales de contracción, dividen los carriles de tránsito y controlan el agrietamiento y fisuración cuando se construyen en simultáneo dos o más carriles. En ese caso, se logran mediante el corte a la tercera parte del espesor de la losa de concreto, con un disco de 3 mm. La transferencia de carga en las juntas longitudinales se logra mediante la trabazón de los agregados, y se mantiene con el empleo de barras de amarre, que son de acero y corrugadas.

- Junta longitudinal de construcción, se constituyen de acuerdo al encofrado utilizado o a las pasadas de la pavimentadora de encofrado deslizante. La transferencia de carga se puede lograr mediante el empleo de juntas tipo llave o machihembradas. No se recomienda el empleo de juntas tipo llave en pavimentos con espesores de losa

menores a 25 cm. Las juntas tipo llave requieren necesariamente el empleo de barras de amarre para asegurar que los carriles permanezcan lo suficientemente juntos para que la llave funcione. Cuando no se emplean juntas tipo llave, la barra de amarre puede ser capaz de aportar la totalidad de la transferencia de carga, debido a que el tránsito es canalizado al carril del pavimento.

14.3.2 JUNTAS TRANSVERSALES

- **Juntas transversales de contracción,** se construyen transversalmente a la línea central del pavimento y están espaciadas para controlar la fisuración y el agrietamiento provocado por la retracción del concreto, y por los cambios de humedad y temperatura. De ser posible se harán coincidir las juntas transversales de contracción con las de construcción.

  El espaciamiento recomendado entre juntas no debe exceder los 4.50 metros.

  Se realizan cortando el concreto hasta la tercera parte del espesor de la losa, con un disco de corte de 3 mm, que logra la abertura suficiente para inducir la fisura. La transferencia de carga se puede dar mediante la trabazón de los agregados o mediante el empleo de pasadores.

- **Juntas transversales de construcción,** son las juntas generadas al final de la jornada de trabajo. Estas juntas se deben localizar y construir en el lugar planeado siempre que sea necesario. En estas juntas se requiere el empleo de pasadores para la transmisión de carga.

- **Juntas transversales de dilatación**, los pavimentos de concreto normalmente no requieren este tipo de juntas. Anteriormente se empleaban este tipo de juntas para reducir los esfuerzos de compresión, sin embargo, esto ocasionaba que las juntas de contracción se abrieran más de lo necesario deteriorando la trabazón de los agregados y por lo tanto afectando la transferencia de carga.

  El propósito de una junta de dilatación es el de aislar una estructura sobre carril del pavimento. En algunos casos no es recomendable el empleo de pasadores, por ejemplo en intersecciones en que los movimientos de las losas, si están unidad, podrían dañar al concreto adyacente. Por lo general tienen anchos de 18 a 25 mm, en donde se coloca un material compresible que llene el espacio entre las caras de las losas.

  A todas las juntas de contracción que estén al menos a 30 metros se les deben colocar pasadores para garantizar la transmisión de carga, dado que se ha reducido la eficiencia de la trabazón de agregados por la presencia de la junta de dilatación. Cuando no presentan pasadores, las juntas de dilatación se diseñan con un sobre espesor en los bordes adyacentes.

14.3.3 MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA

Es la capacidad que tiene una junta de transferir algo de la carga de un lado de la junta a otro, es decir de un paño al paño adyacente.

Un adecuado mecanismo de transferencia se requiere para asegurar un buen desempeño del pavimento dado que disminuye las deflexiones, reduce el escalonamiento, el despostillamiento en las juntas, y las fisuras en las esquinas.

Los mecanismos que contribuyen a la transferencia de cargas entre losas adyacentes son:

- **Trabazón de agregados,** es el engranaje mecánico que existe entre los agregados de ambas caras de las losas adyacentes. Depende de la resistencia al corte de las partículas de los agregados, del espaciamiento entre las juntas transversales, del tipo de subbase, y del tránsito.

  El tamaño de los agregados es crítico para la transferencia de carga. Cuando el tamaño es menor de 25 mm proveen una resistencia marginal. Por lo general el comportamiento de los agregados triturados es mejor que el de los zarandeados.

  Estudios indican que la trabazón de agregados puede funcionar para pavimentos diseñados con un Número de Repeticiones de EE menores a 4 millones en el periodo de diseño.

- **Pasadores ó dowells,** incrementan mecánicamente la transferencia de carga aportada por la trabazón de agregados, es necesaria para pavimentos con un Número de Repeticiones de EE mayores a 4 millones en el periodo de diseño.

  Son barras de acero lisas (cuyo diámetro aproximado es 1/8 del espesor de la losa), insertadas en la mitad de las juntas con el propósito de transferir cargas sin restringir el movimiento de las losas y permitiendo el alineamiento horizontal y vertical. El empleo de pasadores disminuye las deflexiones y los esfuerzos del concreto, reduciendo el escalonamiento, bombeo y las fallas de esquina.

Cuadro 14.12
Diámetros y Longitudes recomendados en pasadores

RANGO DE ESPESOR DE LOSA (MM)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELLS (MM)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (MM)
	MM	PULGADA		
150 - 200	25	1"	410	300
200 – 300	32	1 ¼"	460	300
300 – 430	38	1 ½"	510	380

- **Subbases tratadas,** reducen la deflexión en las juntas al incrementar la capacidad de soporte del suelo (K equivalente).

14.3.4 BARRAS DE AMARRE

Son aceros corrugados colocados en la parte central de la junta longitudinal con el propósito de anclar carriles adyacentes, mejorando la trabazón de los agregados y contribuyendo a la integridad del sello empleado. Como ya se ha mencionado, pueden servir como mecanismos de transferencia de carga.

Cuadro 14.13
Diámetros y Longitudes recomendados en Barras de Amarre

ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 M	3.60 M
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm
210	1.27 x 78	@ 76 cm	@ 76 cm
220	1.27 x 79	@ 76 cm	@ 76 cm
230	1.59 x 76	@ 91 cm	@ 91 cm
240	1.59 x 79	@ 91 cm	@ 91 cm
250	1.59 x 81	@ 91 cm	@ 91 cm
260	1.59 x 82	@ 91 cm	@ 91 cm
270	1.59 x 84	@ 91 cm	@ 91 cm
280	1.59 x 86	@ 91 cm	@ 91 cm
290	1.59 x 89	@ 91 cm	@ 91 cm
300	1.59 x 91	@ 91 cm	@ 91 cm

14.3.5 SELLADO DE LAS JUNTAS

La función principal de sellar las juntas en los pavimentos rígidos es la de minimizar la infiltración de agua y el ingreso de partículas incompresibles dentro de la junta.

El ingreso de agua contribuye al deterioro de las capas de soporte, subrasante o subbase, causando la pérdida de apoyo, asentamientos diferenciales y escalonamiento. Se debe a que el agua toma los finos de las capas y los elimina por el fenómeno de bombeo causado por el paso de las cargas de tránsito. La pérdida de finos constituye la erosión de las capas de apoyo, y acelera el deterioro del pavimento.

El ingreso de materiales incompresibles restringe el movimiento permitido por las juntas, y además contribuyen al despostillamiento y pueden producir roturas en el concreto.

En la elección de los materiales selladores se debe tener en cuenta el espaciamiento entre juntas, los tipos de juntas, la exposición a medios agresivos.

Los movimientos longitudinales (en dirección del carril de tránsito) inducen mayores tensiones y deformaciones en el sellador de las juntas transversales que los de los selladores en las juntas longitudinales.

El sellador debe ser capaz de soportar los esfuerzos producidos por los movimientos de las losas adyacentes. Pueden ser líquidos y preformados.

Un aspecto importante en el comportamiento de los selladores es la preparación de las cajas de sello.

Diseño de las caja de sello para selladores líquidos

Es necesario calcular primero el movimiento de las juntas transversales para obtener un diseño adecuado. El movimiento se logra con la siguiente ecuación:

$$\Delta L = CL(\alpha \Delta T + \varepsilon)$$

Donde:

ΔL = movimiento de las losas
L = longitud de la losa
α = Coeficiente de expansión térmica del concreto
ΔT = Gradiente térmico (máxima temperatura que alcanza el concreto en su colocación y temperatura más baja del año)
ε = Coeficiente de contracción del concreto

Una vez obtenida el movimiento entre losas (ΔL), y eligiendo el ancho de la caja de sello (6mm por ejemplo), podemos elegir el tipo de sellador a utilizar teniendo en consideración el % de elongación que debe cumplir.

A continuación se muestra el Cuadro N° 14.3-4 referencial con valores de Coeficiente de expansión térmica del concreto dependiendo de la naturaleza de su agregado:

Cuadro 14.14
Valores Referenciales de Coeficiente de Expansión

TIPOS DE AGREGADOS	COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA 10^ -6 / °C
Cuarzo	3.7
Arenisca	3.6
Grava	3.3
Granito	2.9
Basalto	2.7
Caliza	2.1

Asimismo se adjunta el Cuadro 14.15 con valores referenciales de Coeficientes de contracción del concreto.

Cuadro 14.15
Valores Referenciales de Coeficiente de Contracción

Resistencia a la tracción indirecta, Mpa	Coeficiente de Contracción, mm / mm
< 2.1	0.0008
2.8	0.0006
3.5	0.00045
4.2	0.0003
> 4.9	0.0002

Factor de forma

El factor de forma es la relación entre la profundidad y ancho de un sellador líquido vertido en una junta. El ancho del corte y la profundidad de inserción del cordón de respaldo determinan la forma del sellador.

Los distintos selladores líquidos soportan diferentes niveles de deformación que dependen de la elongación propia del sellador y del factor de forma. La mayoría de los selladores líquidos de vertido en caliente puede soportar un 20% de elongación respecto a su ancho final y las siliconas y otros materiales pueden soportar hasta un 100%.

Se aconseja dimensionar las cajas de manera que la elongación total no supere el 50%.

Al momento de colocación se debe garantizar que el sellador quede entre 6 y 10 mm por debajo de la superficie del pavimento para evitar su extrusión y posterior desprendimiento producto del paso de los neumáticos.

Los cordones de respaldo se comprimen 25% por lo que hay que considerar esto al momento de colocarlos.

Diseño de la caja de sello para selladores preformados

Al igual que en los líquidos, se debe conocer los rangos de movimiento entre las losas, y la temperatura del pavimento en su colocación. El sello preformado trabaja entre rangos de 20 – 50% de elongación.

El ancho de corte se calcula mediante:

$$Sc = (1-Pc)x\ W$$

Donde:

Sc = ancho de corte en la junta
W = ancho de sello sin comprimir
Pc = % de compresión del sello en el momento de la instalación (decimal)

Pc = C min + ((temp de instalación – temp mínima) / (temp. Máxima – temp. Mínima)) X (Cmax – Cmin)

Donde:

Cmin = compresión mínima recomendada del sello (generalmente 0.2)
Cmax = compresión máxima recomendada del sello (generalmente 0.5)

14.4 BERMAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Las bermas tienen por finalidad proveer soporte de borde a la calzada de pavimento, asistencia a los vehículos en problemas, incrementar la seguridad, y prevenir la erosión de las capas inferiores.

Los tipos de berma que se encuentran disponibles son:

- Concreto
- Asfalto
- Granulares

Los criterios generales expuestos en el capítulo 12, numeral 12.3 del presente Manual, son válidos para las bermas del pavimento rígido, con excepción de lo explícitamente indicando en este acápite.

14.4.1 BERMAS DE CONCRETO

A continuación se muestran los diferentes tipos de berma de concreto que se pueden emplear:

- **Espesor total (bermas ancho igual o menor a 1.20m)**
  Utilizado mayormente en pavimentos urbanos donde el acceso es limitado y se puede emplear para realizar mantenimiento futuro, o se desea realizar una ampliación. Se emplean barras de amarre en la junta longitudinal y pasadores en las transversales.

- **Espesor parcial (bermas ancho mayor a 1.20m)**
  El espesor se puede basar en un 5% de los Ejes Equivalentes del carril de diseño.

  Si la berma será empleada para sostener una parte sustancial del tránsito como parte de una política o esquema de mantenimiento, el diseñador debe proceder de la misma manera que para el pavimento de la calzada, basándose en la cantidad de tránsito estimado que pasará por la berma en los periodos de mantenimiento.

  El mínimo espesor es 15 cm. El corte de las juntas debe mantener el mismo patrón que la línea principal y aplican pasadores. Se deben emplear barras de amarre

14.4.2 BERMAS DE ASFALTO

Presentan las mismas consideraciones que las desarrolladas para pavimentos flexibles

14.4.3 BERMAS GRANULARES

Pueden emplearse para pavimentos rurales de bajo tránsito.

14.5 MATERIALES DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Los materiales del pavimento rígido como son:

- Concreto
- Acero y canastillas
- Selladores
- Cordones de respaldo

Están especificados en el Capítulo 11 del presente Manual y en las Especificaciones Técnicas Generales vigentes del MTC, Sección 438 Pavimento de Concreto Hidráulico.

14.6 REFUERZO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS

El refuerzo de un pavimento rígido será necesario cuando presente fallas generalizadas de tipo estructural, con grietas, roturas y escalonamientos en juntas, asientos y daños superficiales, que no puedan ser reparados económicamente por los métodos ordinarios de conservación y que afecten a corto plazo la comodidad del usuario.

En todos los casos se procederá a un estudio especial para determinar la causa de las fallas y adoptar las medidas precisas (parchados, reparación parcial o total de losa, colocación de barras de transferencia de carga, drenaje, estabilización mediante inyecciones de lechada, etc), antes de proceder al refuerzo, a fin de asegurar que el pavimento antiguo constituye un asiento suficientemente estable para las nuevas capas.

El refuerzo podrá realizarse con mezcla asfáltica en caliente o con concreto hidráulico.

Cuando el refuerzo sea asfáltico, se tendrá en cuenta que para impedir la reflexión de juntas y grietas en el nuevo pavimento asfáltico, se debe analizar la atenuación de la reflexión de juntas y grietas, aplicando por ejemplo, mallas, geosintéticos o un SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer) y la colocación de espesores gruesos de capa asfáltica en caliente, colocada en dos capas, sirviendo la primera capa como nivelante y de regularización.

Si el refuerzo se realiza con otro pavimento de concreto (rígido), este podrá colocarse directamente sobre el pavimento existente (refuerzo parcialmente adherente) o con interposición de una capa aislante (refuerzo no adherente).

Los refuerzos parcialmente adherentes de concreto no se recomiendan cuando el pavimento existente esté excesivamente fisurado y agrietado, por los efectos de la reflexión de grietas. Por otra parte es conveniente que las juntas de ambos pavimentos coincidan.

En los refuerzos no adherentes, la capa aislante tiene por objeto principal evitar la adherencia entre los dos pavimentos, así como impedir la transmisión de grietas y juntas; y, servir también como capa de regularización o nivelante. En este caso se recomienda el empleo de una mezcla bituminosa con un espesor mínimo, medido en cualquier punto, de 3 cm. También se puede emplear una lámina de polietileno, malla o geosintético que impida la adherencia.

Para determinar el espesor del nuevo pavimento de concreto con juntas, se recomienda calcular en primer lugar el espesor necesario como si se tratara de un pavimento nuevo, para el periodo de proyecto, rango de tráfico y calidad de la subrasante. El espesor obtenido se reducirá en función del aporte del pavimento existente y del tipo de refuerzo a colocar.

El refuerzo de concreto a colocar seguirá los criterios para el diseño de pavimentos rígidos nuevos.

En determinados casos, puede ser necesario romper el pavimento existente en bloques de tamaño inferior a 0,2 m^2 que, deben ser adecuadamente apisonados y asentados con el rodillo, constituyéndose en el apoyo del nuevo pavimento flexible o rígido.

Además, de lo indicado con la aplicación del refuerzo en los pavimentos aparecen algunos problemas constructivos, cuyo detenido estudio debe ser la base para la adopción de la solución más correcta en cada caso; por ejemplo, considerar:

- El mantenimiento del tráfico durante la ejecución de los trabajos en condiciones aceptables, puede ser causa determinante de la elección del tipo de refuerzo.
- El aumento de espesor de la calzada crea un desnivel con las bermas, que por seguridad vial deben ser también niveladas.
- Debe tenerse en cuenta las posibles mejoras de drenaje.
- La solución de los eventuales problemas que puedan presentarse en ensanches del pavimento, en pequeñas correcciones de trazado y en la ejecución de bermas.
- Plano de distribución de juntas longitudinales y transversales.

14.7 DETALLES TÍPICOS

Figura 6

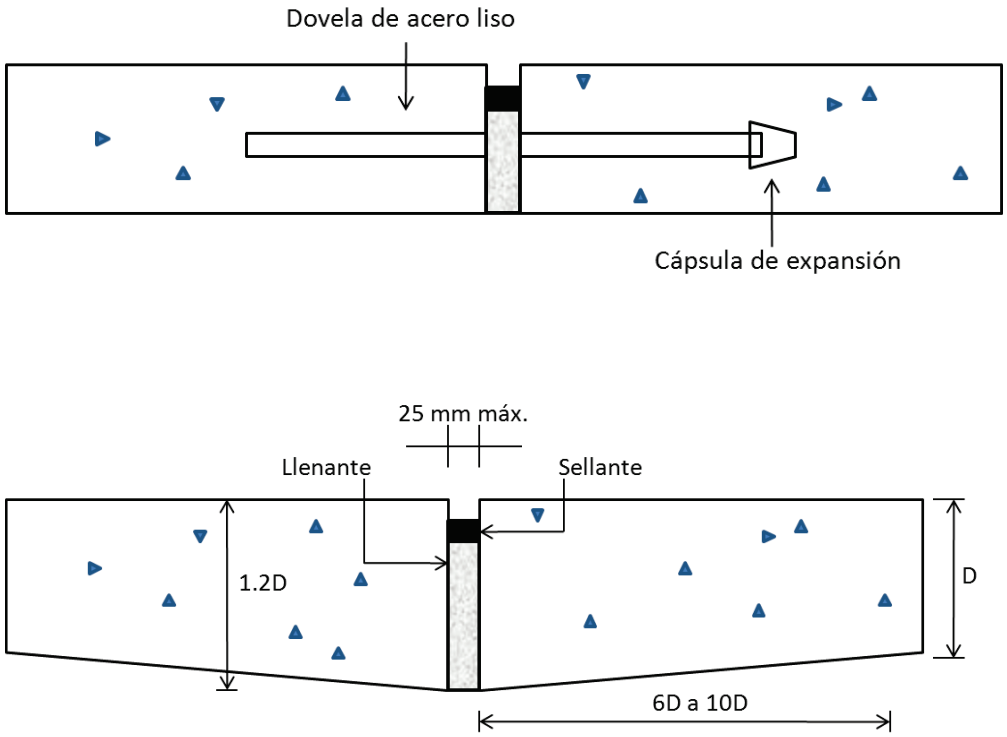


Figura 7

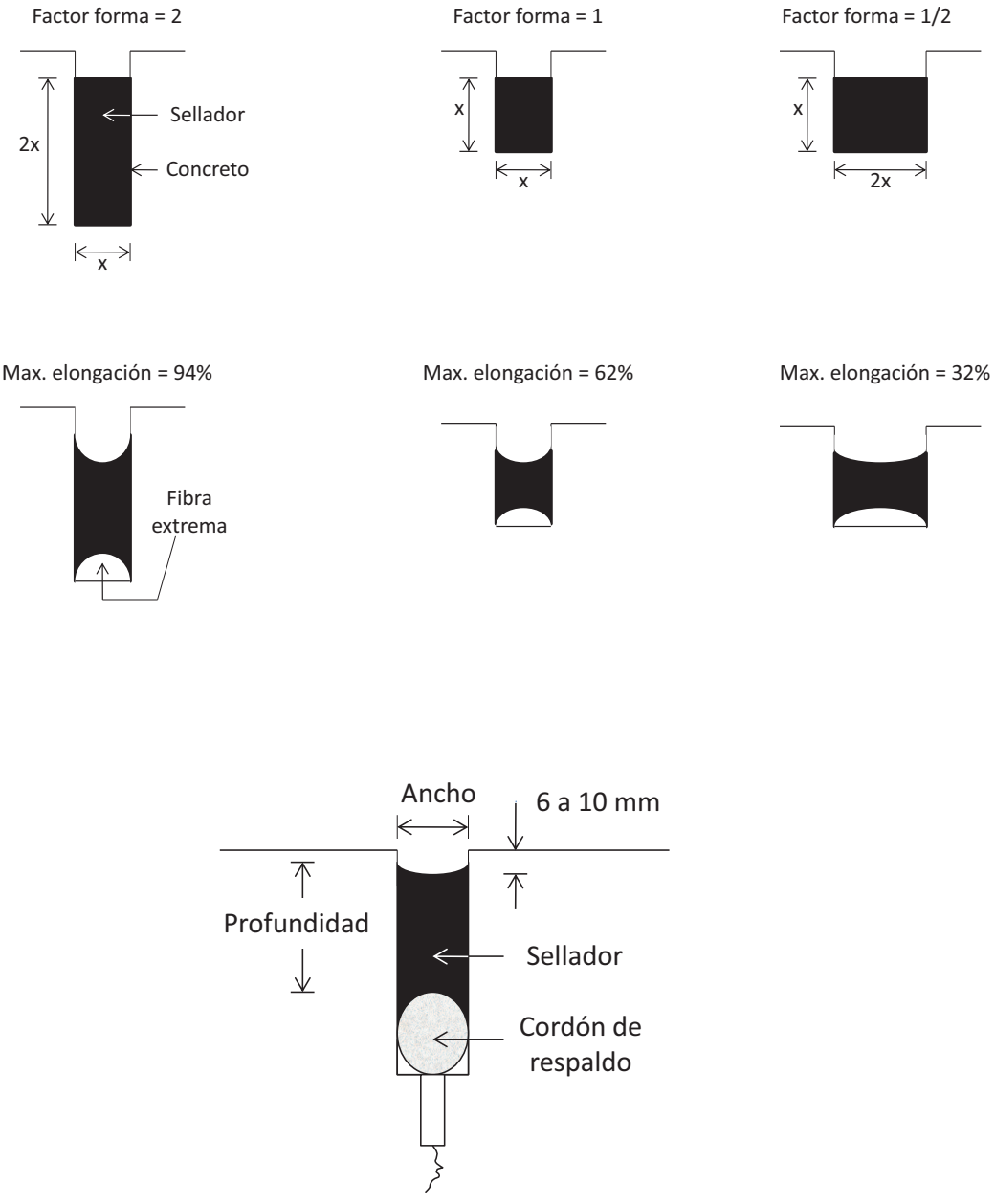

Factor forma = 2
2x
Sellador
Concreto
x
Factor forma = 1
x
x
Factor forma = 1/2
x
2x
Max. elongación = 94%
Fibra extrema
Max. elongación = 62%
Max. elongación = 32%
Ancho
6 a 10 mm
Profundidad
Sellador
Cordón de respaldo

Figura 7 (cont.)

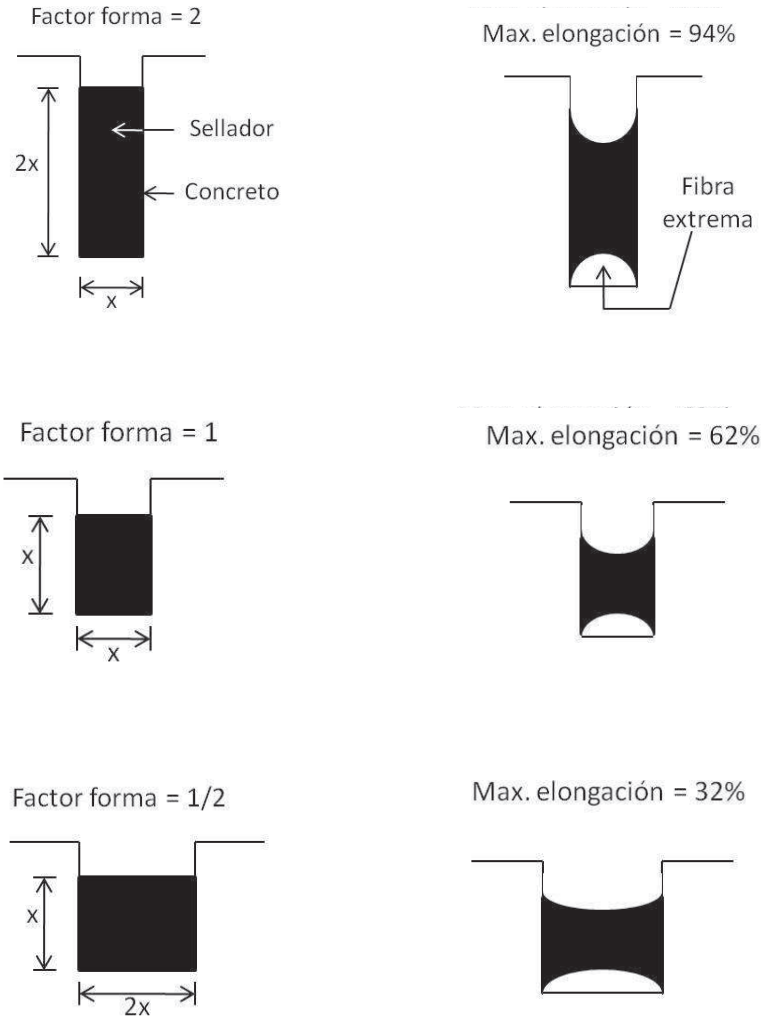


Figura 8

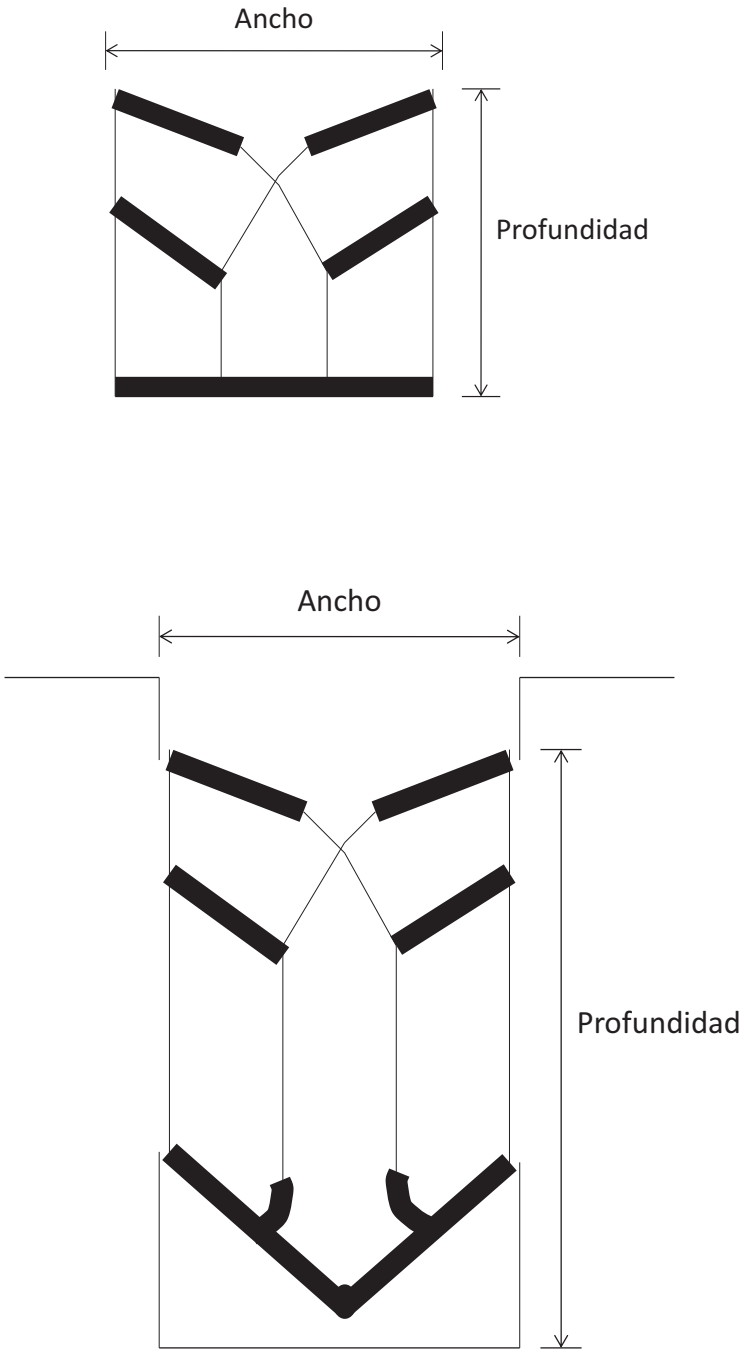
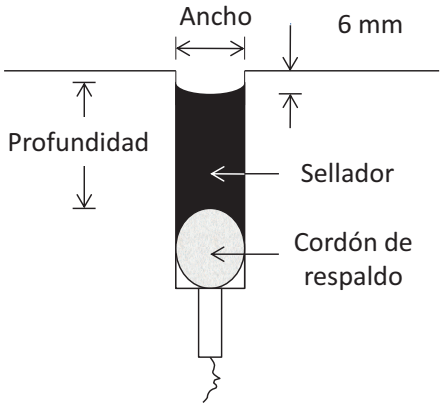


Figura 9



$$\text{Factor de forma} = \frac{\text{Ancho}}{\text{Profundidad}}$$

Tipo de Sellador	Factor de forma común
Silicón	2
Compresión	*

*No se basa en el factor de forma

D=Espesor de la losa de pavimento

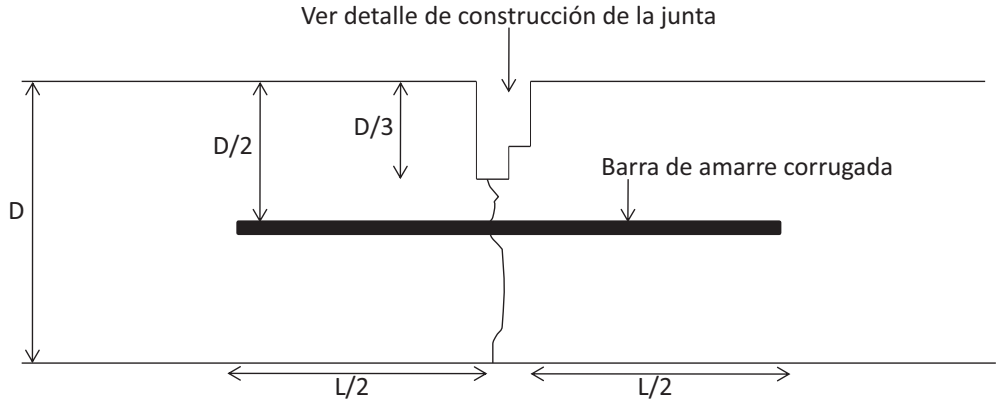
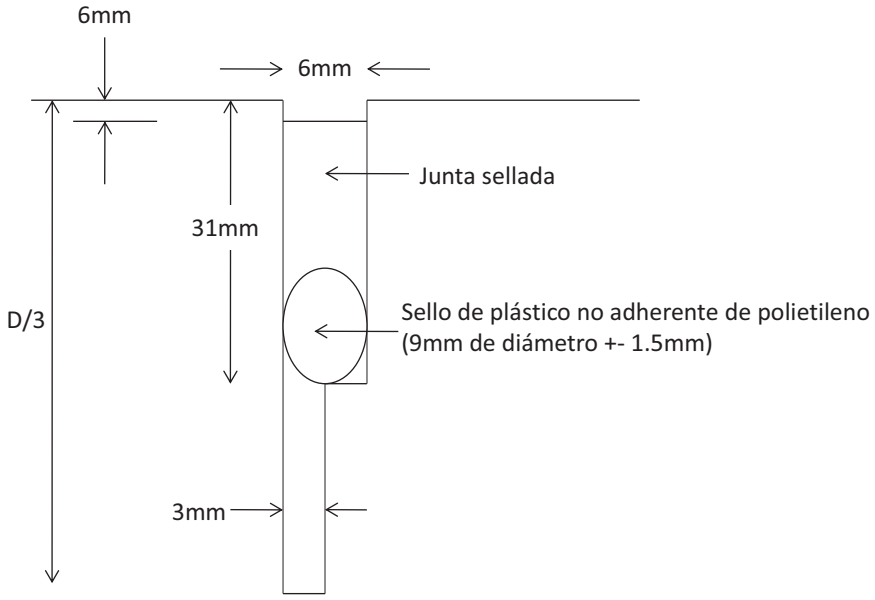


Figura 10



D=Espesor de la losa de pavimento

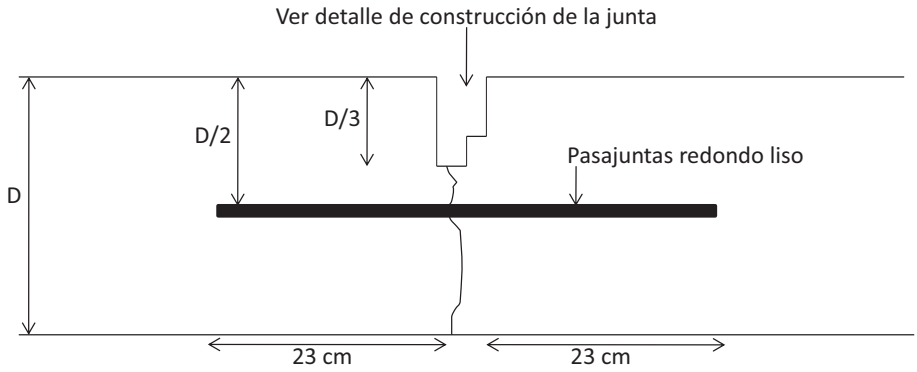
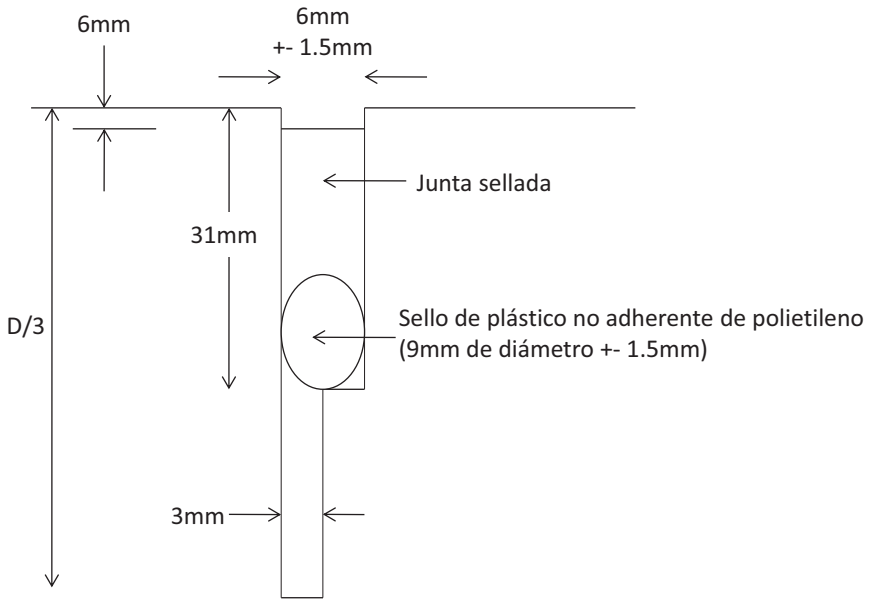


Figura 11



D=Espesor de la losa de pavimento

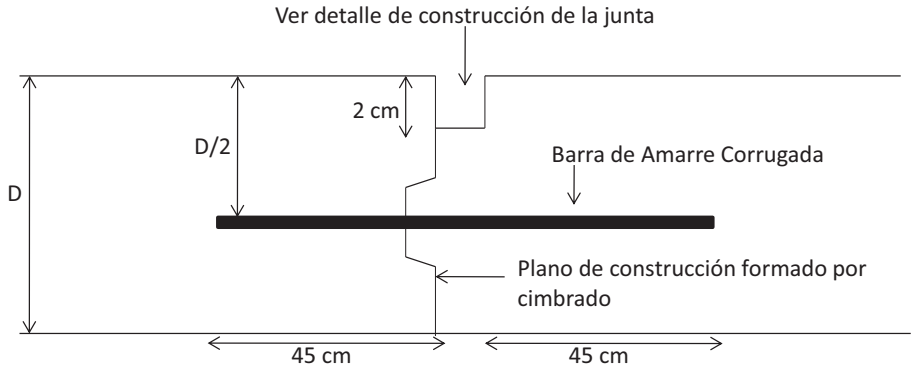
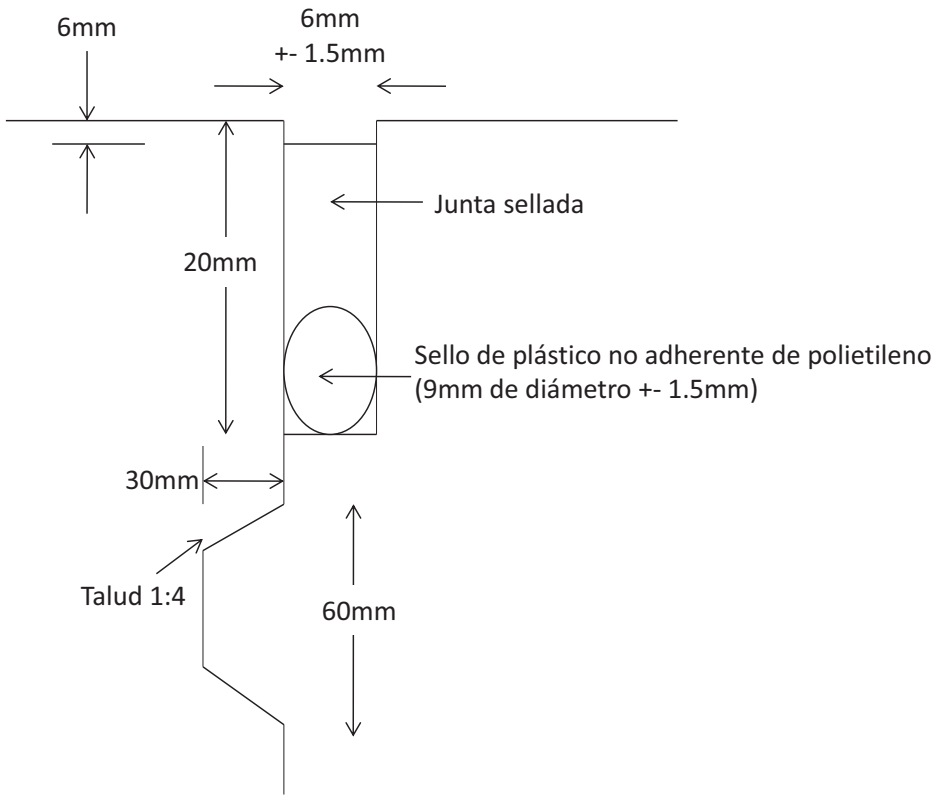


Figura 12



D=Espesor de la losa de pavimento

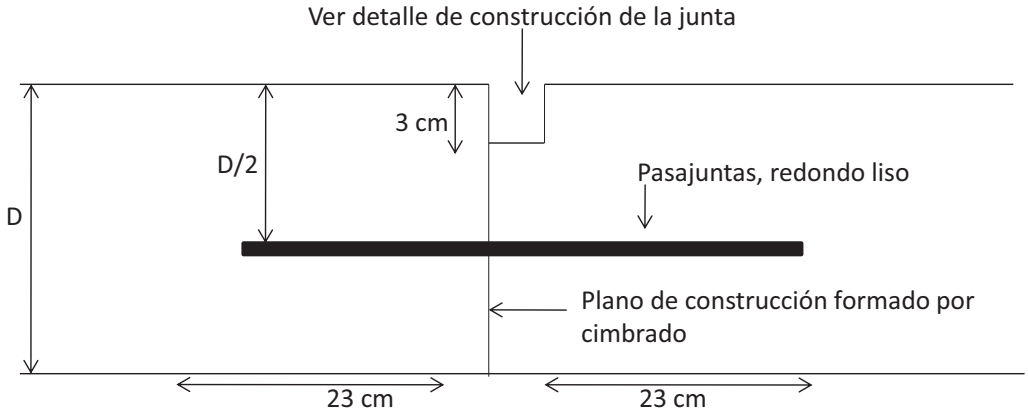
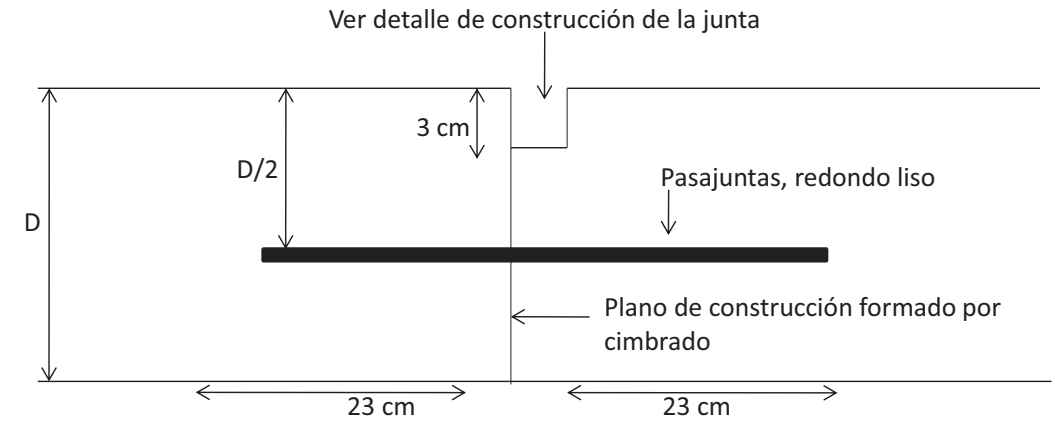


Figura 13

D=Espesor de la losa de pavimento



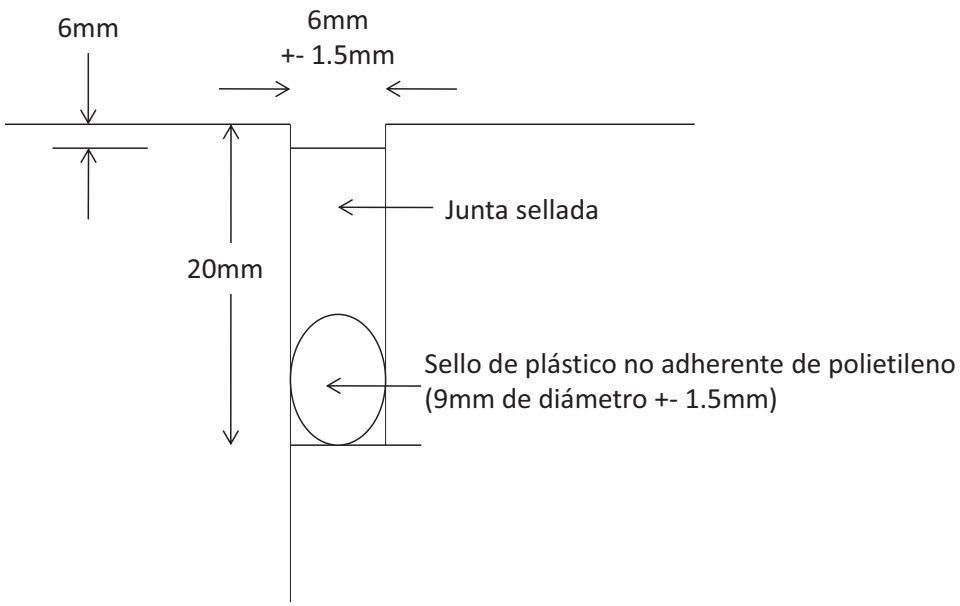
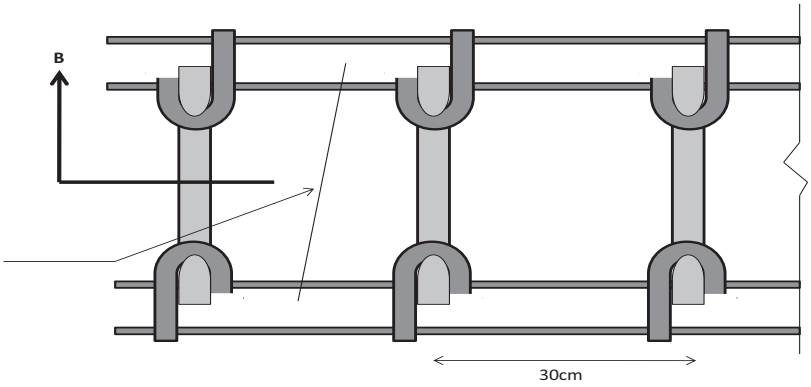
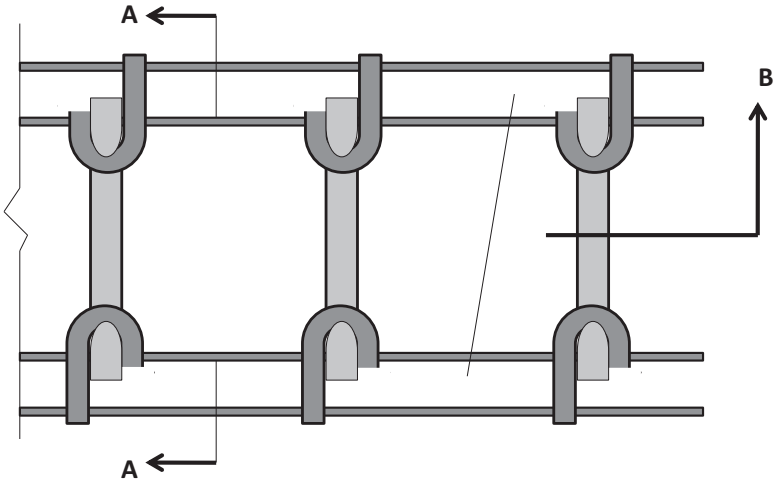
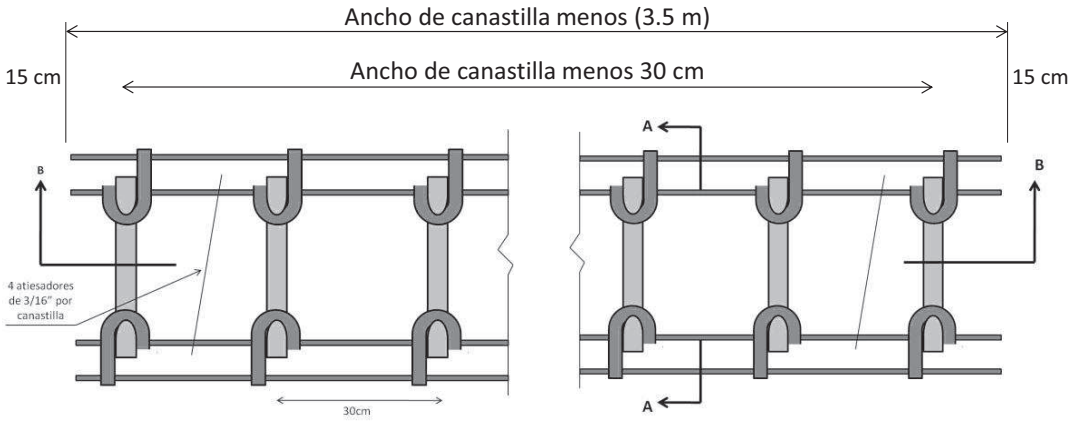
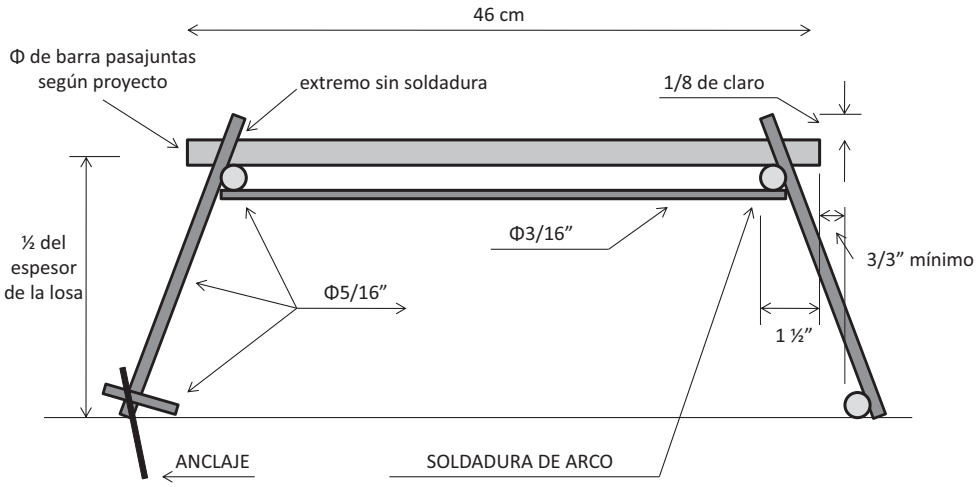


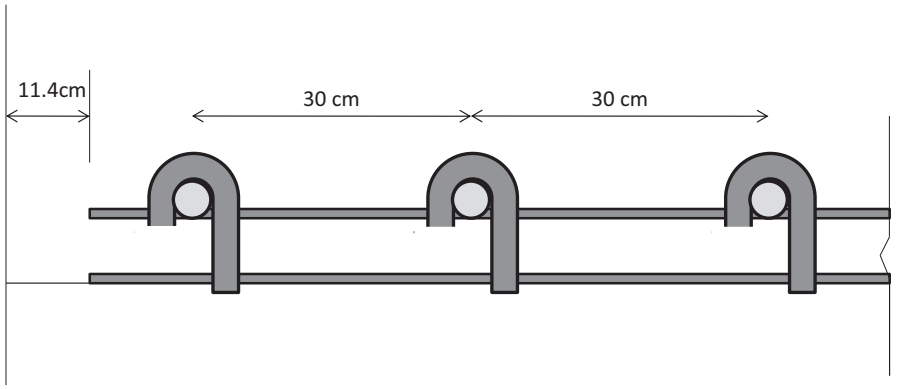
Figura 14

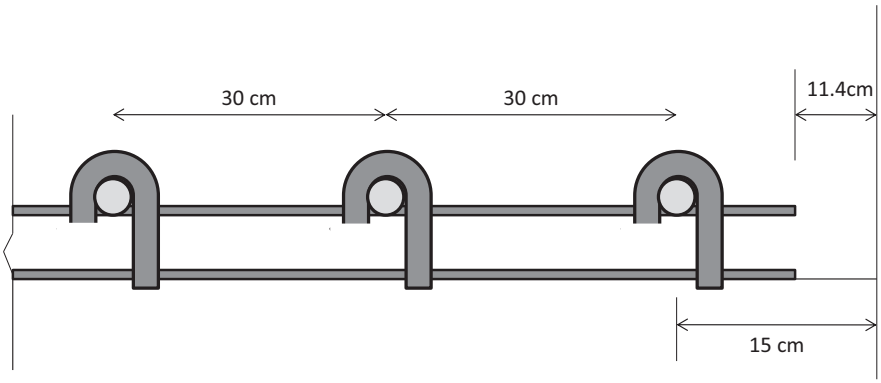

B
30cm

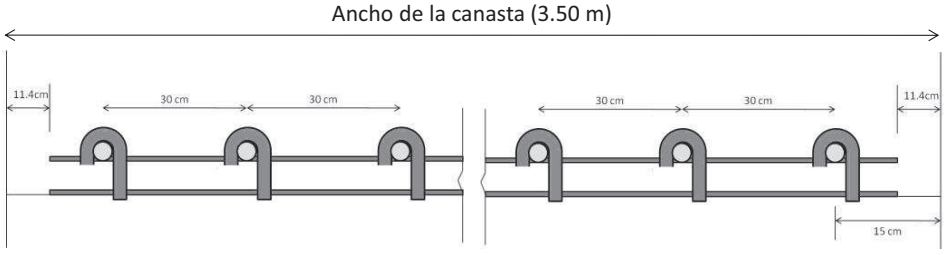

A
B
A


Ancho de canastilla menos (3.5 m)
15 cm
Ancho de canastilla menos 30 cm
15 cm
B
4 atiesadores de 3/16" por canastilla
30cm
A
B
A


46 cm
Φ de barra pasajuntas según proyecto
extremo sin soldadura
1/8 de claro
½ del espesor de la losa
Φ3/16"
Φ5/16"
3/3" mínimo
1 ½"
ANCLAJE
SOLDADURA DE ARCO


11.4cm
30 cm
30 cm


30 cm
30 cm
11.4cm
15 cm


Ancho de la canasta (3.50 m)
11.4cm
30 cm
30 cm
30 cm
30 cm
11.4cm
15 cm

CAPITULO XV

ENSANCHE DE PAVIMENTOS

15. ENSANCHE DE PAVIMENTOS

Se diseñará y construirá la sección de ensanchamiento haciendo coincidir con cada una de las capas del pavimento existente. El número estructural total de la sección ensanchada debe ser igual o mayor al número estructural de la calzada principal.

El espesor de la capa asfáltica debe ser igual o mayor a la carpeta o losa de la calzada principal existente de tal manera de que se puede equilibrar las condiciones de resistencia. Además la nueva capa asfáltica debe cubrir parte de la calzada existente.

Las capas granulares (base y subbase) en principio deben armonizar con las capas granulares existentes.

Para el diseño el Ingeniero proyectista debe determinar los coeficientes estructurales de cada capa existente y proyectada, de tal manera que el número estructural del ensanchamiento en principio sea mayor al número estructural existente, incluyendo de ser el caso la estabilización de la subrasante. Además tendrá en cuenta que el diseño sea sencillo en lo posible y que sea construible.

Los empalmes entre las capas de la estructura del pavimento existente y la ensanchada debe ser el adecuado, de tal manera que no ocasionen juntas abiertas o desplazamientos diferenciales, que evidencien fisuras o grietas futuras, por lo que se debe incluir el análisis y solución de la probable reflexión de fisuras en las zonas de empalme.

El ensanchamiento del pavimento incluye la reubicación de las bermas y cunetas y el correspondiente pavimento, tal como se indicó la estructura será coincidente con las capas del pavimento existente. Para el ensanchamiento, es importante contar con el diseño de la sección ampliada con los respectivos niveles y cotas, para contar con una adecuada reubicación de bermas, cunetas y obras complementarias necesarias para el buen funcionamiento de la vía en la zona ampliada o ensanchada.

Los materiales para los ensanches son los indicados en el capítulo 10 del presente Manual y lo estipulado en las especificaciones técnicas generales vigentes del MTC.

CAPITULO XVI

COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS

16. COMPORTAMIENTO DE PAVIMENTOS

16.1 PROCEDIMIENTO GENERAL

El Manual introduce el concepto de comportamiento de un pavimento, el cual se define como la capacidad estructural medible a lo largo de su período de diseño. Este análisis deberá ser incorporado en los diseños de pavimentos que realice el Ingeniero Proyectista de Pavimentos. Para el indicado análisis, las actuales herramientas conocidas y utilizadas en el Perú, nos remiten a los modelos HDM del Banco Mundial; que incorporan submodelos de deterioro del pavimento.

En tal sentido, el comportamiento de las estructuras de pavimento propuestas en los catálogos del presente Manual, fueron analizadas con los modelos HDM III y HDM4 (Highway Development & Management), que incorporan submodelos de deterioro de pavimentos para caminos no pavimentados (afirmados), para caminos con pavimento flexible con superficie asfáltica y para caminos con pavimento rígido con losas de concreto de cemento Portland. El uso del modelo del HDMIII, es de amplia y reconocida aplicación en el País, este modelo incorpora submodelos de deterioro para caminos no pavimentados (afirmados) y para caminos con pavimento flexible con superficie asfáltica; además, ha desarrollado programas específicos para verificar el comportamiento o deterioro de los pavimentos, DETOUR (Deterioration of Engineered Unpaved Roads) para afirmados y HDM-PRD (HDM Paved Roads Deterioration Model) para pavimentos flexibles con superficie asfáltica.

No obstante, los Ingenieros Proyectistas podrán utilizar otros modelos de reconocida procedencia técnica institucional y que cuenten con la aceptación previa del MTC.

Para seleccionar una estructura de pavimento, primero se efectúan diseños alternativos de pavimento nuevo, siguiendo la metodología AAHTO'93, De los tres parámetros básicos a considerar en el método de dimensionamiento: tráfico, subrasante y condiciones climáticas, los dos primeras se consideran como entradas para determinar las posibles estructuras, mientras que la última se tiene en cuenta en los criterios para seleccionar los materiales y en algunas recomendaciones específicas.

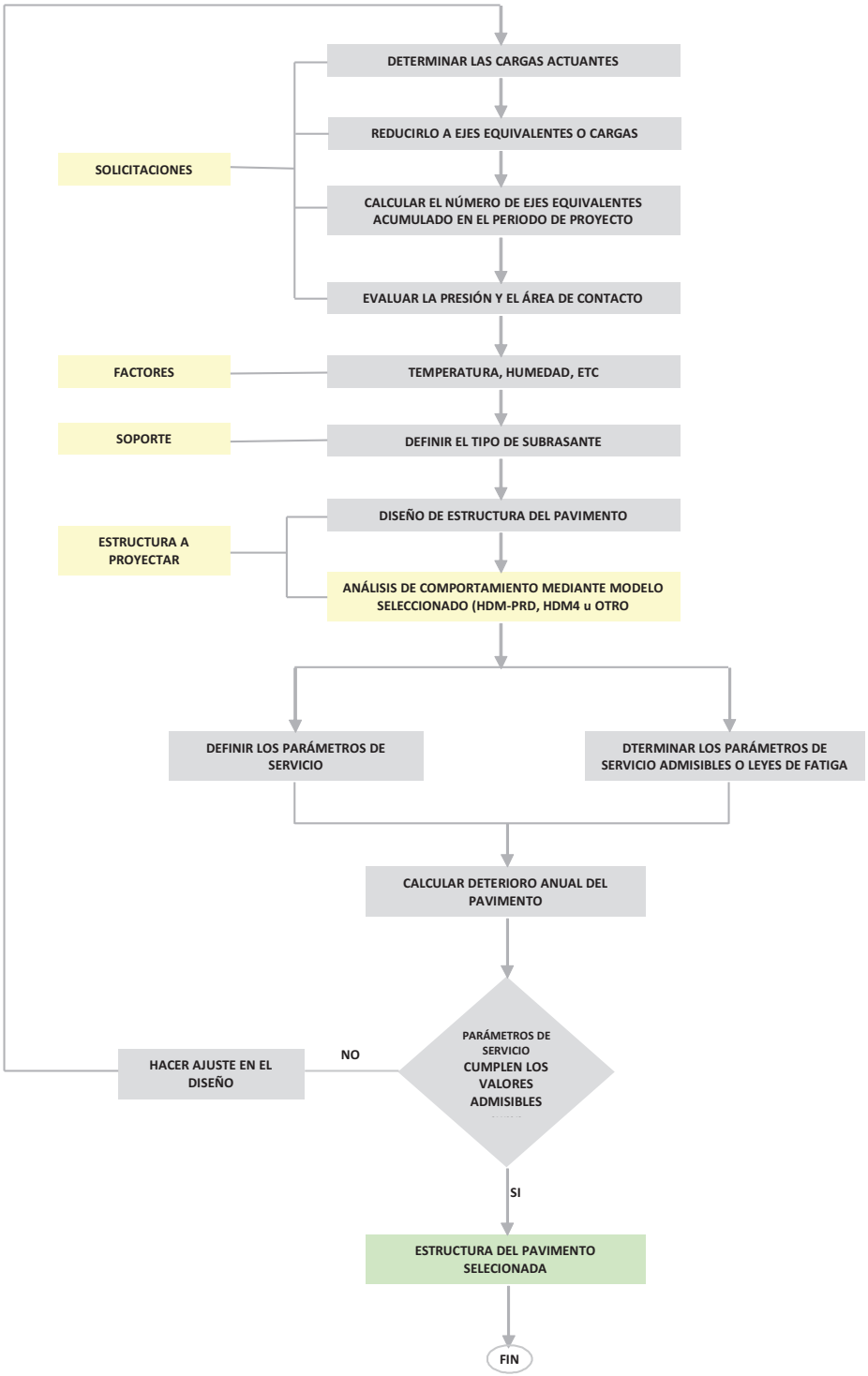
Una vez definidas las alternativas de pavimento, estas estructuras son analizadas y se verifica el comportamiento para el periodo de diseño, mediante el modelo de deterioro del HDM, a fin de determinar la predicción de fallas y rugosidad, durante el periodo de análisis, que para el caso de los afirmados será de 10 años, de los pavimentos flexibles será de 20 años, considerando dos etapas de 10 años y una sola etapa de 20 años, de los pavimentos semirrígidos y rígidos será para una etapa de 20 años. Si el diseño no cumple

los criterios de comportamiento o los niveles de servicio, se revisará el diseño y se repetirá la evaluación, o se propondrán renovación superficial como sellos asfálticos o refuerzos, hasta optimizar el diseño de la estructura de pavimento que se seleccione o adopte para un tramo específico.

El proceso para el dimensionamiento de las estructuras de pavimento y selección de la estructura de pavimento adoptada para un tramo en particular, se esquematiza en la siguiente figura:

Figura 16.1

PROCESO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO Y SELECCIÓN DEL PAVIMENTO ADOPTADO



16.2 NIVELES DE SERVICIO

Los niveles de servicio son indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.

La conservación del pavimento durante el periodo de servicio, debe estar asociada al cumplimiento de los niveles de servicio, el trabajo de conservación que se realice será para cumplir los estándares admisibles, siendo una obligación que la carretera se conserve en condiciones aceptables y dentro de los niveles de servicio admisibles para el periodo de diseño.

Los niveles de servicio básico a controlar, están referidos a lo siguiente:

a. Caminos No Pavimentados: Afirmados
   - Control de Perfilado
   - Control de Rugosidad
   - Control del Espesor de la Capa de Afirmado

b. Caminos Pavimentados: Pavimentos Flexibles, Semirrígidos
   - Control de Fisuras y Baches
   - Control de Ahuellamiento
   - Control de Textura Superficial
   - Control de Rugosidad
   - Control de Deflexiones

c. Caminos Pavimentados: Pavimentos Rígidos
   - Control de Fisuras y Baches
   - Control de Sello de Juntas
   - Control de Rugosidad

16.2.1 CAMINOS NO PAVIMENTADOS: AFIRMADOS

Los niveles de servicio recomendados para los caminos afirmados, son:

a) Perfilado de la superficie: mínimo una vez al año.
b) Baches: No se admitirán, significa que cada vez que aparezcan un bache o hueco debe ser reparado mediante bacheo.
c) Control de Polvo: Permanente
d) Reposición de Afirmado, espesor mínimo admisible 150 mm, se colocará una regrava para recuperar espesor perdido.

e) Rugosidad:

Cuadro 16.1
Rugosidad IRI m/km)
Caminos No Pavimentados – Afirmados

TIPO DE CARRETERA	RUGOSIDAD CARACTERÍSTICA INICIAL AFIRMADO NUEVO IRI (M/KM)	RUGOSIDAD CARACTERÍSTICA INICIAL AFIRMADO CON RECAPA IRI (M/KM)	RUGOSIDAD CARACTERÍSTICA DURANTE EL PERIODO DE SERVICIO IRI (M/KM)	OBSERVACIÓN
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito No Pavimentadas - Afirmadas.	5.00	6.00	8.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 70%

16.2.2 CAMINOS PAVIMENTADOS: PAVIMENTOS FLEXIBLES, SEMIRRÍGIDOS

Los niveles de servicio recomendados para los caminos afirmados, son:

a) Fisuras y baches: No se admitirán. Significa que cada vez que aparezca una fisura o bache, deben ser prontamente sellada o parchada.

b) Ahuellamiento: Corrección de ahuellamientos mayores a 12mm

Cuadro 16.2
Magnitud del Ahuellamiento (mm)

DESCRIPCIÓN	ESCASA	MODERADA	SEVERA
Ahuellamiento (mm)	< 6 mm	6 a 12 mm	> 12 mm

Fuente: Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el País - CONREVIAL

c) Textura Superficial: valor admisible condición regular indicado en el siguiente cuadro

Cuadro 16.3
Textura Superficial

TEXTURA SUPERFICIAL	SUPERFÍCIE DE RODADURA TRATAMIENTO SUPERFICIAL		SUPERFÍCIE DE RODADURA MEZCLA ASFÁLTICA	
	TEXTURA (MM)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN (SCRIM A 50 KM/H)	TEXTURA (MM)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN (SCRIM A 50 KM/H)
Buena	1.50	0.60	0.70	0.50
Regular	0.70	0.45	0.50	0.40
Mala (superficie resbaladiza)	0.30	0.30	0.30	0.30

Fuente: HDM4 Tabla de parámetros globales

d) Rugosidad IRI (m/km):

Cuadro 16.4
Valores de Rugosidad Admisible IRI m/km)
Según Tipo de Carretera

Tipo de Carretera	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Nuevo IRI (m/km)	Rugosidad Característica Inicial Pavimento Reforzado IRI (m/km)	Rugosidad Característica Durante el Periodo de Servicio IRI (m/km)	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 98%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/dia, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	2.00	2.50	3.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2.50	3.00	4.00	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	3.00	3.50	4.50	Rugosidad característica, para una Confiabilidad de 85%

e) Deflexiones: Las deflexiones se comparan con el valor límite admisible, que es la deflexión tolerable que garantiza un comportamiento satisfactorio del pavimento en relación con el tráfico que debe soportar. Para el presente manual se ha adoptado la relación propuesta por CONREVIAL:

$$Dadm = (1.15/N)^{0.25}$$

Cuadro 16.4
Definición de Deflexión Característica
Según Tipo de Carretera

TIPO DE CARRETERA	DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA Dc	OBSERVACIÓN
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	Dc = Dm + 2.000xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 98%
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/dia, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	Dc = Dm + 1.645xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Dc = Dm + 1.645xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 95%
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Dc = Dm + 1.282xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Dc = Dm + 1.282xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 90%
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	Dc = Dm + 1.036xds	Deflexión característica, para una Confiabilidad de 85%

Nota: Dc = Deflexión característica, Dm = Deflexión media, ds = desviación estándar

f) Para el tratamiento preventivo de la superficie del pavimento, se presentan algunas reparaciones típicas recomendadas por AASHTO:

Cuadro 16.5
Reparaciones y Procedimiento Preventivos para Pavimento Flexible (AASHTO 93)

DETERIORO	REPARACIONES	PROCEDIMIENTOS PREVENTIVOS
Fisuras en piel de cocodrilo	Reparación en espesor total	Sellado de fisuras
Exudación	Aplicar arena caliente	
Fisuras en bloque	Sellado de fisuras	
Depresión	Capa Nivelante	
Agregados pulidos	Resistencia al deslizamiento Tratamiento superficial. Sello	
Baches	Parchado Profundo	Sellado de fisuras y sellos de capa
Bombeo	Parchado Profundo	Sellado de fisuras y sellos de capa
Descascaramiento y oxidación	Sellos de capa	Sello o Lechada Asfáltica rejuvenecedor
Ahuellamiento	Capa Nivelante y Fresado en frío	
Abultamiento	Remoción y reemplazo	Impermeabilización de la berma

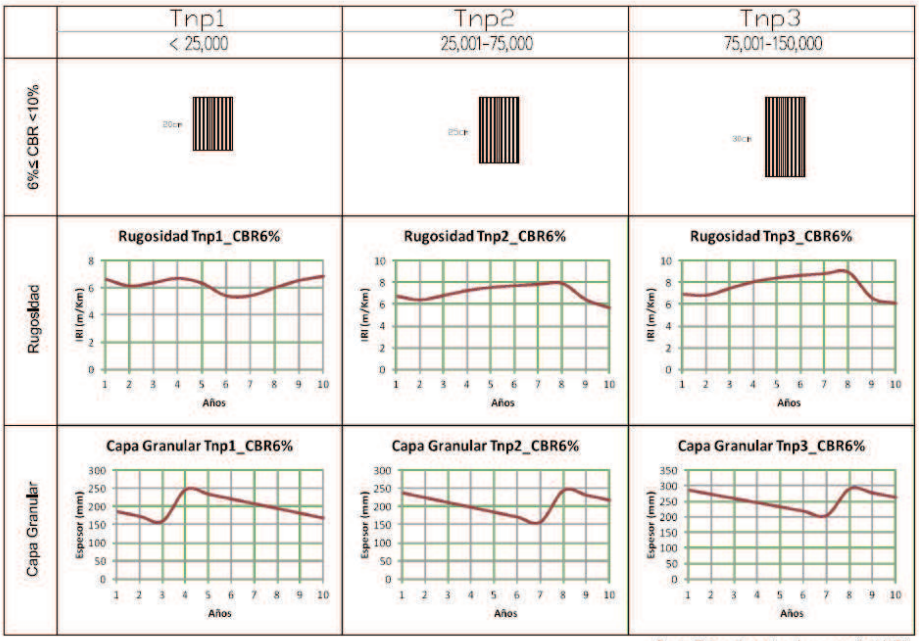
16.2.3 CAMINOS PAVIMENTADOS: PAVIMENTOS RÍGIDOS

a) Fisuras y Baches: No se admitirán. Significa que cada vez que aparezca una fisura o bache, deben ser prontamente sellada o parchada.
b) Sello de Juntas: control permanente, renovación cada 6 años
c) Rugosidad: lo valores admisibles son los indicados en el cuadro 16.2-4

16.3 EJEMPLOS DE VERIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO POR NIVELES DE SERVICIO

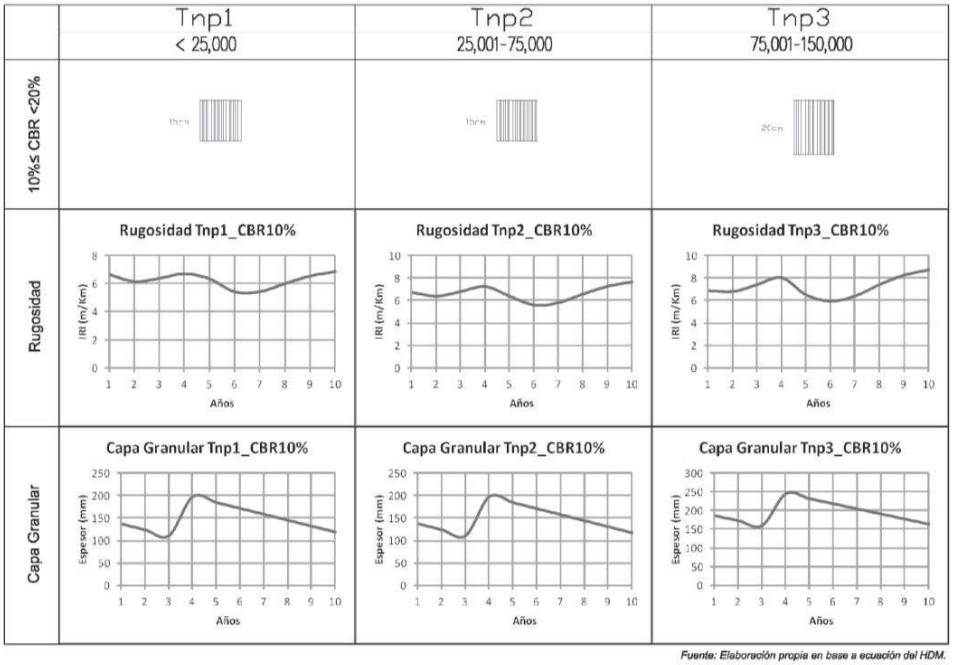
A continuación se presenta una serie de ejemplo de verificación de los niveles de servicio, durante el periodo de diseño de la estructura de pavimento, propuestas para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Pavimentos Rígidos.

Figura 2
Catálogo de Capas de Revestimiento Granular (afirmado)
(periodo de diseño 10 años)



Fuente: Elaboración propia en base a ecuación del HDM.

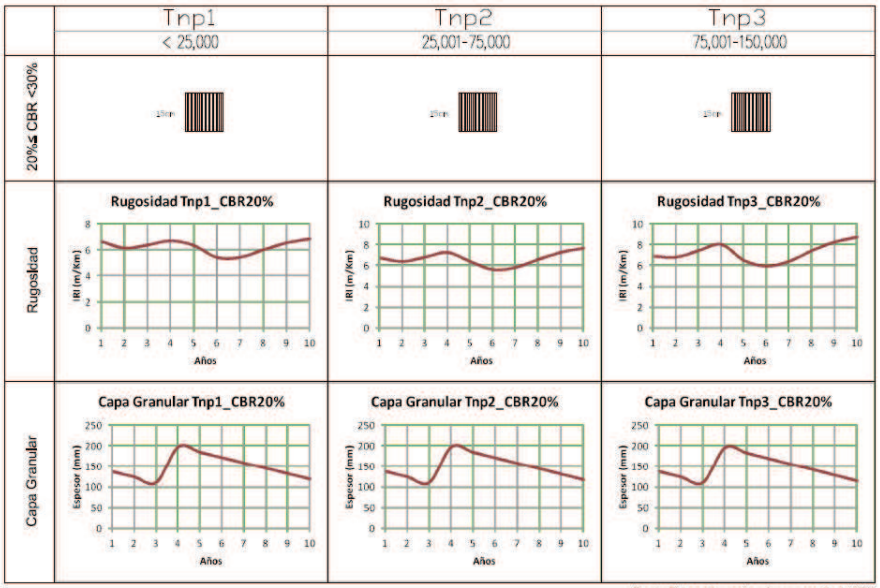
Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio especial.
2. Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril de diseño.
3. Las Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.
4. Efectuar Perfilado periódicamente por lo menos una vez cada año.



Fuente: Elaboración propia en base a ecuación del HDM.

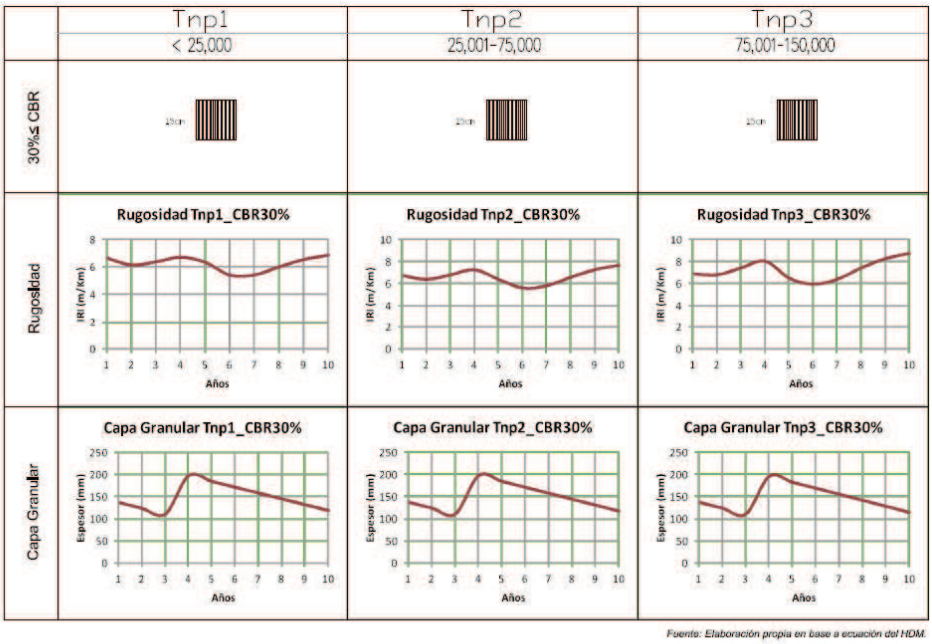
Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio especial.
2. Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril de diseño.
3. Las Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.
4. Efectuar Perfilado periódicamente por lo menos una vez cada año.

Figura 2 (cont.)
Catálogo de Capas de Revestimiento Granular (afirmado)
(periodo de diseño 10 años)



Fuente: Elaboración propia en base a ecuación del HDM.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio especial.
2. Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril de diseño.
3. Las Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.
4. Efectuar Perfilado periódicamente por lo menos una vez cada año.



Fuente: Elaboración propia en base a ecuación del HDM.

Nota: 1. (*) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio especial.
2. Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril de diseño.
3. Las Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.
4. Efectuar Perfilado periódicamente por lo menos una vez cada año.

Figura 3
Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexibles (periodo de 10 y 20 años)

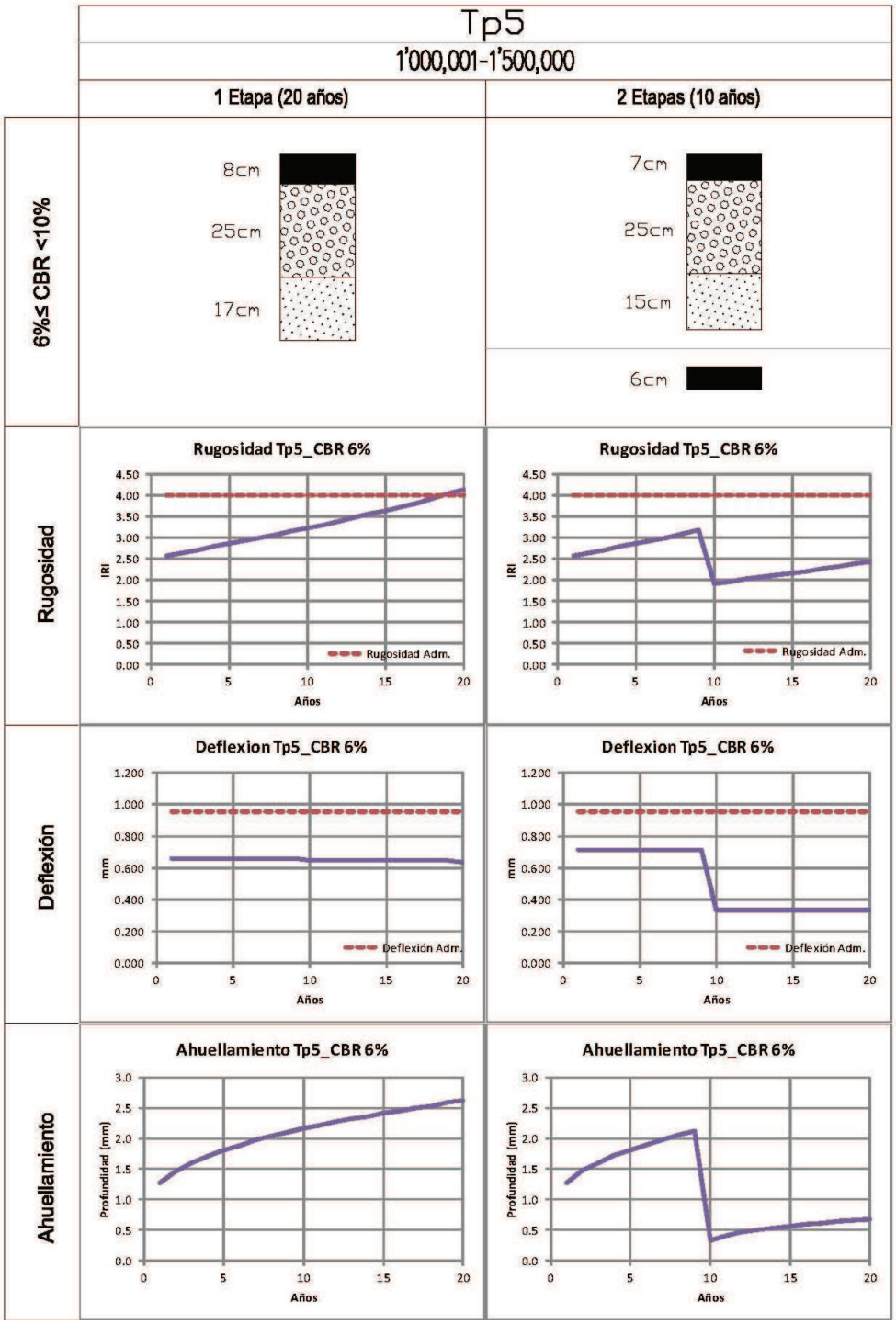


Figura 3 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexibles
(periodo de 10 y 20 años)

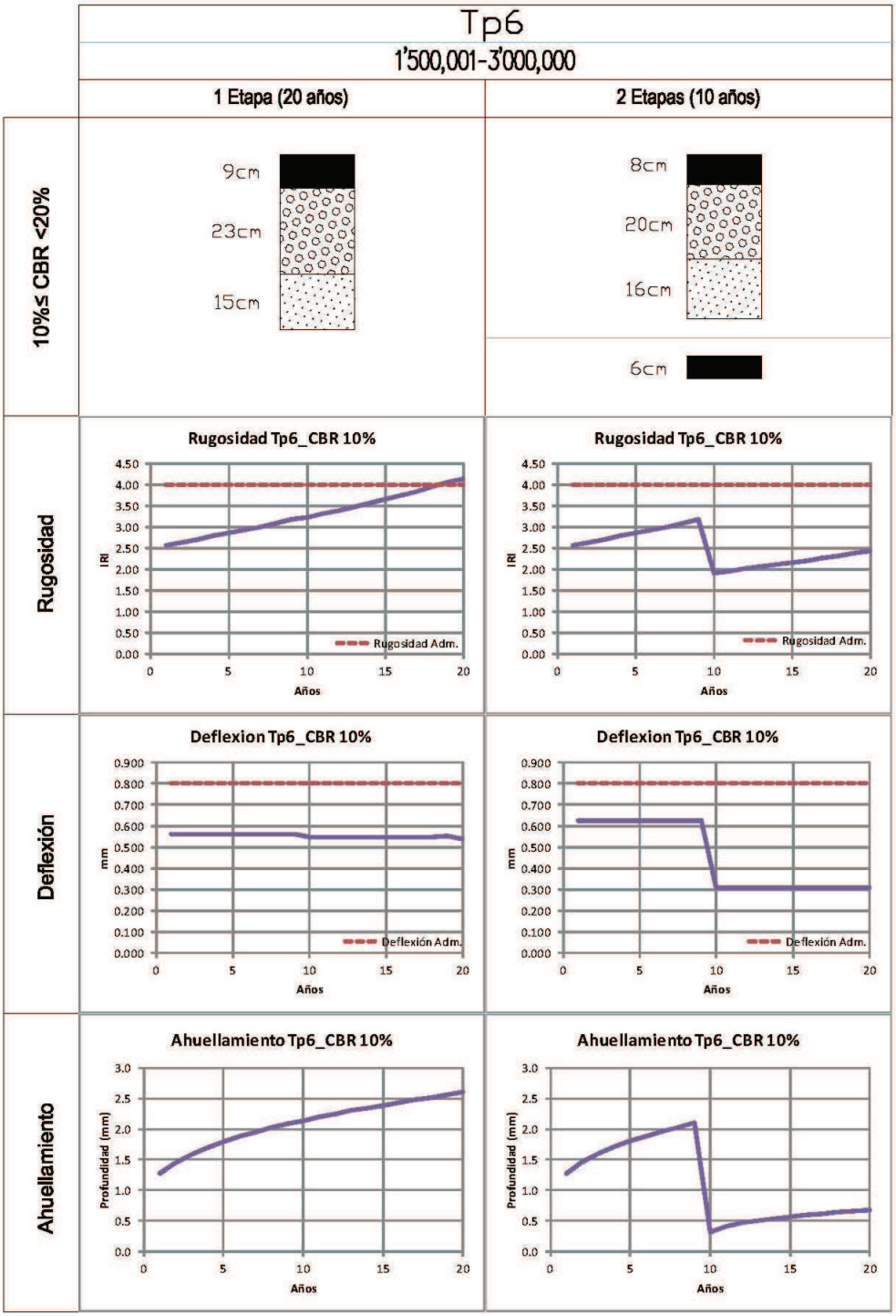


Figura 3 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexibles
(periodo de 10 y 20 años)

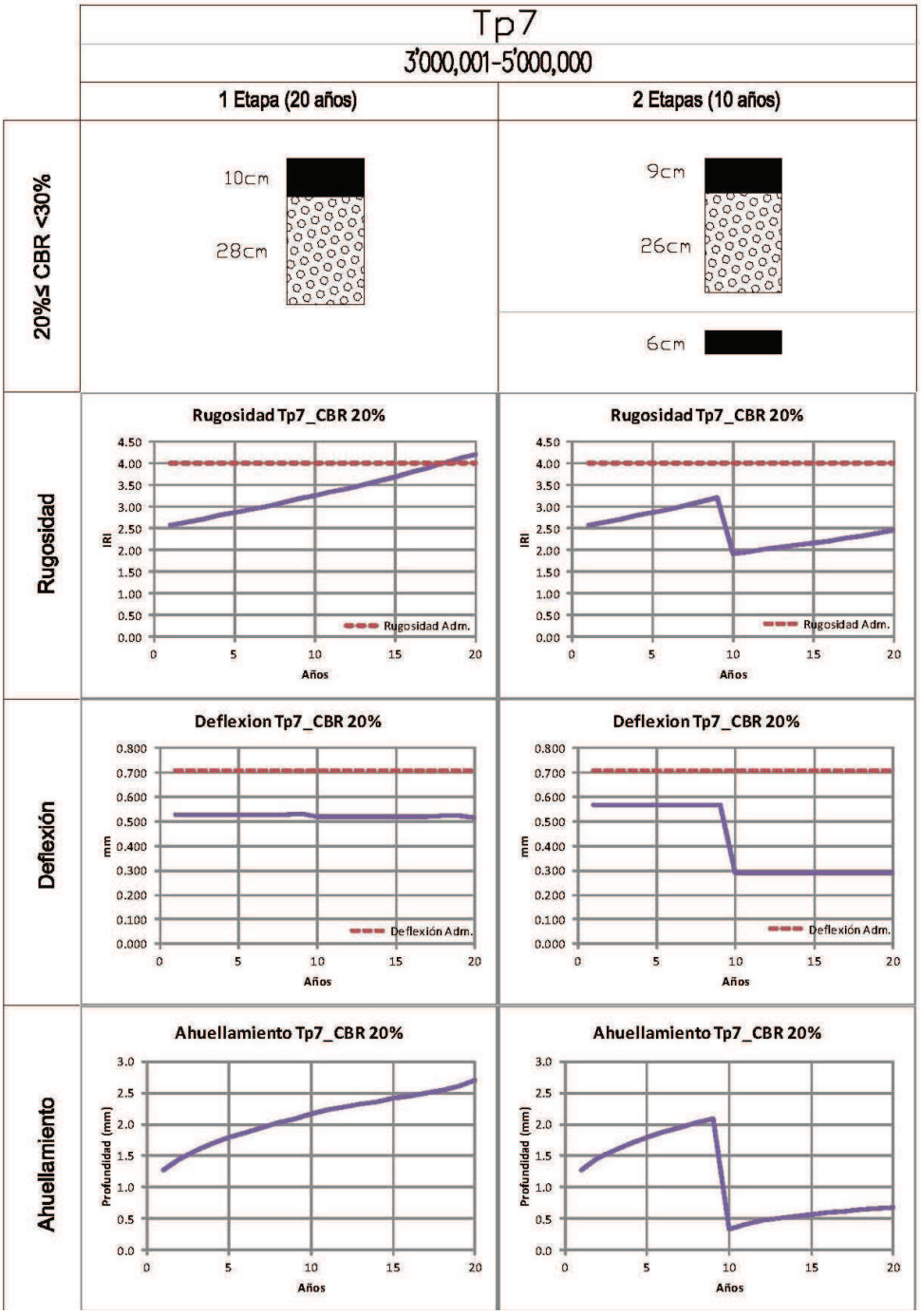


Figura 3 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexibles
(periodo de 10 y 20 años)

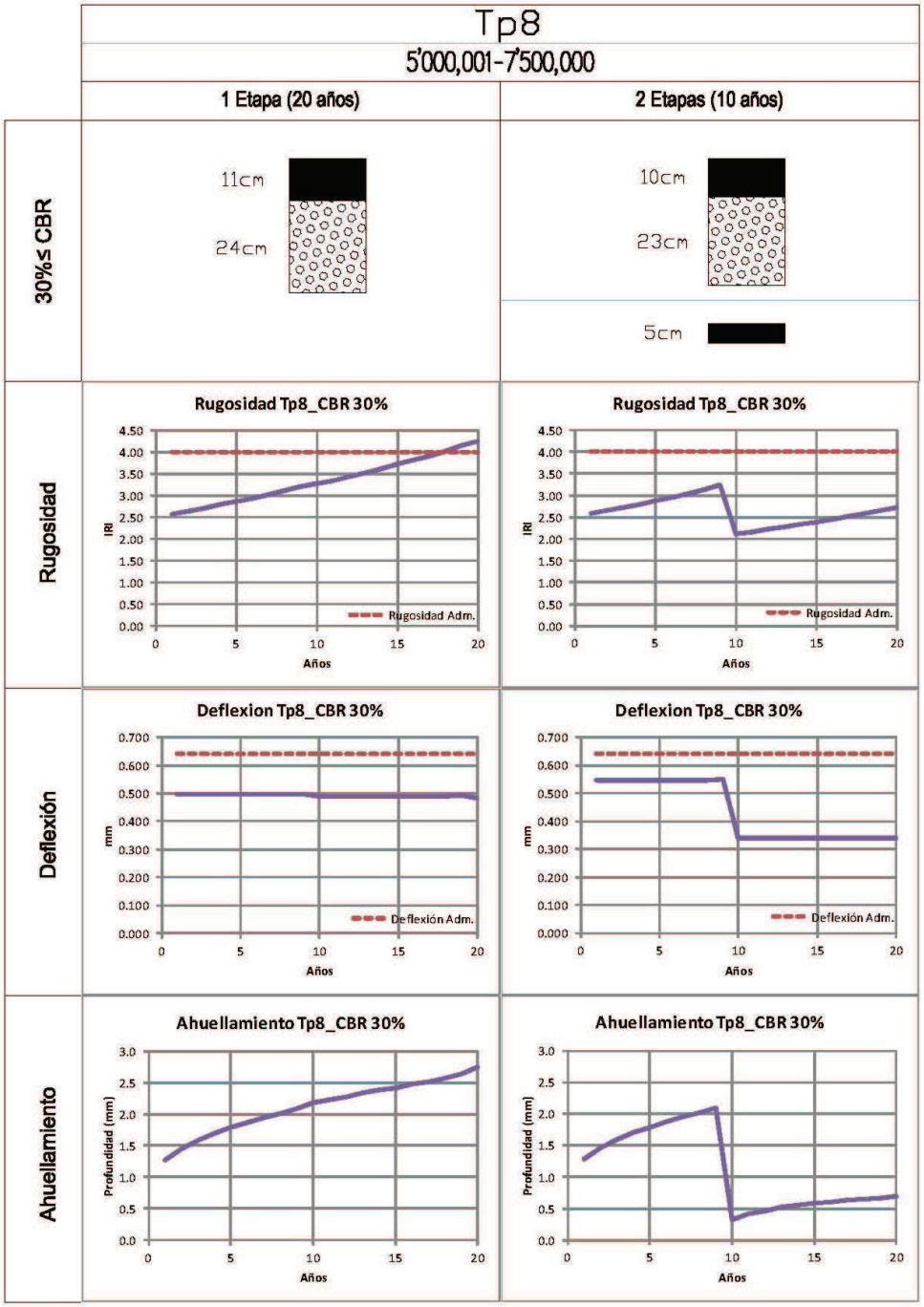


Figura 3 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexibles
(periodo de 10 y 20 años)

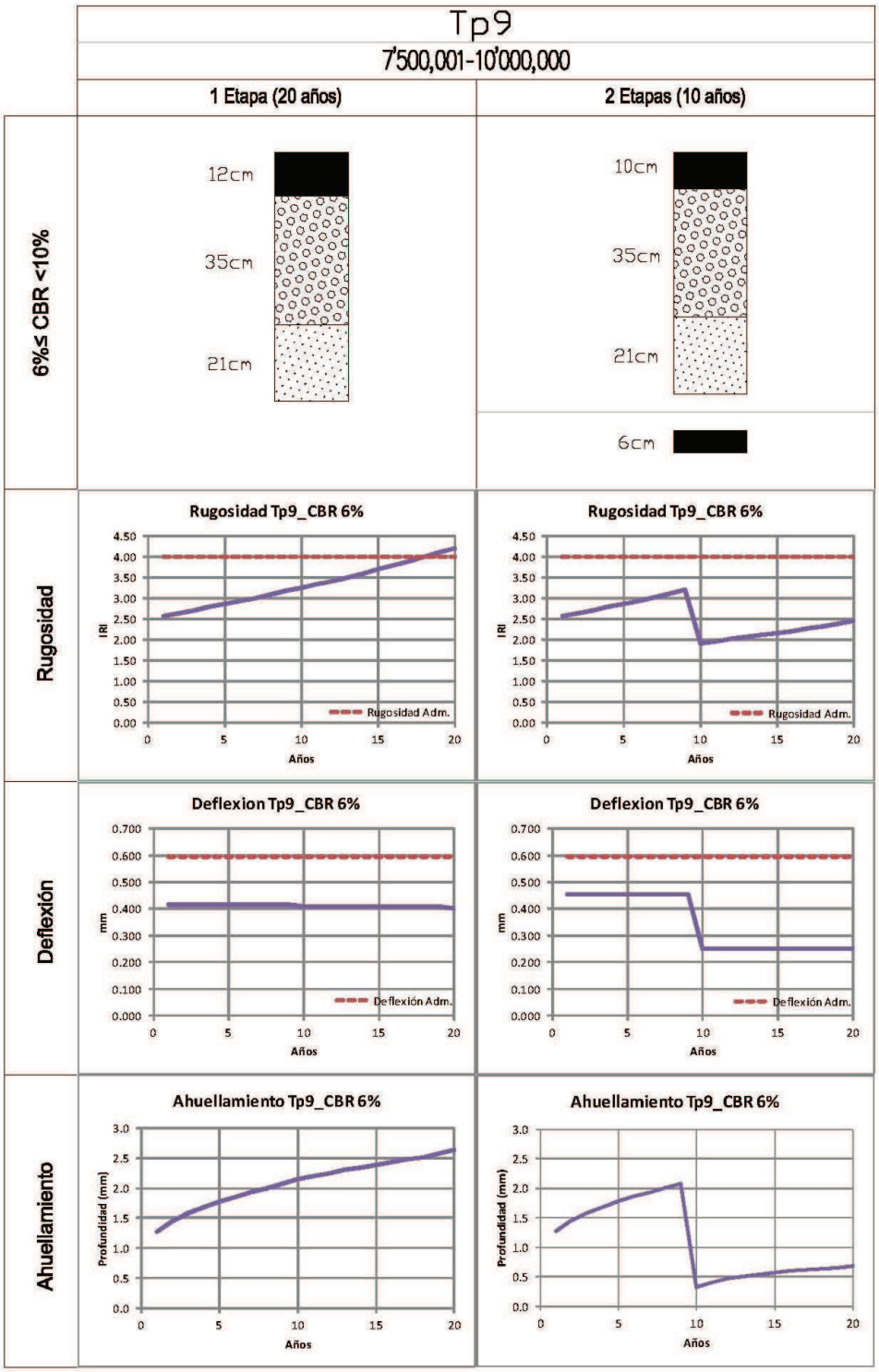


Figura 3 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexibles
(periodo de 10 y 20 años)

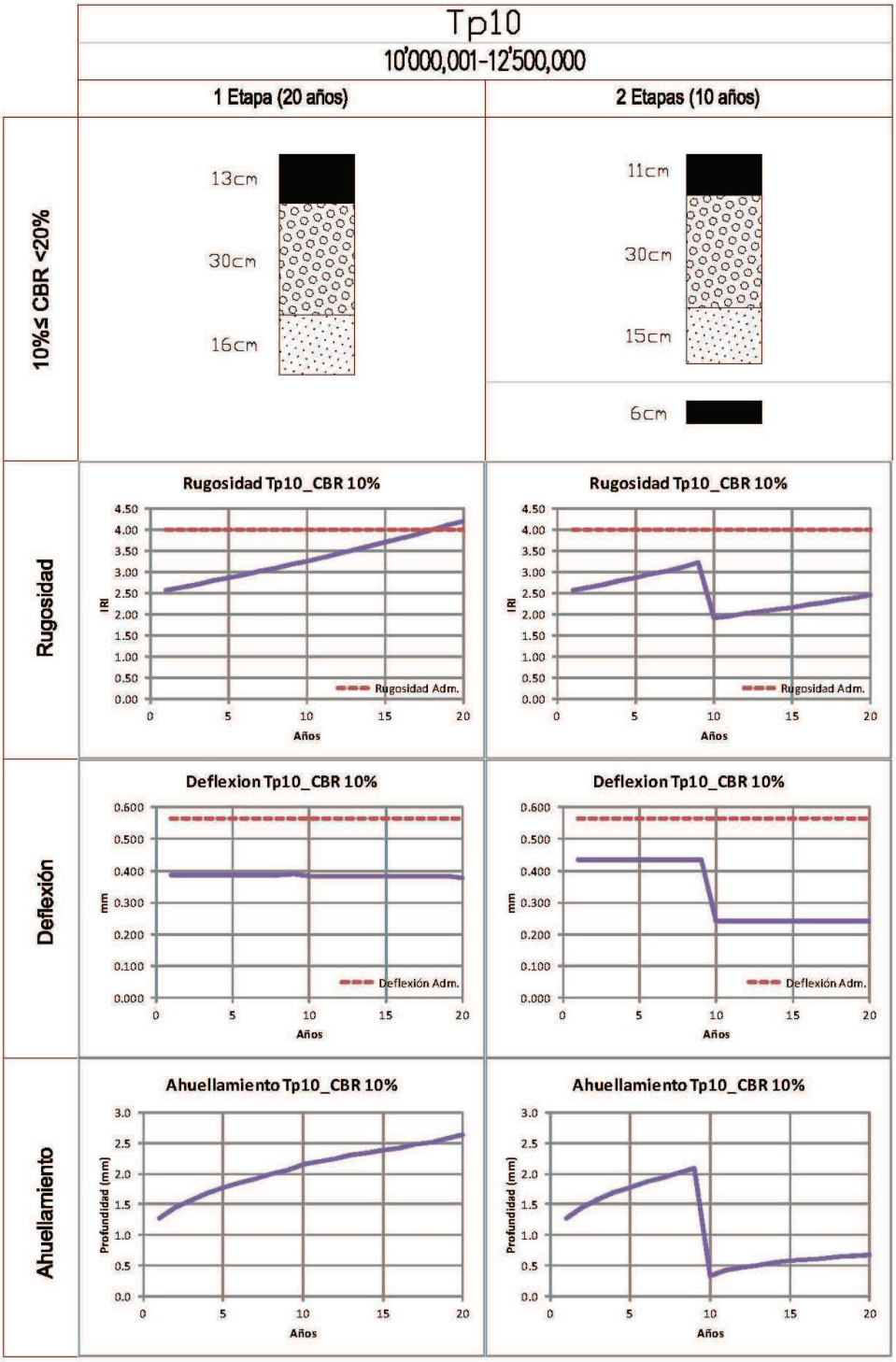


Figura 3 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexibles
(periodo de 10 y 20 años)

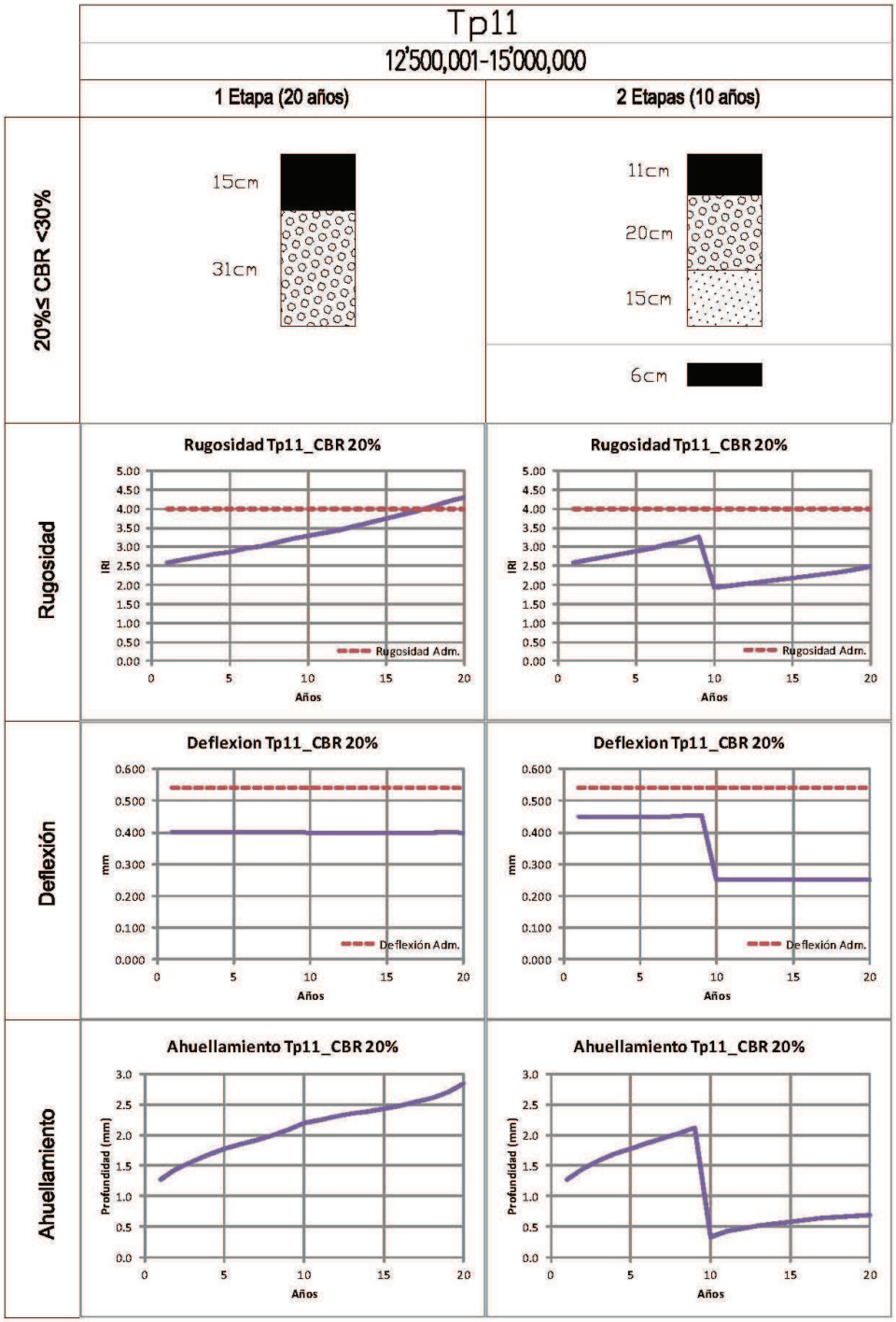


Figura 3 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexibles
(periodo de 10 y 20 años)

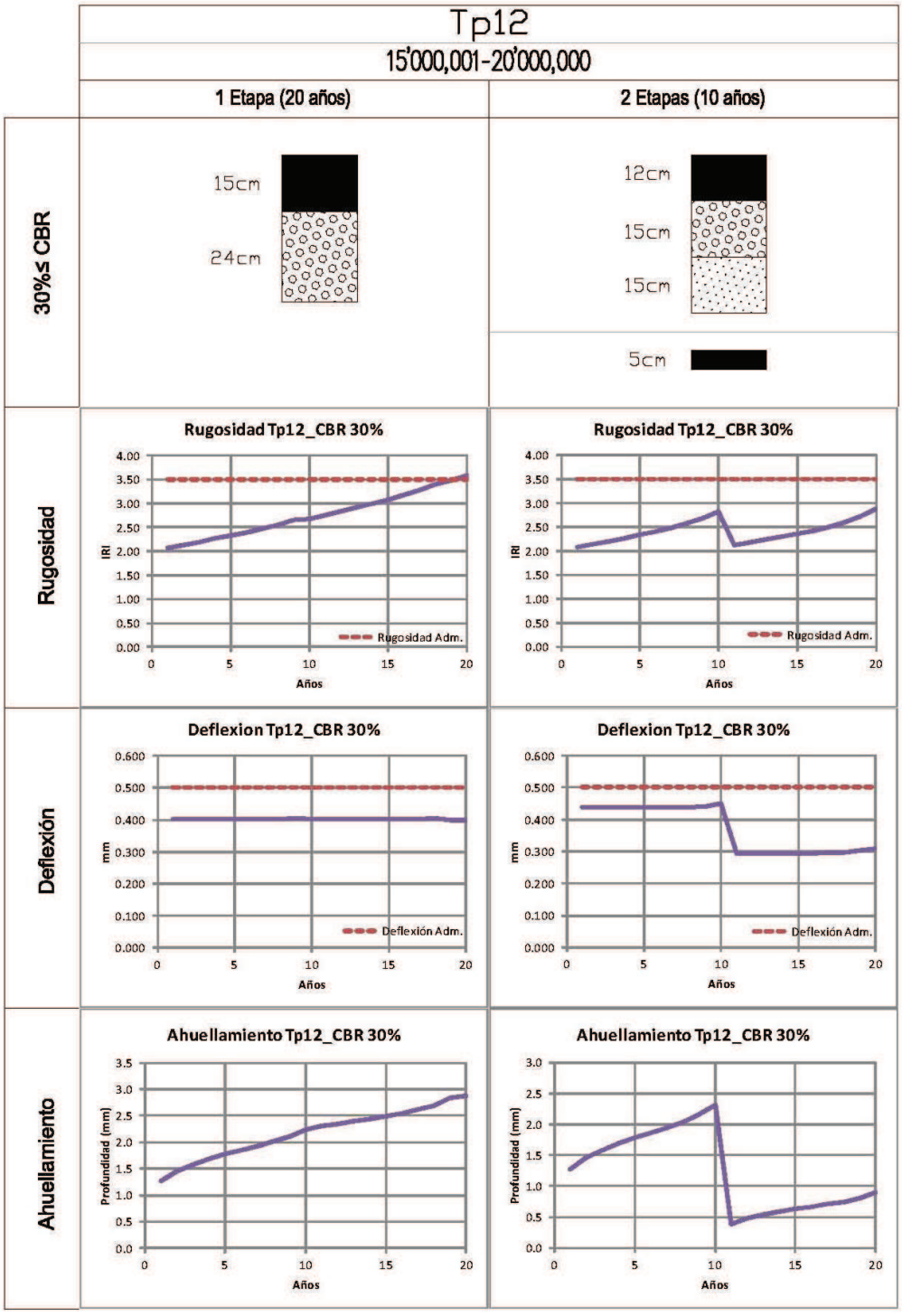


Figura 3 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexibles
(periodo de 10 y 20 años)

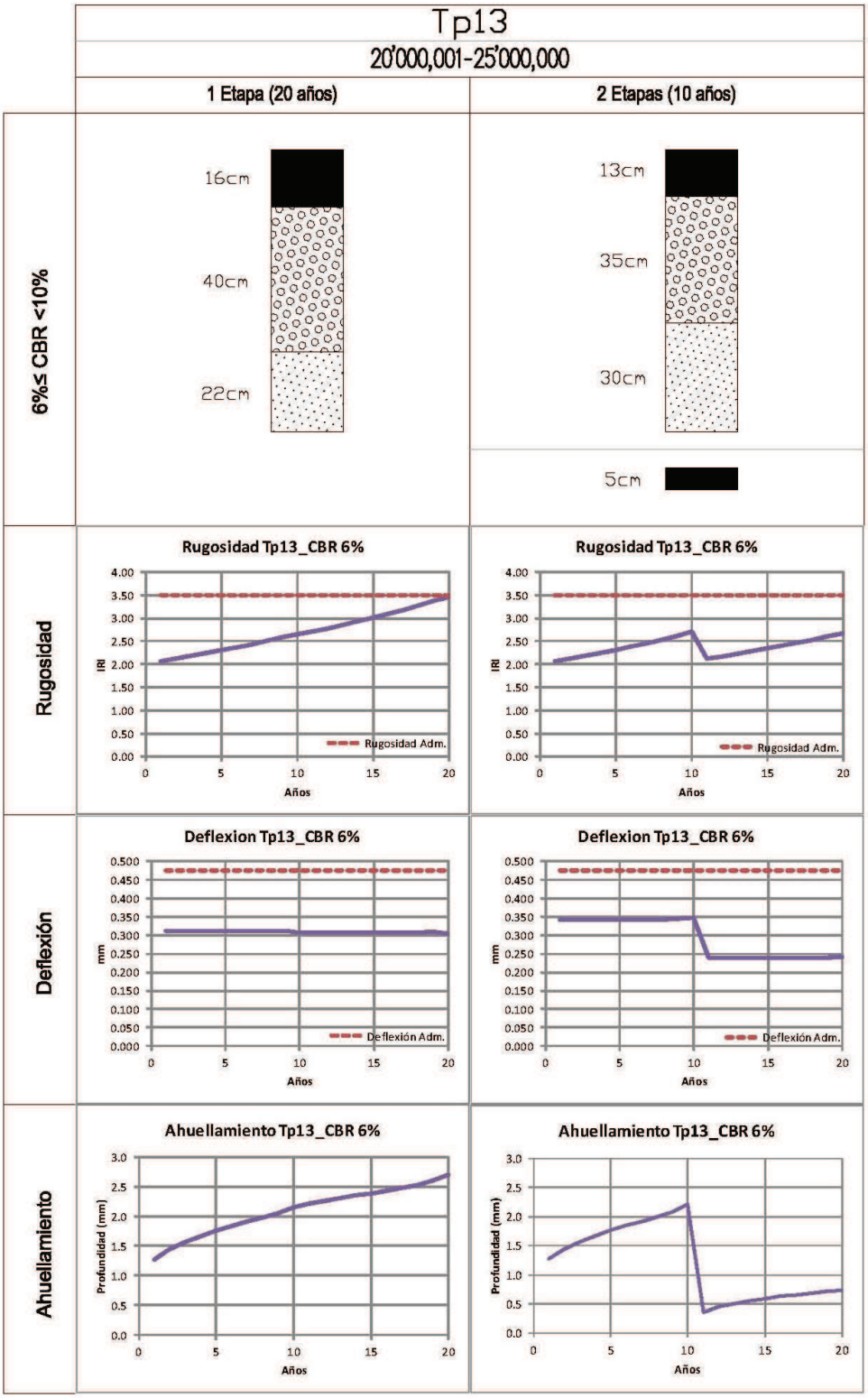


Figura 3 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Flexibles
(periodo de 10 y 20 años)

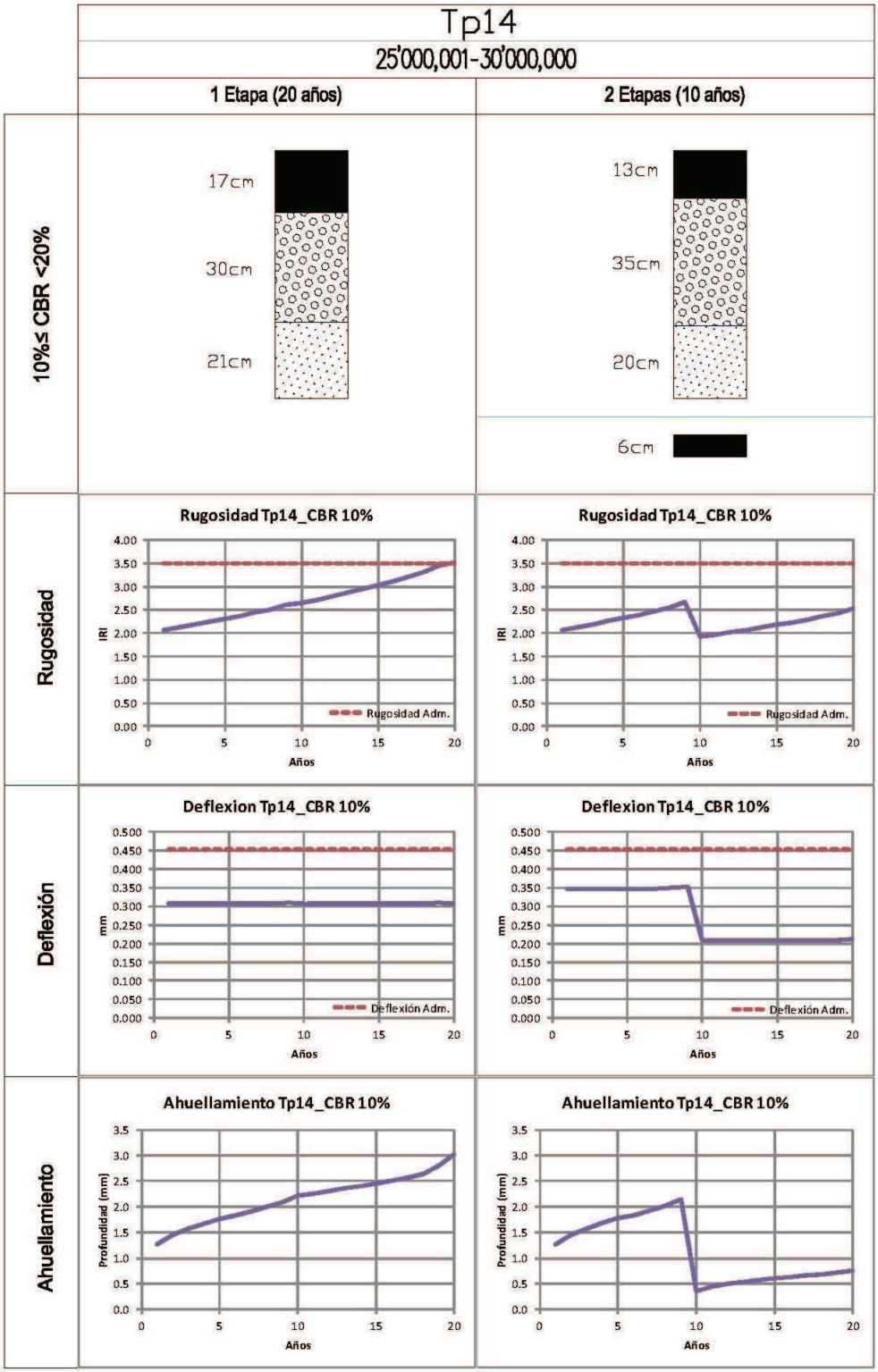


Figura 4
Catálogo de Estructuras de Pavimento Rígidos
(periodo de 20 años)

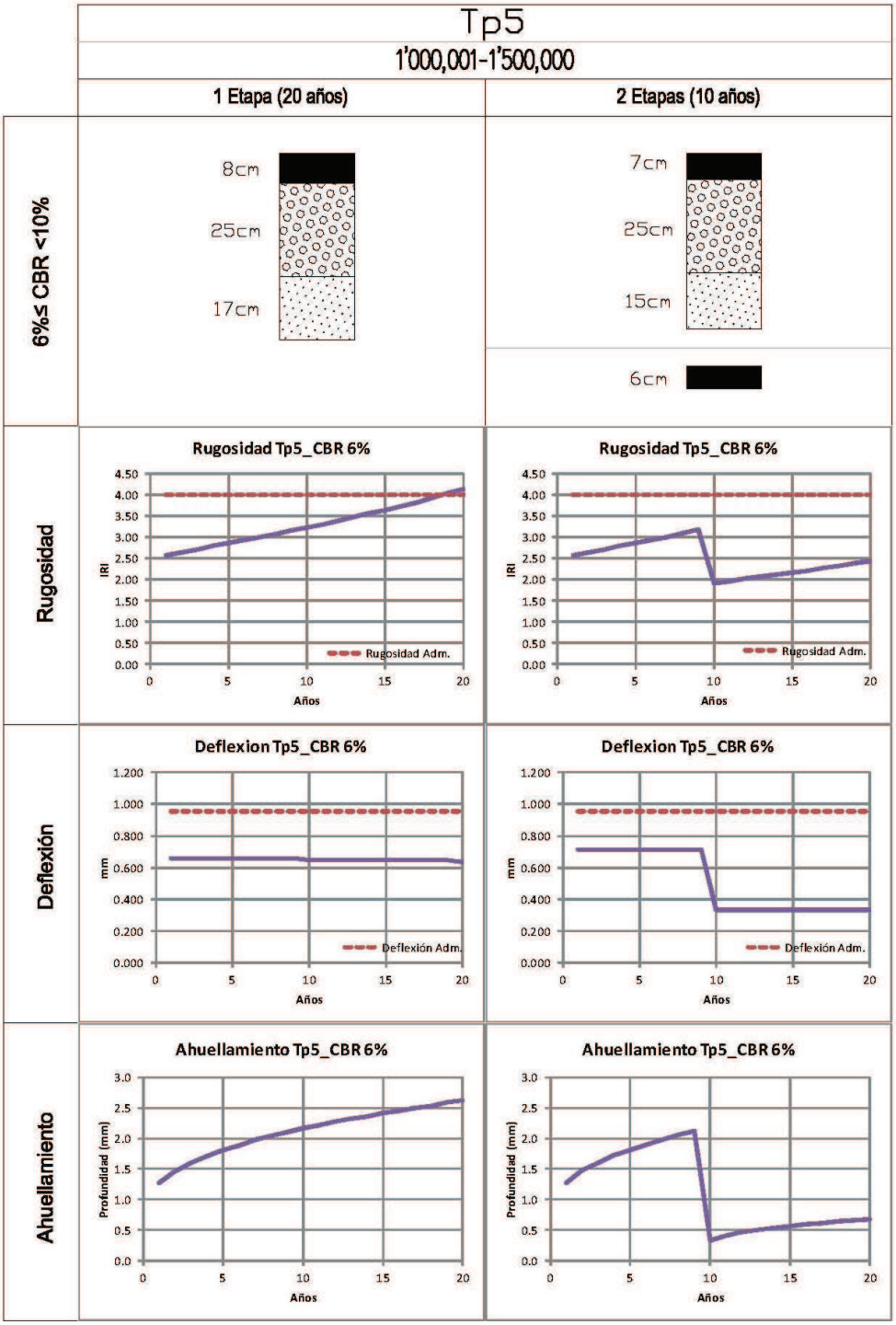


Figura 4 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Rígidos
(periodo de 20 años)

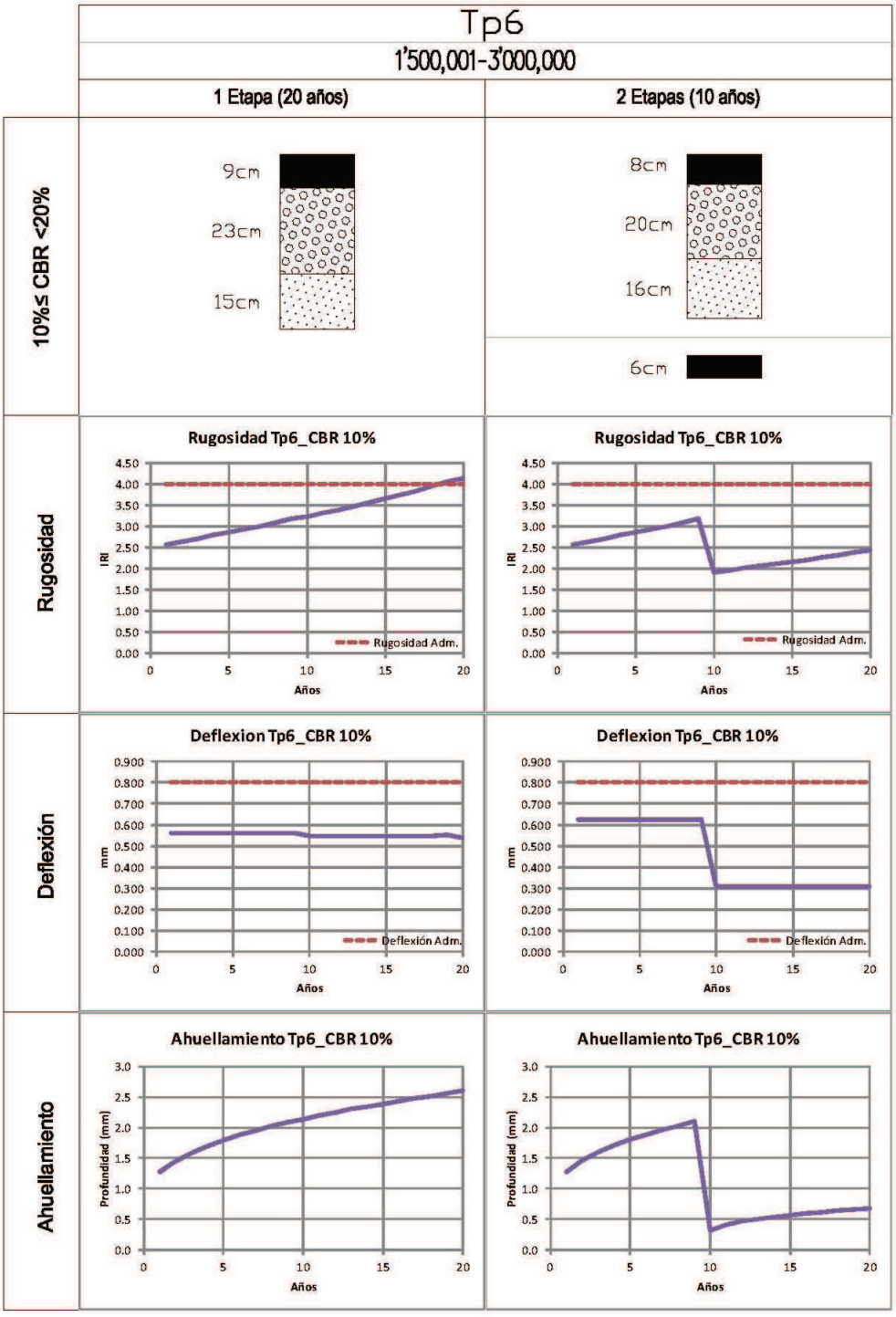


Figura 4 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Rígidos
(periodo de 20 años)

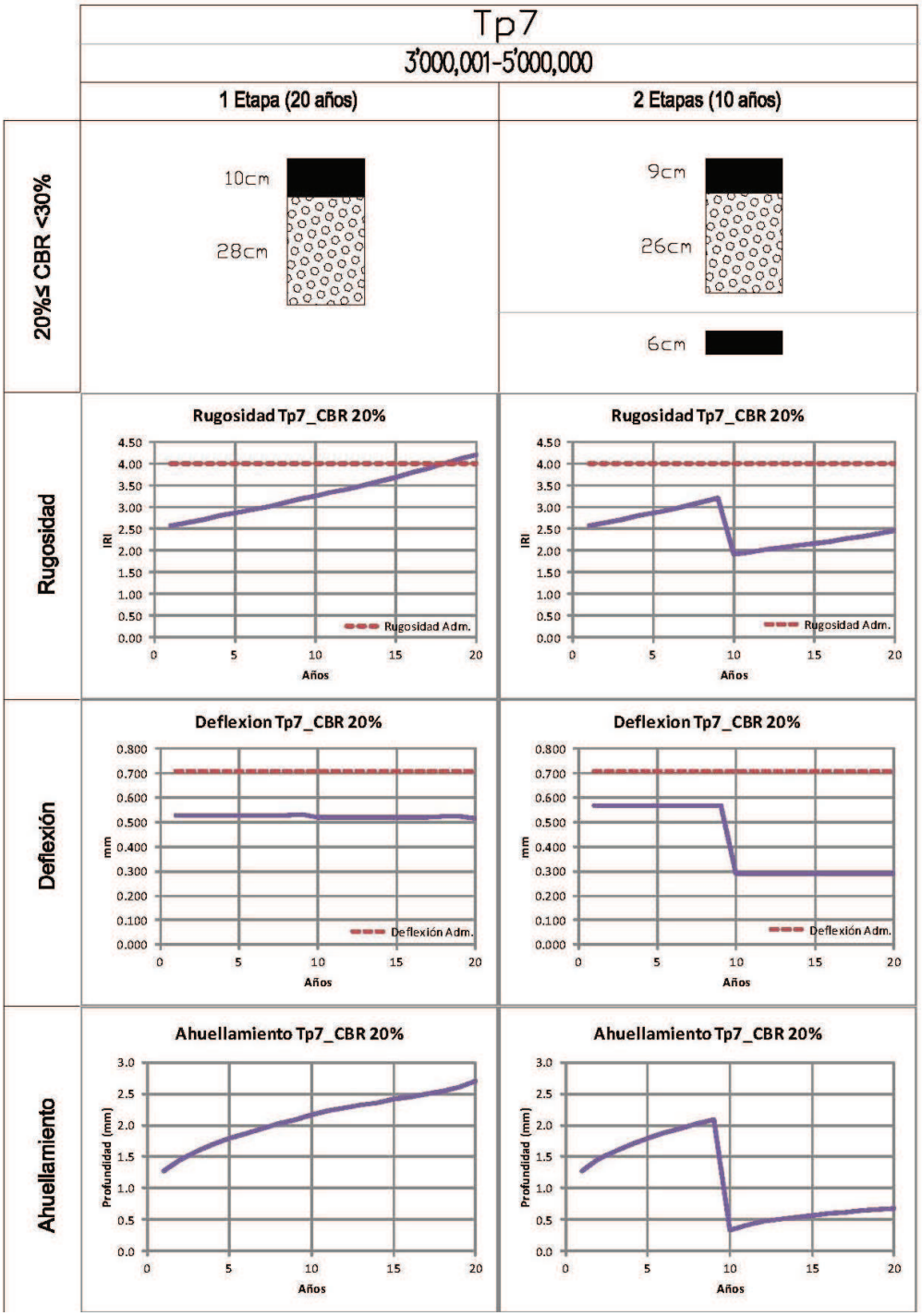


Figura 4 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Rígidos
(periodo de 20 años)

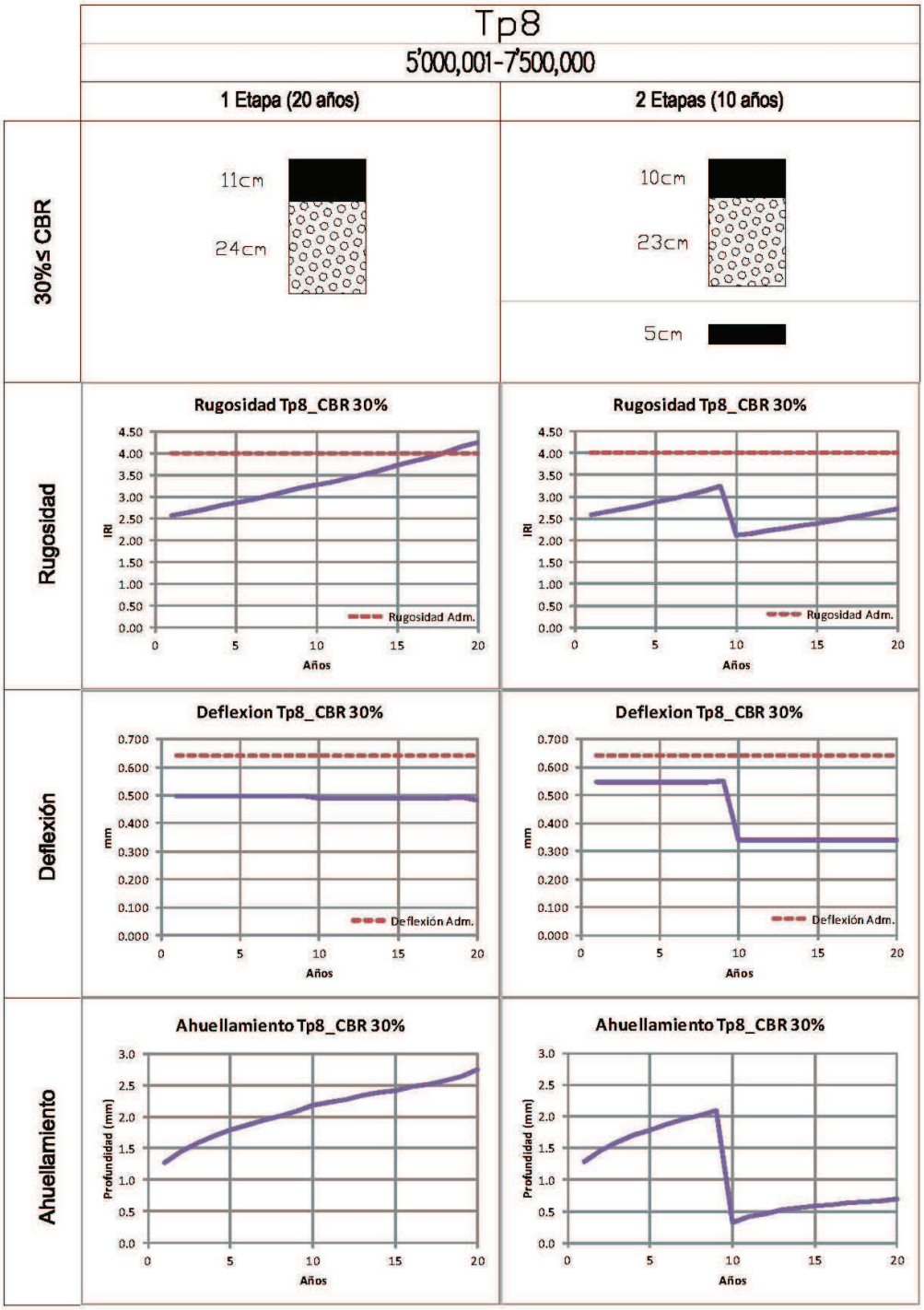


Figura 4 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Rígidos
(periodo de 20 años)

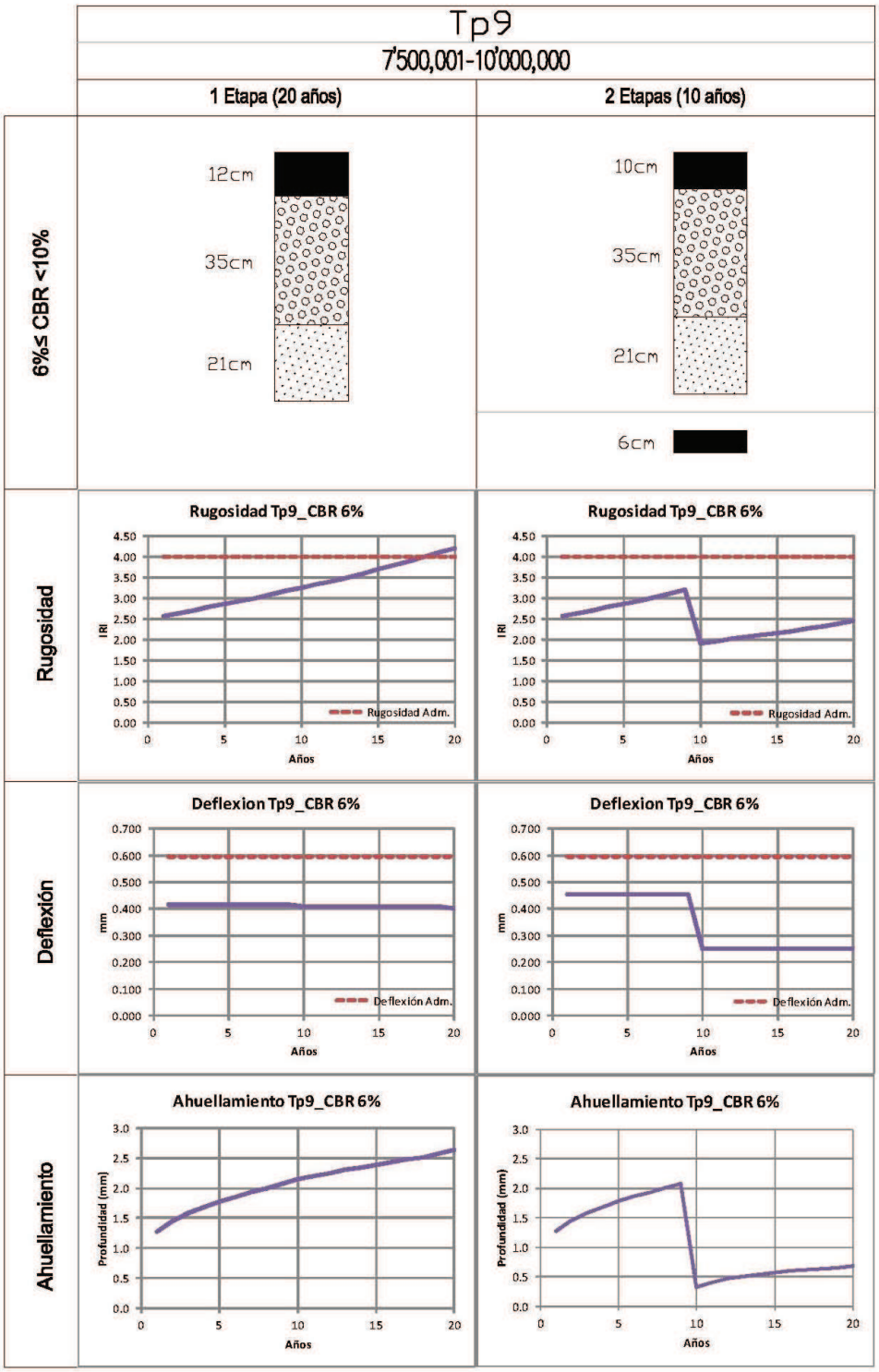


Figura 4 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Rígidos
(periodo de 20 años)

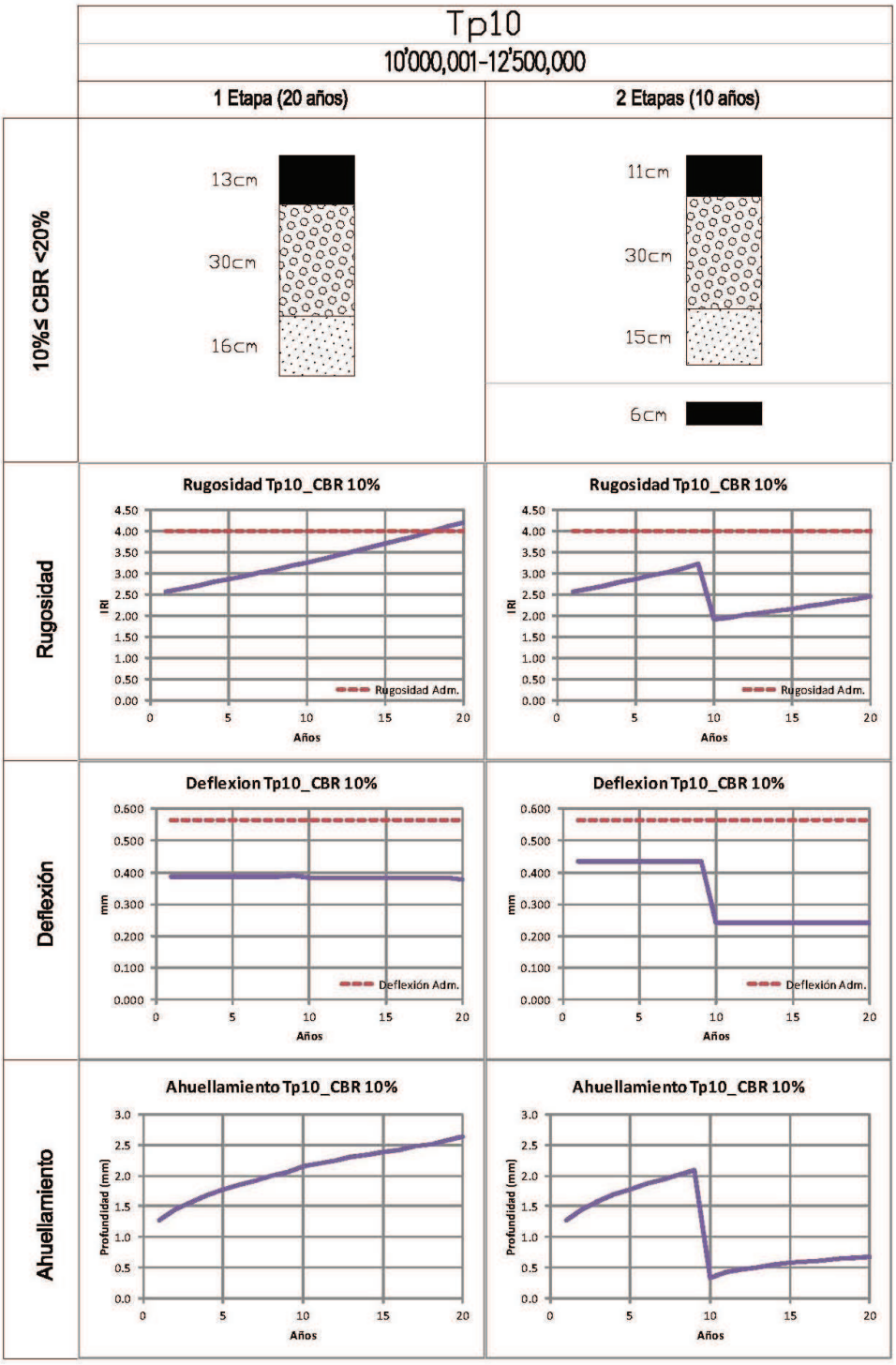


Figura 4 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Rígidos
(periodo de 20 años)

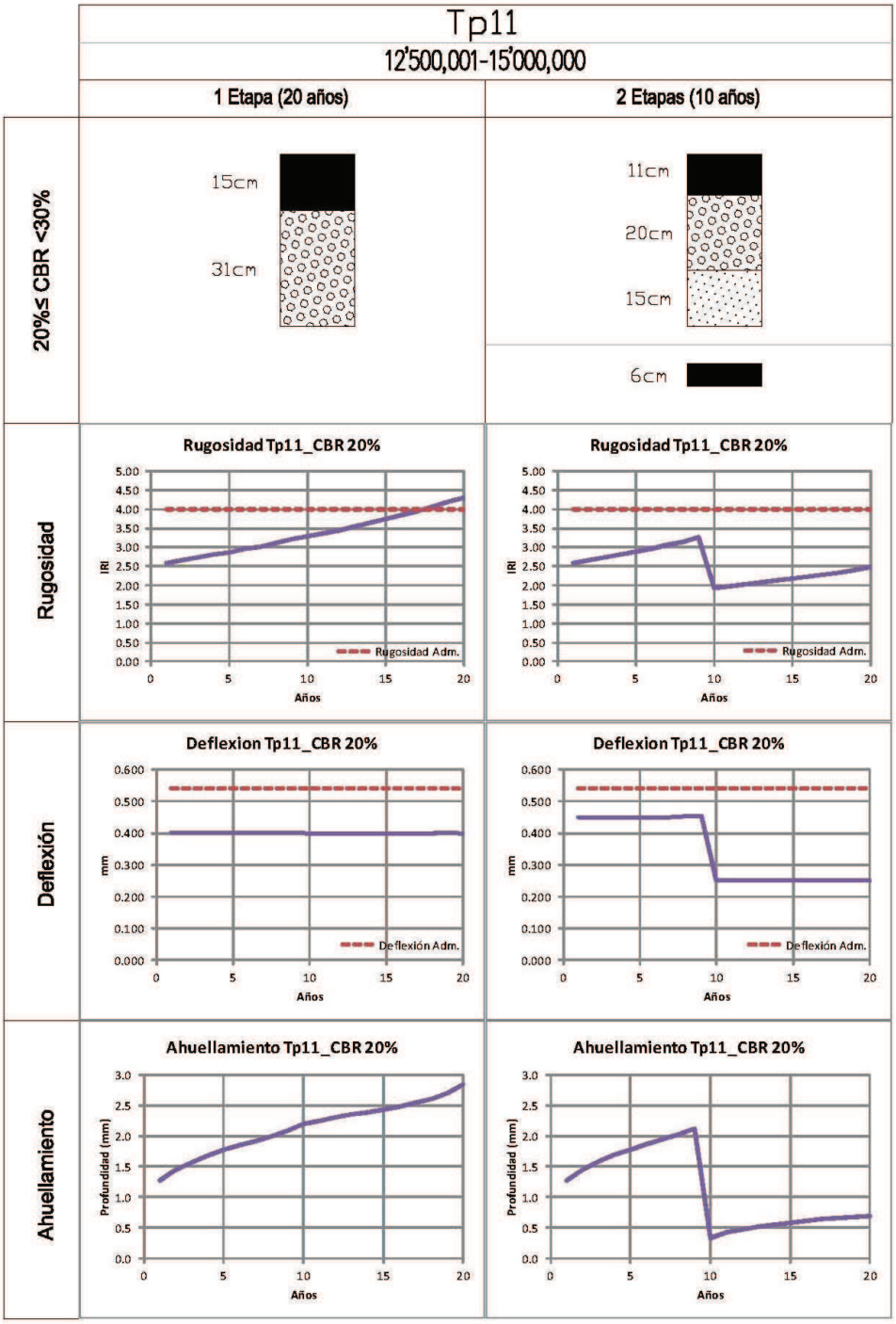


Figura 4 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Rígidos
(periodo de 20 años)

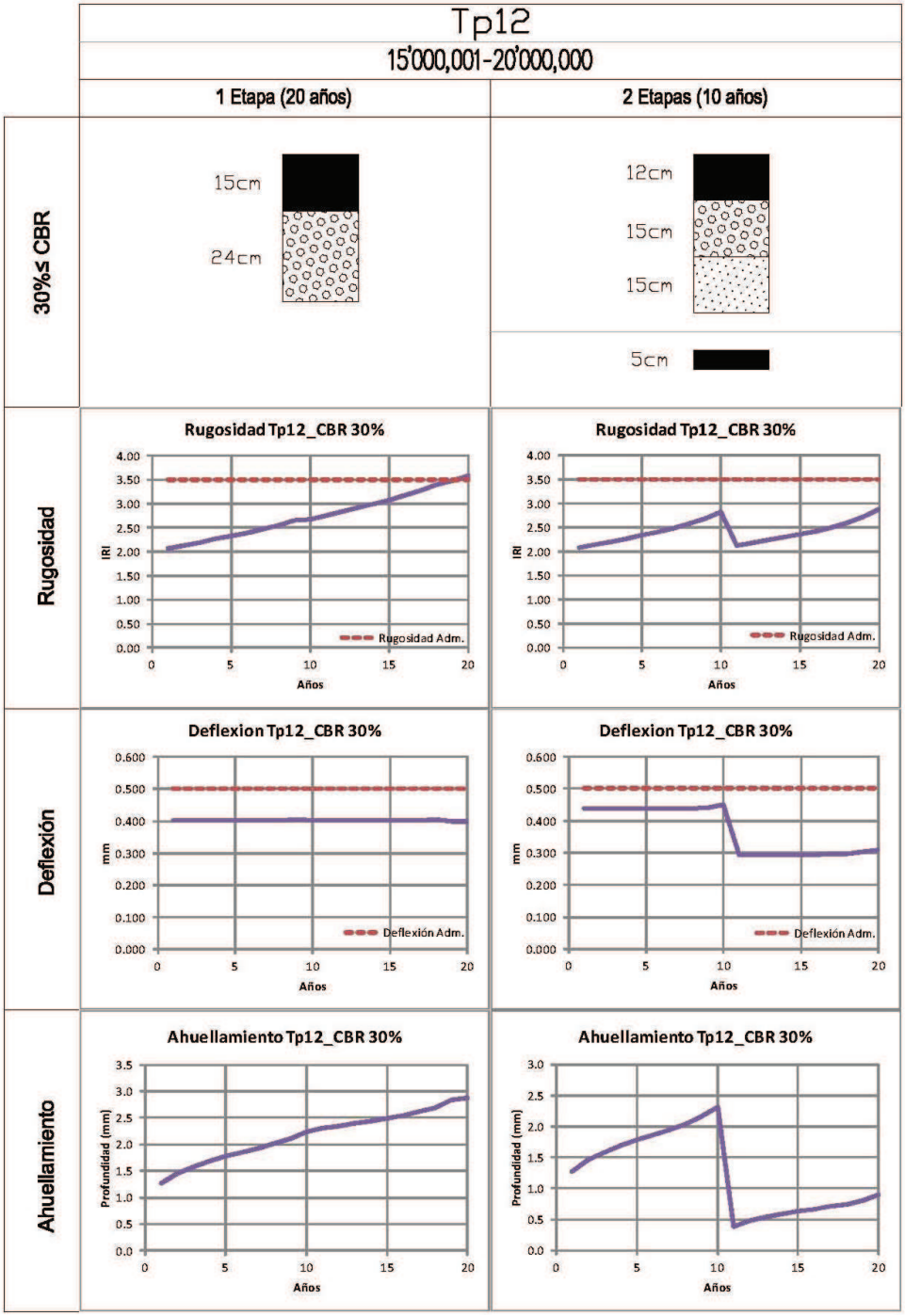


Figura 4 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Rígidos
(periodo de 20 años)

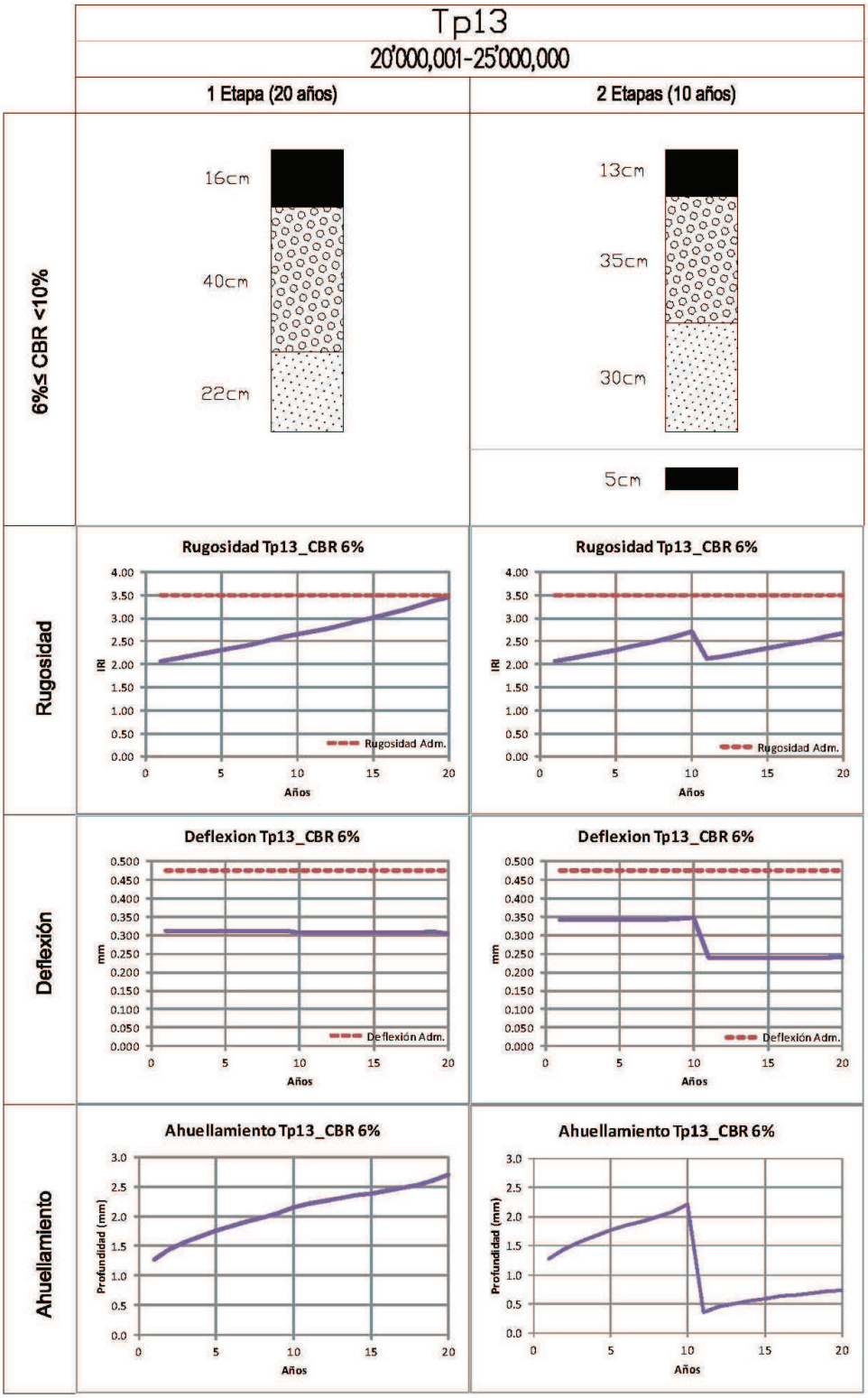
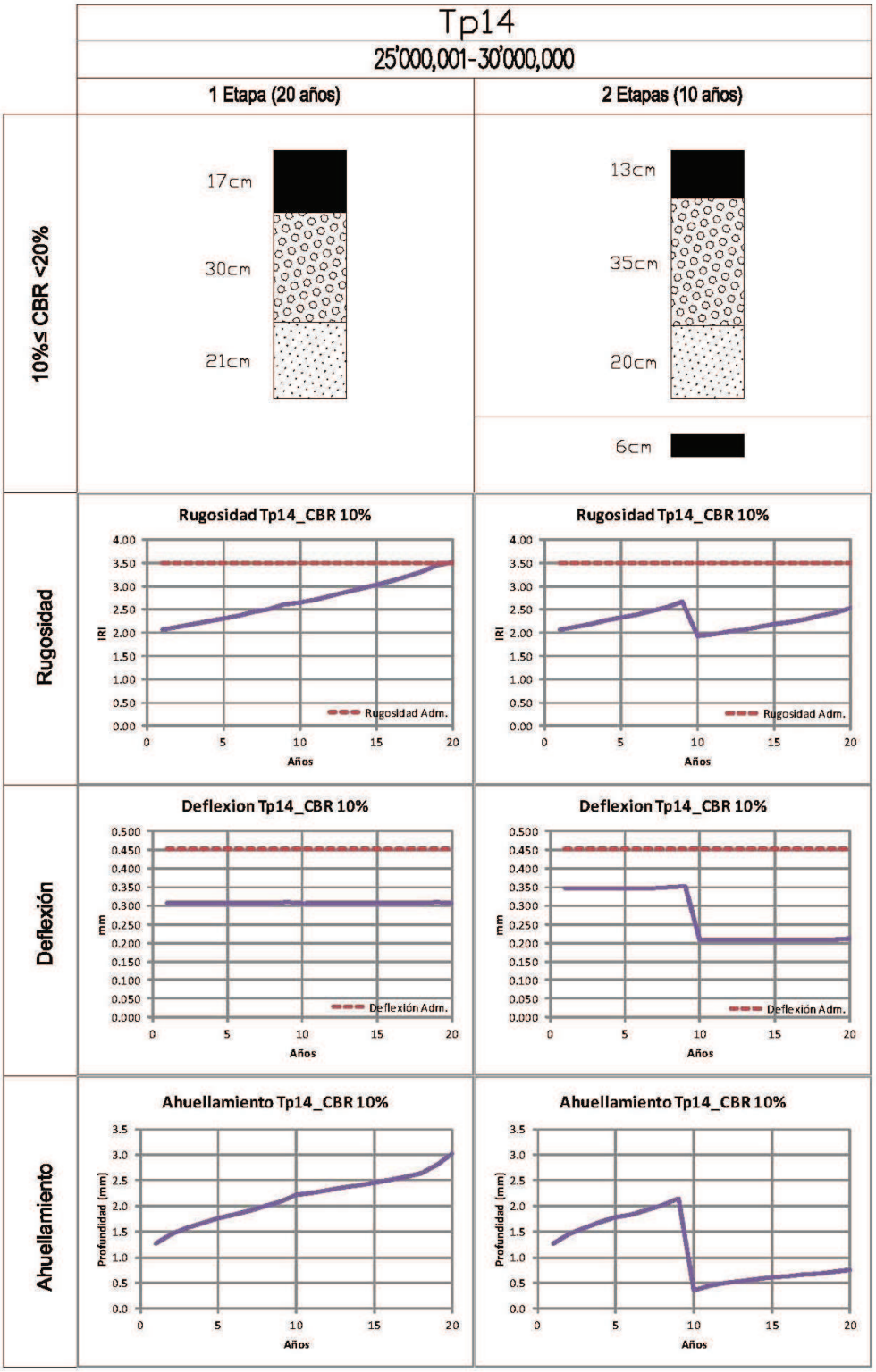


Figura 4 (cont.)
Catálogo de Estructuras de Pavimento Rígidos
(periodo de 20 años)



CAPITULO XVII

ABREVIATURAS Y GLOSARIO DE NUEVOS TÉRMINOS

17. ABREVIATURAS Y GLOSARIO DE NUEVOS TÉRMINOS

Para el mejor entendimiento y uniformidad de la Sección de Suelos y Pavimentos del Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en el presente informe se incorpora un acápite conteniendo las abreviaturas y un glosario de nuevos términos técnicos utilizados en la redacción del presente Manual, el mismo que complementa el "Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial", vigente y aprobado por el MTC.

17.1 ABREVIATURAS

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.

ACI: American Concrete Institute o Instituto Americano del Concreto.

AENOR: Asociación Española de Normalización.

AFNOR: Association Française de Normalization o Asociación Francesa de Normalización.

AI: The Asphalt Institute o Instituto del Asfalto.

ANSI: American National Standards Institute o Instituto Nacional de Normalización Estadounidense.

API: American Petroleum Institute o Instituto Americano del Petróleo.

ASTM: American Society for Testing and Materials ó Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.

AWS: American Welding Society o Asociación de Soldadura Americana.

BS: British Standards o Normas Británicas.

CEN: Comité Europeo de Normalización.

DG ( ): Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

ECV: Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación

EE: Especificaciones Especiales para Construcción de Carreteras de un Proyecto específico.

EEC: Especificaciones Especiales para la Conservación Vial de tramo específico.

EG ( ): Manual de Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras del Perú. Entre paréntesis se colocará el año de actualización.

EM ( ): Manual de Ensayo de Materiales para la Construcción de Carreteras. Manual de Dispositivos de control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.

FHWA: Federal Highway Administration o Administración Federal de Carreteras.

INC: Instituto Nacional de Cultura del Perú.

INRENA: Instituto Nacional de Recursos Naturales. Ministerio de Agricultura del Perú.

ISSA: International Slurry Surfacing Association o Asociación Internacional de Superficies con lechadas asfálticas.

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

NTL: Normas Técnicas de Laboratorio (España).

NTP: Norma Técnica Peruana

PCA: Portland Cement Association o Asociación del Cemento Portland.

SI: Sistema Internacional de Unidades (Sistema Métrico Modernizado).

SLUMP: Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (el SI en el Perú).

UNE: Norma Técnica Española (AENOR)

UNE-EN: Norma Técnica Española originada por la trasposición de una norma europea (AENOR)

17.2 DEFINICIONES

(1) AGUA

Líquido inodoro, incoloro e insípido, ampliamente distribuido en la naturaleza. Representa alrededor del 70% de la superficie de la Tierra.

(2) AIRE

Capa delgada de gases que cubre La Tierra y está conformado por nitrógeno, oxígeno y otros gases como el bióxido de carbono, vapor de agua y gases inertes.

(3) AMBIENTE

Es el conjunto de fenómenos o elementos naturales y sociales que rodean a un organismo, a los cuales este responde de una manera determinada. Estas condiciones naturales pueden ser otros organismos (ambiente biótico) o elementos no vivos (clima, suelo, agua).

(4) BASES TRATADAS

Son bases granulares a las cuales se le ha adicionados asfalto, cal o cemento, para darles mayor aporte estructural y disminuir el espesor de la estructura del pavimento.

(5) ATMÓSFERA

Es la envoltura gaseosa del planeta Tierra. Está conformada por un 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y otros elementos como el argón, dióxido de carbono, trazos de gases nobles como neón, helio, kriptón, xenón, además de cantidades aún menores de hidrógeno libre, metano, y óxido nitroso.

(6) EDUCACIÓN AMBIENTAL

Acción y efecto de formar e informar a colectividades sobre todo lo relacionado con la definición, conservación y restauración de los distintos elementos que componen el medio ambiente.

(7) EXPLANADA (DEL CAMINO)

Se denominará explanada a la preparación y conformación del terreno natural: allanado, nivelado y compactado sobre el que se construirá la infraestructura del camino. En territorios con fuertes pendientes transversales, la explanada se construye formando terrazas. Cuando el terreno natural de la explanada es de mala calidad, éste debe ser reemplazado o estabilizado para que la explanada sea estable.

(8) EXTINCIÓN

Proceso que afecta a muchas especies animales y vegetales, amenazando su supervivencia, principalmente a causa de la acción del hombre, que ha ido transformando y reduciendo su medio natural.

(9) GESTIÓN AMBIENTAL

Es el conjunto de las actividades humanas que tiene por objeto el ordenamiento del ambiente y sus componentes principales, como son: la política, el derecho y la administración ambiental.

(10) MEDIO AMBIENTE

Es el conjunto de factores físico-naturales, sociales, culturales, económicos y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la sociedad en que vive, determinando su forma, carácter, relación y supervivencia.

(11) POBLACIÓN

Conjunto de individuos perteneciente a una misma especie, que coexisten en un área en la que se dan condiciones que satisfacen sus necesidades de vida.

(12) RECICLAJE

Consiste en convertir materiales ya utilizados en materias primas para fabricar nuevos productos.

(13) RECURSOS NATURALES

Son aquellos bienes existentes en la Tierra y que la humanidad aprovecha para su subsistencia, agregándoles un valor económico. Tales recursos son: El aire, la energía, los minerales, los ríos, la flora, la fauna, etc. que no se agotan, tales como el aire, el viento, el agua del mar. Se reproducen solos o con la ayuda del hombre.

(14) RELLENO SANITARIO

También se denomina vertedero. Centro de disposición final de los residuos que genera una zona urbana determinada y que reúne todos los requisitos sanitarios necesarios. Allí se controlan y se recuperan los gases y otras sustancias generados por los residuos y se aplican técnicas adecuadas de impermeabilización y monitoreo.

(15) SANEAMIENTO BÁSICO

Es la ejecución de obras de acueductos urbanos y rurales, alcantarillados, tratamiento de aguas, manejo y disposición de desechos líquidos y sólidos, así como la generación de energía alternativa.

(16) SUELOS ESTABILIZADOS

Son suelos pobres o inadecuados de baja estabilidad a los cuales es necesario adicionales un estabilizador como cal, cemento o un aditivo químico o iónico.

(Sigue...)

5.- (Cont.) CENTRADA EL CUERPO DE LA TESIS ENFOCADO SOLO AL DISEÑO GEOMETRICO, (ESTUDIOS BÁSICOS APARTE).

6.- LA TESIS ENFOCA DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS OBRAS DE ARTE LO CUAL NO SE FUNDAMENTO, EN HOJAS DE CÁLCULO Y PLANOS RESPECTIVOS. (FALTA METODOS, INSUMOS)

7.- FORTALECEN INFORMES DE ESTUDIOS BÁSICOS (Ej. INFORME EMS, FALTA PERFILES ESTRATIGRAFICOS, INFORME TOPOGRÁFICO, FALTO LIBRETA DE CAMPO. CADA INFORME DEBE CONTAR CON SUS RESPECTIVAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, PUNTO CON ESTA INFORMACIÓN PROCEDER AL DISEÑO GEOMETRICO Y SIGUIENTES, CADA INFORME DEBE CONTENER SUS PROPIOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS). CONF. CUATRO

8.- FALTAN DETALLES EN LOS PLANOS DE DISEÑO GEOMETRICO, LOS ALCANTARILLADOS, OBRAS DE ARTE EXISTENTES, SECCIONES TÍPICAS, RESÚMEN DE MEMORIA DESCRIPTIVA, ESCALAS GRÁFICAS ENTRE OTROS.

9.- EN PLANOS TRANSVERSALES FALTA ADJUNTAR CUADRO DE CORTE Y RELLENO (RESÚMEN).

10.- EN EL PRESUPUESTO ESPECIFICO PARTIDAS, FUNDAMENTADAS EN ANEXOS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS. EJ. ITEM: HU.22.51.4.1. MARCAS EN EL PAVIMENTO CON MICROESFERAS. FUNDAMENTE EL PORQUE SU USO.

11.- SE RECOMIENDA REORGANIZAR CUERPO DE LA TESIS ENFOCANDOLO SOLO AL DISEÑO GEOMETRICO, ANEXANDO INFORMES DE ESTUDIOS BÁSICOS.

12.- *. CD. (INFORMACIÓN NO DISPONIBLE)
RAYADO.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Escuela Profesional de Ingeniería Civil -PFA

INFORME DE EVALUACIÓN DE DOCUMENTO DE TITULACIÓN

Proyecto de Tesis ☐ Tesis ☒ Módulo de Aprendizaje ☐

El que suscribe, integrante del Jurado de la Tesis denominada:

"DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERÍOS SINAI – CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015"

Autores. ***ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA***
JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS

Para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

Luego de la evaluación correspondiente se alcanzan las siguientes observaciones y recomendaciones:

Observaciones:

- ✓ Se da pase a la siguiente tesis para que continúe con tu tramite respectivo

Recomendaciones:

- ✓ Se recomienda que el sustentante prevea en el momento de sustentar hacer las coordinaciones respecto a los software indispensables y así como las herramientas a utilizar en la sustentación de su tesis, tales como **AutoCAD Word, Excel, etc** , entre otros, con el fin de poder visualizar y analizar los cálculos realizados.

Ing. Roberto Carlos Cachay Silva
Jurado de la Tesis

Pimentel, 23 de marzo de 2017

JURADO

Presidente: Ing. Salazar Bravo Wesley
Secretario: Ing. Cachay Silva Roberto Carlos.
Vocal: Ing. Patazca Rojas Pedro

CONFORMIDAD DE OBSERVACIONES SUPERADAS:	FECHA

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Escuela Profesional de Ingeniería Civil -PFA

INFORME DE EVALUACIÓN DE DOCUMENTO DE TITULACIÓN

Proyecto de Tesis ☐ Tesis [X] Módulo de Aprendizaje ☐

Sirva el presente para saludarle y comunicarle su designación como jurado evaluador de la Tesis denominada: **""DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONA EN EL AÑO 2015 DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS "** cuyos autores son : **RAMOS GUEVARA ELVIS ROBERT Y ROMERO CABANILLAS JULIO CÉSAR**

Para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

Luego de la evaluación correspondiente se alcanzan las siguientes observaciones y recomendaciones:

- LAS DEFINICIONES DESDE AUTOPISTA DE PRIMERA CLASE HASTA VELOCIDAD DE DISEÑO DEBERAN HACER REFERENCIA A LA D.G-2014 - MTC
- TODOS LOS CUADROS QUE HACEN REFERENCIA A LA D.G-2013 SE DEBERAN CAMBIAR POR LA D.G-2014
- INDICAR CUAL ES LA OBRA DE ARTE QUE SE HA DISEÑADO EN EL CAMINO VECINAL
- VISAR EL INFORME DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS
- PRESENTAR PLANOS COMPLETOS DEL PROYECTO.-
- VERIFICAR EL CALCULO DE EE

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO · ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL PFA · CHICLAYO

Ing. Ermerson Sandoval Guevara
Coordinador de la Escuela de Ing. Civil
UCV-Chiclayo

Ing. SALAZAR BRAVO WESLEY
Jurado de la Tesis

Pimentel, 10 de Marzo del 2017

JURADO

Presidente:	Ing. SALAZAR BRAVO WESLEY
Secretario:	Ing CACHAY SILVA ROBERTO CARLOS
Vocal:	Ing PATAZCA ROJAS PEDRO

CONFORMIDAD DE OBSERVACIONES SUPERADAS:

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE EVALUACIÓN DE DOCUMENTO DE TITULACIÓN

Proyecto de Tesis ☐ Tesis [X] Módulo de Aprendizaje ☐

Sirva el presente para saludarle y comunicarle su designación como jurado evaluador de la Tesis denominada: **""DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015."** cuyos autores son : **Elvis Robert Ramos Guevara Y Julio César Romero Cabanillas.**

Para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

Luego de la evaluación correspondiente se alcanzan las siguientes observaciones y recomendaciones:

1°.- EL RESUMEN TIENE UN CONTENIDO AMBIGUO, CORREGIR REDACCIÓN, ¿POR QUÉ HA EMPLEADO LA NORMA TÉCNICA DG-2013 Y NO LA DG-2014 VIGENTE A PARTIR DEL 27/06/2015 ? FUNDAMENTE

2°.- DEL TITULO DEL PROYECTO, FORMULACIÓN DEL PROBLEMA, OBJETIVOS Y SU RELACIÓN CON LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES, NO QUEDA CLARA EL TÉRMINO "OPTIMIZAR" ¿QUÉ OPTIMIZARÁ EN LA TRANSITABILIDAD LUEGO DESPUÉS DE HABER REALIZADO EL DISEÑO GEOMÉTRICO ? ESTO DEBE MANIFESTARSE EN LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. CORREGIR FECHA DE INVESTIGACIÓN ¿2015 o 2016 ?

3°.- CORREGIR ERRORES GRAMATICALES DIVERSOS, PÁRRAFOS ENTRECORTADOS, NOMBRES INADECUADOS (Ej. PÁG. 33 "HERCATORSE", PÁG 34 " TOPCOH", PAG. 35 " NOS SERVIRAN ...", etc).

4°.- LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEBEN ESTAR ACORDE A LOS OBJETIVOS EN LA MISMA NUMERACIÓN Y ORDEN CONSIDERADO

5°.- SE RECOMIENDA PRESENTAR COMO ANEXOS LOS ESTUDIOS BÁSICOS CON SUS PROPIOS SUSTENTES : INFORME DE ESTUDIO TOPOGRÁFICO, INFORME DE EMS, INFORME HIDROLÓGICO, CANTERAS, ETC. PARA SU MEJOR ENTENDIMIENTO.

(CONTINUA AL REVERSO ...

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO ESCUELA INGENIERÍA CIVIL PFA CHICLAYO

Ing. Ermerson Sandoval Guevara
Coordinador de la Escuela de Ing. Civil
UCV-Chiclayo

Ing. PATAZCA ROJAS PEDRO
Jurado de la Tesis

Pimentel, 10 de Marzo del 2017

JURADO

Presidente: Ing. SALAZAR BRAVO WESLEY
Secretario: Ing CACHAY SILVA ROBERTO CARLOS
Vocal: Ing PATAZCA ROJAS PEDRO

CONFORMIDAD DE OBSERVACIONES SUPERADAS:

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL

FILE ROMERO_TESIS-2.DOCX (3.42M)
TIME SUBMITTED 24-FEB-2017 11:28AM WORD COUNT 24921
SUBMISSION ID 775299655 CHARACTER COUNT 135068

by Elvis Robert Ramos Guevara

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2017

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Elvis Robert Ramos Guevara

Julio César Romero Cabanillas

ASESOR:

ING. OSCAR CUBAS DELGADO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CHICLAYO — PERÚ

Año 2017

PÁGINA DEL JURADO

TITULO:

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015

Autores

JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA

PRESIDENTE DEL JURADO

SECRETARIO DEL JURADO

VOCAL DEL JURADO

DEDICATORIA

A Dios por consentir alcanzar tan importante hito en mi formación profesional. A mis padres, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mis hijos por ser la inspiración más grande que me motiva seguir avanzando día a día, sin ellos no hubiera logrado esta meta.

Julio César Romero Cabanillas

A nuestro señor Jesús, que me ha permitido continuar con mi meta trazada en mi profesionalización.

A mi madre que ha sabido formar en valores, lo cual me arrimo a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi padre, quien siempre me cuida desde el cielo

A toda mi estirpe, porque me han ofrecido su soporte absoluto y por colaborar en los buenos y malos momentos.

Elvis Robert Ramos Guevara

AGRADECIMIENTO

A mi familia que supo soportar las horas de ausencia cunado tomamos la decisión de estudiar la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, hoy a un paso de lograrlo con el amor de mi madre, mi esposa e hijos, la cual no hubiera podido lograrlo, es por ello que ese paso firme en mi carrera profesional estoy eternamente agradecidos con ellos.

Al Ing. Oscar Cubas Delgado, asesor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

Gracias a todos los docentes de la Universidad César vallejo que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Julio César Romero Cabanillas

Quiero dar gracias a Dios por haberme dado salud y fortaleza para salir adelante y culminar mis estudios, en segundo lugar a todos mis familiares por siempre haberme dado fuerzas y su apoyo incondicional que me han llevado hasta alcanzar mi meta trazada.

A la Universidad Cesar Vallejo, y en especial a la Facultad Ingeniería Civil por todo lo que nos brindaron para nuestra formación como personas y profesionales.

Al Ing. Oscar Cubas Delgado, por toda su apoyo brindado durante la elaboración de mi tesis.

Elvis Robert Ramos Guevara

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo **JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS**, con **DNI N° 42256989**, **ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA**, con **DNI N° 06768498,** a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el **Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo,** Facultad de **Ingeniería,** Escuela de **Ingeniería Civil,** declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta son auténticos y veraces.

.

Jaén, Febrero del 2017.

JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA

PRESENTACIÓN

Señores miembros de jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada **"DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015**", la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

Los Autores

Índice

Contenido

PÁGINA DEL JURADO 3

DEDICATORIA 4

AGRADECIMIENTO 5

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD 6

PRESENTACIÓN 7

Contenido 8

RESUMEN 10

ABSTRACT 11

CAPITULO I INTRODUCCIÓN 12

1.1 Realidad Problemática 13

1.2 Trabajos previos 14

1.3 Teorías relacionadas al tema 16

1.4 Formulación del problema 23

1.5 Justificación del estudio 24

1.6 Hipótesis 24

1.7 Objetivos. 24

Objetivo general 24

Objetivos específicos 24

CAPITULO II MÉTODO 26

2.1 Diseño de investigación. 27

2.2 Variables, operacionalización 27

Las variables a estudiar son: 27

Variable Independiente. 27

Variable dependiente: 27

2.3 Población y muestra 29

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad 29

TÉCNICA 29

INSTRUMENTO 29

Fuente de Información 29

Encuesta 29

Cuestionario _____ 29
Conductores _____ 29
Ficha de observación _____ 29
Fotos _____ 29
Vehículos y carretera _____ 29
2.5 Métodos de análisis de datos _____ *29*
2.6 Aspectos éticos _____ *30*
CAPITULO III RESULTADOS _____ *31*
3.1 Levantamiento Topográfico de la Carretera en Estudio, ha tenido un desarrollo topográfico de acuerdo a lo normado, abarcando las siguientes operaciones: _____ *32*
3.2 El estudio de Mecánica de Suelos se realizó con la toma de muestras del terreno a intervenir, realizándose de la siguiente forma: _____ *36*
3.3 El Estudio Hidrológico para la zona de intervención y el Diseño de las Obras de Arte tubo como parámetros los que a continuación se mencionan: _____ *45*
3.4 En el diseño Geométrico de la carretera de acuerdo con la normatividad vigente del MTC, para el diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, se ha tomado los siguientes parámetros: _____ *63*
3.5 Presupuesto del proyecto. El presupuesto de la obra asciende a cuatro millones novecientos ocho mil tres y 25/100 nuevos soles, tal como se detalla a continuación. *108*
CAPITULOIV DISCUSIÓN _____ *113*
CAPITULO V CONCLUSIÓN _____ *115*
CAPITULOVI RECOMENDACIONES _____ *118*
CAPITULO VII REFERENCIAS _____ *120*
ANEXOS _____ *123*

RESUMEN

El Diseño Geométrico de Carreteras es un tema de investigación que es importante porque ayudar al adelanto a las poblaciones, el vigente plan de investigación titulado "Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el Año 2015 a desarrollado los objetivos específicos como es el diseño geométrico de una carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito. El trabajo topográfico implica una trocha de 5+700 km aproximadamente, el que se inicia en la localidad de Sinaí, hasta el cruce de Hualango con amplitud de vía que varía entre 4 a 6m.

El Estudio de Mecánica de Suelos se ha realizado de acuerdo a lo normado por el Manual de Carreteras DG-2013, de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, brindando los datos necesarios para el diseño.

La población que se ha tomado es la red vial del distrito de Cumba en la provincia de Utcubamba región Amazonas y como muestra de la presente investigación se trabajó con una muestra de 10 km. del camino vecinal a nivel de afirmado y sus obras de arte Entre los caserios Sinai - cruce Hualango, distrito de cumba.

Palabras claves:

Diseño Geométrico - Carretera - Camino vecinal – Transitabilidad - Optimizar

ABSTRACT

The Geometric Design of Roads is a research topic that is important because it helps to advance the populations, the current research plan titled "Geometric Design of the Affirmed Neighborhood Road and its Works of Art to Optimize Transitability between the Sinai Caserios - Crossing Hualango, Cumba District, Utcubamba, Amazonas, in the Year 2015 developed specific objectives such as the geometric design of an unpaved road with low traffic volume.

The topographic work involves a 5 + 700 km approximately gauge, starting in the town of Sinaí, to the junction of Hualango with track width ranging from 4 to 6m.

The Soil Mechanics Study has been carried out according to the DG-2013 Road Manual of Soils, Geology, Geotechnics and Pavements of the Ministry of Transport and Communications, providing the necessary data for the design.

The population that has been taken is the road network of the district of Cumba in the province of Utcubamba Amazon region and as sample of the present investigation was worked with a sample of 10 km. From the neighborhood road to the level of affirmed and its works of art Among the Sinai - Hualango crossroads, cumba district.

Keywords:

Geometric Design - Road - Neighborhood Road - Transitability - Optimize

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

> Citando la tesis de Gianmarco Xavier Lluncor Yataco cuyo objetivo fue Establecer la bondad del modelo HDM III para estudiar cuál es la mejor alternativa de construcción entre el tramo Bagua Chica – Flor de la Esperanza, llegando a la conclusión que la mejor alternativa del Proyecto entre Bagua Chica – Flor de la Esperanza es la que tiene una carpeta de rodadura de Tratamiento Superficial Bicapa, con una distancia de 10.4 Km que nos muestra una Tasa de Interés de Retorno (13.50%) y con una estrategia de mantenimiento que permite que la carretera se encuentre en buen estado durante los próximos 20 años. (Yataco, 2012, p. 12).

Desde la experiencia en este trabajo de investigación puedo afirmar que, actualmente el Camino no cuenta con una infraestructura vial y de drenaje adecuado, por lo que se encuentra deteriorada debido a las constantes precipitaciones propias de la zona y al tránsito existente. Las vías de comunicación cumplen un papel importante en el desarrollo de las localidades, es así como tiene su origen la investigación "Diseño Geométrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas, en el Año 2015", para su intercomunicación con la capital del Distrito teniendo éste proyecto una antigüedad de gestión de aproximadamente 8 años.

La zona en estudios actualmente está considerada en extrema pobreza, siendo un proyecto prioritario que se enmarca dentro de los lineamientos y los planes de desarrollo de los Gobiernos Regionales y Locales; de igual forma lo indicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, cuando establece que la accesibilidad debe ser justa y equitativa para los pueblos rurales e indígenas, siendo las carreteras el eje primordial para el desarrollo de estos, caso contrario están condenados a vivir en el atraso y la pobreza, convirtiéndose el estado en subvencionar continuamente sus necesidades. Al aumentar la población, se incrementa la cantidad y uso del vehículo, creando la necesidad de diseñar, construir, ampliar o mejorar las carreteras. Igualmente la evolución del parque automotor, con capacidad de carga mayor y con velocidades más elevadas, junto con la importancia que hoy se brinda a

la seguridad y economía de los usuarios y a la protección del entorno ambiental, imponen a las carreteras el cumplimiento de condiciones técnicas muy rigurosas; de esta manera se debe realizar un diseño geométrico óptimo que cumpla con las normas establecidas siguiendo los parámetros de diseño de acuerdo a las normas técnicas de diseño

1.2 Trabajos previos

Nivel Internacional

En su investigación denominada "Diseño Geométrico De Vías, Ajustado al manual colombiano" menciona en su estudio la experiencia adquirida cuyo objetivo general es brindar recomendaciones y aplicaciones de la norma en vías urbanas y rurales en Colombia, asimismo concluye que los resultados fueron satisfactorios ya que el libro comprende todas las etapas del diseño a tener en cuenta, y finalmente recomienda tomar las pautas necesarias del manual colombiano para un buen diseño (Agudelo, 2002, p. 44).

En su investigación denominada "Propuesta de Diseño Geométrico de 5.0 km de Vía de Acceso Vecinal Montañosa, Final Col. Quezaltepeque - Cantón Victoria, Santa Tecla, La Libertad, Utilizando Software Especializado Para Diseño de Carreteras" menciona en su estudio la realización del diseño geométrico de un tramo de 5.0 kilómetros haciendo uso del software Carlson, cuyo objetivo general es elaborar un supuesto de diseño geométrico de 5.0 km de vía en estudio, utilizando software especializado para diseño de carreteras, asimismo concluye que el diseño empleado se considera aceptable, y finalmente recomienda recolectar la mayor cantidad de información en campo para realizar un buen diseño geométrico. (Vasquez, 2015,p.90).

En su investigación denominada "Estudio de Seguridad Vial Para Determinar La Incidencia Del Diseño Geométrico En La Accidentalidad Carretera Bogotá - Villavicencio a Partir De La Salida Del Túnel De Boquerón a Puente Quetame", menciona en su estudio las inconsistencias en el diseño geométrico la cual presenta la vía actual en estudio y cuyo objetivo general es evaluar la incidencia del diseño geométrico en accidentalidad vial a partir de un modelo de auditoria de seguridad vial, asimismo concluye con la importancia de evaluar la relación que tiene el diseño geométrico en la accidentalidad de una carretera, y finalmente recomienda realizar los estudios

necesarios para determinar los puntos críticos de una vía. (Cifuentes, 2014,p. 76).

El objetivo general es mejorar el entorno y las condiciones de circulación vehicular, Obtuvo como resultados el impacto social y ambiental en la ejecución del proyecto. Asimismo, concluye que el uso de las herramientas informáticas es de gran ventaja. (Rolón, 2013, pág. 63).

Nivel Nacional

En su investigación denominada "Análisis De Las Características Geométricas De La Ruta Pe-06a En El Departamento De Lambayeque Con Propuesta De Solución Al Empalme Pe-1n En El Área Metropolitana De Chiclayo" menciona en su estudio las características geométricas de la carreteras en estudio, cuyo objetivo General es conocer las condiciones geométricas de la vía, obtuvo como resultados que la carretera en estudio no cumple con los parámetros mínimos establecidos según norma, asimismo concluye con la propuesta de corregir ciertos parámetros de diseño a la vía y finalmente recomienda colocar una buena señalización a la vía en estudio. (Rojas, 2013, p.82).

En su investigación denominada "Infraestructura Vial Nacional Asociada A La Competitividad" menciona en su estudio información de la infraestructura vial a nivel nacional, cuyo objetivo general es en que condición se encuentra el Perú en relación a la competitividad entre los países de la región latinoamericana y el mundo, asimismo concluye que el déficit de infraestructura puede ser visto como una oportunidad grande para la inversión privada, contando con estabilidad y reglas claras y finalmente recomienda tomar como prioridad varios aspectos (normas, SNIP, etc.) que conlleven a mejorar la competitividad de las carreteras. (Carrasco, 2009, p.17).

En su Investigación denominada "Planeamiento Y Diseño Preliminar De Carriles De Sobrepaso Para Vías De Primer Orden En Zonas Accidentadas Y De Altura" menciona en su estudio, la importancia de generar carriles de sobrepaso, generando vías seguras y confortables, cuyo objetivo general es el estudio de velocidades que permite establecer parámetros para operación y el control de tránsito en el área de estudio, asimismo concluye que se requieren carriles de sobrepaso en las carreteras nacionales de dos carriles y finalmente recomienda efectuar estudios de carriles de sobrepaso en todas

las carreteras del Perú que faciliten los sobrepasos de los vehículos de mayor velocidad de y establecer plazoletas para el descanso de vehículos y conductores. (Quiñones, 2011, p.66).

Nivel Local

En el presente investigación no se ha encontrado estudios sobre la Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito De Cumba, pues este es un trabajo inédito.

1.3 Teorías relacionadas al tema

Para la definición de **Alteración De La Capacidad Vial e Interferencia Al Tránsito,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones, donde especifica que "Son situaciones que pueden presentarse como consecuencia del uso de la infraestructura vial, ocasionando alteraciones en el flujo máximo vehicular, interferencias o congestión al tránsito". (MTC, 2013,p.56).

Para la definición de **Carretera,** se ha tomado**,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es un Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones". (MTC, 2013,p.67).

Para la definición de **Clotoide,** se ha tomado **,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es una curva plana del tipo espiral que se utiliza como curva de transición en el diseño geométrico de vías". (MTC, 2013,p.67).

Por otra parte **Curva Horizontal,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es una Curva circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal". (MTC, 2013,p.68).

Para la definición de **Curva Horizontal De Transición,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones dónde: "Afirma que es un Trazo de una línea curva de radio variable en planta, que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos curvas circulares de radio diferente". (MTC, 2013,p.68).

Para la definición de **Curva Vertical,** se ha tomado de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) donde especifica que: "Es una Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente". (MTC, 2013,p.68).

Para la definición de **Derecho De Vía,** se ha tomado del manual del MTC donde especifica:

> Es una Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva (MTC, 2013,p.76).

Para la definición de **Dispositivos De Control De Tránsito,** se ha tomado, de la norma presentada por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que son: "Señales, marcas, semáforos y dispositivos auxiliares que tienen la función de facilitar al conductor la observancia estricta de las reglas que gobiernan la circulación vehicular, tanto en carreteras como en las calles de la ciudad. (MTC, 2013,p.76).

Para la definición de **Distancia De Visibilidad De Adelantamiento,** se ha tomado, de la norma formulada por el MTC donde especifica que: "Es la Distancia mínima de visibilidad necesaria para que en condiciones de seguridad un vehículo pueda adelantar a otro". (MTC, 2013,p.77).

Para la definición de **Distancia De Visibilidad De Cruce,** se ha tomado de la norma presentada por el MTC dice: "Es la Distancia mínima de visibilidad a lo

largo de una carretera en ambas direcciones, que requiere observar el conductor de que pretende atravesar una carretera". (MTC, 2013,p.77).

Para la definición de **Distancia De Visibilidad De Parada,** se ha tomado **,** de la norma pronunciada por el MTC donde especifica que: "Es la Distancia mínima que necesita ver el conductor de un vehículo, delante de su vehículo, para detenerlo al observar un obstáculo ubicado en su carril, para evitar impactarlo". (MTC, 2013,p.78).

Ecuación De Empalme, se ha tomado de la norma expuesta por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es la Expresión algebraica usada para corregir la progresiva en una sección específica de una vía, como resultado de variantes o cambios de progresivas". (MTC, 2013,p.78).

Para la definición de **Paso A Nivel,** se ha tomado de la norma dada por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es el Cruce a la misma cota entre una carretera y una línea de ferrocarril o entre dos carreteras". (MTC, 2013,p.78).

Para la definición de **Peralte,** se ha tomado de la norma formulada por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que: "Es la Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo". (MTC, 2013,p.78).

Para la definición de **Rehabilitación,** se ha tomado del manual del MTC y especifica que:

> Es la ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están referidas principalmente a reparación y/o ejecución de pavimentos, puentes, túneles, obras de drenaje, de ser el caso movimiento de tierras en zonas puntuales y otros (MTC, 2013,p.79).

Para la definición de **Transición Del Peralte,** se ha tomado de la norma del MTC donde especifica que es: "La traza del borde de la calzada, en donde

desarrolla el cambio gradual de la pendiente del borde de la calzada, entre la que corresponde a la zona tangente, y el que corresponde a la zona peraltada de la curva". (MTC, 2013).

Para la definición de **Transición De Sobre ancho,** referida por el ente de acreditación MTC donde especifica que: "Es traza del borde de la calzada, en la que se modifica gradualmente el ancho de la calzada hasta alcanzar el máximo ancho de la sección requerida en la curva". (MTC, 2013,p.79).

Para la definición de **Transitabilidad,** se ha tomado de la norma proporcionada por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que es: "El nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo". (MTC, 2013,p.79).

Para la definición de **Variante,** se ha tomado de la norma prescrita por el MTC donde especifica que es: "La bifurcación de una carretera en el que se fija su punto de inicio, siendo su punto final, necesariamente, otro punto de la misma carretera". (MTC, 2013,p.79).

Para la definición de **Velocidad De Diseño,** expuesto en la norma del Ministerio de transportes y comunicaciones donde detalla que es: "La Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto". (MTC, 2013,p.79).

Para la definición de **Velocidad De Operación,** se ha tomado de la norma enunciada por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que es: "La máxima velocidad autorizada para la circulación vehicular en un tramo o sector de la carretera". (MTC, 2013,p.80).

Para la definición de **Vía De Servicio,** se ha tomado de la norma promulgada por el MTC donde especifica que es: "La Vía sensiblemente paralelo a una carretera, respecto del cual tiene carácter secundario, conectado a ésta solamente en algunos puntos y que sirve a las propiedades o edificios

contiguos. Puede ser con sentido único o doble sentido de circulación". (MTC, 2013,p.80).

Para la definición de **Vida Útil,** se ha tomado de la norma dicha por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que es: "El lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido". (MTC, 2013,p.80).

Para la definición de **Vulnerabilidad Vial,** se ha tomado del manual de diseño de carreteras del Ministerio de transportes y comunicaciones de la norma emitida por el Ministerio de transportes y comunicaciones donde especifica que es: "El grado de exposición de una infraestructura vial frente a un determinado riesgo vial". (MTC, 2013,p.80)

AUTOPISTA DE PRIMERA CLASE: se considera a: "Una Carretera de IMDA mayor a 4 000 veh/día, de calzadas separadas por medio de un separador central mínimo de 6 m, con dos o más carriles y una velocidades de circulación mayor a 120 km/h para vehículos livianos". (MTC, 2013,p.81).

BENCH MARK (BM): "Es la altura referida al nivel medio del mar de un punto marcado en el terreno, que sirve como control de los proyecto viales". (MTC, 2008,p.65).

BERMA: "Es Banda longitudinal, adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia", (MTC, 2008,p.65**)**.

CARRETERA: "Es el camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones", (MTC, 2008,p.65**)**.

CARRIL: "Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito". (MTC, 2008.p.65).

CLOTOIDE: "Es una curva plana del tipo espiral que se utiliza como curva de transición en el diseño geométrico de vías(MTC, 2008,p.65).

CURVA COMPUESTA: "Compone Dos o más arcos concurrentes de radios diferentes y curvatura de igual sentido". (MTC, 2008,p.65).

CURVA DE TRANSICIÓN: "Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente". (MTC, 2008,p.65).

CURVA HORIZONTAL: "Curva circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal". (MTC, 2008,p.65).

CURVA VERTICAL: "Es una Curva cóncava y convexa que enlaza dos rasantes con diferente pendiente". (MTC, 2008.p.65).

DERECHO DE VÍA "Franja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera". (MTC, 2008,p.65).

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO: "Distancia mínima de visibilidad necesaria para que en condiciones de seguridad un vehículo pueda adelantar a otro". (MTC, 2008.p.65).

DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA: "Distancia mínima que necesita ver el conductor de un vehículo, delante de su vehículo, para detenerlo al observar un obstáculo ubicado en su carril, para evitar impactarlo". (MTC, 2008,p.65).

ECUACIÓN DE EMPALME: "Expresión algebraica usada para corregir la progresiva en una sección específica de una vía, como resultado de variación

de ejes o cambios de progresivas". (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008,p.66).

EJE DE LA CARRETERA: Delineación prolongada que precisa el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008,p.66).

PAVIMENTO FLEXIBLE: "Conocido también como asfalto Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos". (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008,p.66).

PERFIL LONGITUDINAL: "Trazado del eje longitudinal de la carretera con indicación de cotas y distancias que determina las pendientes de la carretera". (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008,p.66).

PERALTE: "Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo". (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008,p.66).

.

PUNTO DE INTERSECCIÓN: Lugar donde se seccionan las continuaciones de dos tangentes sucesivas, se denomina también como PI. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008,p.67).

.

PUNTO DE TANGENCIA: "Punto donde termina la tangente y comienza la curva, conocido como PT". (MTC, 2008,p.68**)**.

RASANTE: "Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008,p.68).

SECCIÓN TRANSVERSAL: "Gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas, (MTC, 2008,p.67**)**.

SOBREANCHO: "Ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos", (MTC, 2008,p.67**)**.

TALUD: "Inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes". (MTC, 2008,p.67**)**.

TERRAPLÉN: "Parte de la EXPLANACIÓN situada sobre el terreno original. También se le conoce como relleno". (MTC, 2008,p.67**)**.

VARIANTE: "Bifurcación de una carretera en el que se fija su punto de inicio, siendo su punto final, necesariamente, otro punto de la misma carretera", (MTC, 2008,p.67**)**.

VELOCIDAD DE DISEÑO: "Velocidad Máxima con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto", (MTC, 2008,p.67**)**.

1.4 Formulación del problema

¿En qué medida el diseño geométrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de Arte optimizará la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango en la región Cajamarca en el periodo 2016?

1.5 Justificación del estudio

Justificación Práctica:

La investigación a realizar contribuye a mejorar el diseño y por ende tener mejores vías que contribuyan con la seguridad de los usuarios que hacen uso de ella.

Justificación Teórica:

Con la evaluación geométrica se busca mejorar la transitabilidad en el tramo en estudio, basándose en estudios actuales realizados y aplicando nuevas soluciones planteadas que tienen que ser aplicadas en un espacio de tiempo no muy lejano.

Justificación Económica:

Teniendo más y mejores vías mejorara la actividad económica en determinado lugar, promoviendo el intercambio de productos a diversos lugares de la región.

1.6 Hipótesis

El diseño geométrico del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y sus Obras de Arte optimizará la Transitabilidad entre los Caseríos Sinaí - Cruce Hualango en la región Cajamarca en el periodo 2016

1.7 Objetivos.

Objetivo general

Realizar el diseño geométrico del camino vecinal a nivel de afirmado y sus obras de arte para optimizar la transitabilidad entre los caserios Sinai - cruce Hualango, que tiene un área de influencia de 10km, y se comunica con el Distrito de Cumba, utilizando el Manual de Diseño de Carreteras DG – 2013

Objetivos específicos

a. Realizar el trabajo Topográfico de la vía entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito De Cumba, Utcubamba, Amazonas.
b. Identificar las características físicas, químicas y estratigráficas de suelo a través del estudio de Mecánica de Suelos.

c. Diseñar las Obras de Arte luego de los resultados de los estudios hidrológicos de la zona en intervención.
d. Ejecutar el diseño Geométrico de vía de conforme a la norma actual del MTC, para el diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito.
e. Procesar el cálculo del proyecto, de conformidad al Análisis de Costos Unitarios por partidas específicas.

CAPITULO II MÉTODO

2.1 Diseño de investigación.

El diseño de investigación será No Experimental, Transversal.

Diseño de Investigación No Experimental, de acuerdo con la teoría de (Kerlinger, 2002.p.78).

Transversal: según lo expuesto por **(Hernández y otros – 2003,p.66).**

2.2 Variables, operacionalización

Las variables a estudiar son:

Variable Independiente.

Diseño Geométrico. "El Diseño geométrico de carreteras es la técnica de ingeniería civil que consiste en situar el trazado de una carretera o calle en el terreno". (MTC, 2013).

Variable dependiente:

Transitabilidad. "Define una situación de disponibilidad de uso del camino". (Carrasco O, 2009).

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	indicadores	Escala de medición
VI DISEÑO GEOMÉTRICO	Conjunto de actividades y procedimientos a desarrollar con la finalidad de determinar Condiciones naturales y técnicas que intervienen en el Diseño geométrico de carreteras, que permita garantizar una respuesta ceñida a las diferentes etapas del diseño de la vía.	Estudio del Trafico	Índice Medio Diario Anual (IMDA)	Escala Numérica
		Levantamiento Topográfico	Levantamiento altimétrico	
			Angulo de inclinación del terreno	
			Perfiles Longitudinales	
			Vista en planta y secciones	
		Estudio hidrológico	precipitaciones	
			Caudal de Escorrentía	
			Cuencas	
		Diseño de Obras de Arte	Secciones de Obras de Arte	
			Caudal	
			Pendiente	
		Estudio de Mecánica de Suelos	Granulometría	
			Límites de consistencia	
			Contenido de Humedad	
			CBR	
			Densidad Máxima	
		Diseño Geométrico de la Carretera	Índice Medio Diario Anual	
			Velocidad de diseño	
			Radio de Curva	
			Peraltes	
			Sobre ancho	
			Longitud de Transición	
			Bombeo	
			Derecho de vía	
		Diseño de la Señalización y Seguridad Vial	Señalización preventiva	
			Señalización Reglamentaria	
			Señalización Informativa	
			Señalización Horizontal	
		Diseño de la Carretera	Medición del trafico	
			Coeficiente de Drenaje	
			Serviciabilidad	
			Confiabilidad	

		Elaboración de Análisis de Costos y Presupuesto	Metrado Costo directo Costo indirecto Gastos Generales	
Transitabilidad	Son las adecuadas condiciones físicas de las calles que permiten la circulación peatonal y vehicular.	• Factor ambiental • Factor social • Factor Económico	• Minimizar índices de contaminación. • Incremento de la Transitavilidad • Bienestar económico de los usuarios	Razón

2.3 Población y muestra

Población. Se ha tomado como población a la red vial dl distrito de Cumba en la provincia de Utcubamba región Amazonas.

Muestra. En la presente investigación se trabajó con una muestra de 10 km. del camino vecinal a nivel de afirmado y sus obras de arte Entre los caserios Sinai - cruce Hualango, distrito de cumba

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

TÉCNICA	INSTRUMENTO	Fuente de Información
Encuesta	Cuestionario	Conductores
Ficha de observación	Fotos	Vehículos y carretera

- La validez de la información son dadas por el encargado de la investigación.
- La confiabilidad son dadas por la información recolectada en campo por personal confiable.

2.5 Métodos de análisis de datos

Análisis Cuantitativo

- Procesamiento Estudios de Mecánica de Suelos resultados
- Se procesaran los datos de los resultados software Civil 3d
- Los software utilizados AutoCAD Civil 3D y otros.

Análisis Cualitativo

Análisis de la Guía Documental de la Normatividad Técnica, Normativa Ambiental y Normativa de Análisis de Riesgos.

Procedimiento de Recolección de Información

a) Estudio de Mecánica de Suelos

Se realizaran los Estudios Granulometría, Proctor Modificado, Densidad de Campo, etc, en un Laboratorio Especializado.

b) Estudio Topográfico

Se realizaran los estudios Topográficos de las zonas de estudio utilizando una Estación Total Top con GPS, Wincha.

c) Equipos Materiales e Instrumentos

Equipos

- Estación Total
- GPS

2.6 Aspectos éticos

El aspecto bibliográfico se citó a todos los autores de los artículos que participan en esta investigación

CAPITULO III

RESULTADOS

3.1 Levantamiento Topográfico de la Carretera en Estudio, ha tenido un desarrollo topográfico de acuerdo a lo normado, abarcando las siguientes operaciones:

1.1.1. INSPECCIÓN DEL TERRENO

La longitud de la Trocha Carrozable de los caserios Sinai - Cruce Hualango es de 5.70 km km con un ancho de vía variable que van desde los 4 hasta los 6.m.

De acuerdo a la geometría de la vía existente, se tiene que ha sido ejecutado sin un criterio técnico, con radios no adecuados para las curvas horizontales, lo cual representa un peligro dado que en estos sectores no existe sobre anchos que permita una mejora maniobrabilidad de los vehículos. Las pendientes de las rasantes son variables, La Estratigrafía a lo largo de la vía es variada, presentando un suelo **arcilloso a limo arcilloso** desde las progresivas **2+000** hasta **2+500.**

De acuerdo a lo verificado en campo, la vía es atravesada por varios canales y acequias no revestidas. Esto origina, que el suelo de la vía se sobresature, y pierda su estabilidad portante, o se erosione en las adyacencias de los canales; dañando la superficie de rodadura, y por consiguiente a un deterioro permanente de la transitabilidad.

Así mismo, la vía tampoco cuenta con cunetas que mitiguen el exceso de agua de las escorrentías de los campos de cultivos y de las precipitaciones pluviales.

Durante el recorrido se observó en la vía no existe alcantarillas

1.1.2. ESTABLECIMIENTO DEL PUNTO INICIAL Y PUNTO FINAL

El trabajo topográfico de la vía tuvo como Punto de Inicio el Dv. Km 31+000 Carretera Corral quemado – Lonya Grande (**762542.27E/9337786.20N**), y como punto final el **cruce Hualango (765735.33E/9336175.80N).**

1.1.3. ESCENARIOS GENERALES DEL TRAZO

Con la finalidad de mejorar la trocha existente y determinar posibles variantes para lograr elementos de diseño permitidos de acuerdo al Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. (DG-2013).

1.1.4. MÉTODO DE UNIDADES

En el presente trabajo se utilizó el Sistema Métrico Decimal, las medidas angulares se expresa en Grados, Minutos y Segundos Sexagesimales, las medidas de longitud se expresa en Kilómetros (Km.), Metros (m), Centímetros (cm.) o Milímetros (mm), según corresponda.

1.1.5. SISTEMA DE REFERENCIA

Considerando la geografía del terreno y las normas vigentes se considera el sistema de referencia plano, triortogonal, dos de sus ejes representan un plano horizontal, (un eje en la dirección Sur-Norte y el otro en la dirección Oeste- Este, según la cuadricula **UTM-WGS84 de Instituto Geográfico Nacional IGN** para el sitio del levantamiento); sobre el cual se proyecta ortogonalmente todos los detalles del terreno, ya sea natural o artificial; el tercer eje corresponde a la elevación, cuya representación del terreno se hará tanto por curvas de nivel, como por perfiles y secciones transversales.

Por lo tanto, el sistema de coordenadas del levantamiento es un sistema de coordenadas planas ligado en vértices de coordenadas UTM lo que permitirá efectuar la transformación para una adecuada georeferenciacíón.

Las cotas o elevaciones se referirán al nivel medio del mar.

1.1.6. RESPONSABILIDADES TOPOGRÁFICAS

Las Labores de topografía de la vía se realizaron en la secuencia que se presenta:

1.1.6.1. GEOREFERENCIACIÓN*:*

Se instauro puestos de inspección geográfica por el sistema de coordenadas universal transversal de Mercatorse (UTM), se geo-referenció la estación **E-1** y el punto de referencia (BM), las siguientes coordenadas fueron obtenidas por una estación total

1.1.6.2. PUNTOS DE CONTROL:

Para la determinación de los puntos de control en el sentido horizontal y vertical se ha considerado una ubicación en donde no sean movidos o alterados en el momento que se realicen los trabajos

de mejoramiento de la vía, los puntos se encuentran caracterizados en los planos topográficos.

1.1.7. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA EN ESTUDIO

Como en todo trabajo topográfico de carretera se utilizo equipo de personas con sus instrumentos topográficos respectivos que a continuación se detallan:

COMPONENTES UTILIZADOS

- GPS Navegador GARMIN(GPSMAP 76CSx)
- Eclímetro
- Estación Total TOP- COM modelo TN-102 con trípode
- Dos prismas
- Dos porta prismas
- Una wincha de 50 metros
- Una cámara fotográfica
- Una camioneta
- Estacas de fiero (0.15m)
- Pintura Esmalte (color rojo)
- Tres radios de comunicación
- Un machete

PERSONAL DE LA BRIGADA

- 01 Topógrafo
- 01 Asistente
- 02 Ayudantes
- 02 Tesistas

1.1.8. DELINEACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Una vez ubicados en el lugar de trabajo (Dv. Km 31+00 Carretera Corral Quemado – Lonya Grande), se procedió a ubicar dos puntos estratégicos con una distancia mínima de 50m entre cada punto, una vez ubicados estos puntos se colocó una estaca de fierro en cada uno, luego se ubicó el GPS en cada punto con la finalidad de obtener la coordenada de cada uno de ellos, para poder captar una buena coordenada se dejos el GPS, varios minutos en cada punto, posteriormente se procedió a anotar cada coordenada de los

puntos en una libreta topográfica (E1= **9337783N –762564E)** dichos puntos nos servirían

para dar inicio a nuestro levantamiento topográfico, teniendo todos estos datos se procede a colocar nuestro equipo(estación total) en el primer punto ubicado en campo (E-1) una vez que el equipo este correctamente nivelado, se procede a ingresar datos así como; nombre de nuestro proyecto , coordenadas UTM obtenidos con el GPS, tanto de la E-1, como del PR, altura de prisma y altura de instrumento, después de colocar todo estos datos la primera lectura se hace al punto de referencia (PR) Para luego continuar radiando todos los puntos necesarios de nuestra trocha carrozable.

Para nuestro levantamiento topográfico se tuvo que utilizar una poligonal abierta, después de tomar todos los puntos necesarios y que sean visibles desde la E-1, se procede a ubicar un punto de cambio que se llamara E-2.

Este punto será ubicado con las mismas características del primer punto, será la última lectura que se tome desde el punto E-1, luego de haber leído el último punto nos trasladamos con el equipo para estacionarnos en el punto antes mencionado (E-2), unas ves ubicados en este punto realizamos el mismo procedimiento del punto E-1 para ingresar datos, con la única diferencia que el punto de referencia de ahí en adelante será la estación anterior , este procedimiento se repite cada vez que sea necesario realizar un cambio de estación hasta terminar el trabajo de campo.

Los puntos tomados en campo de nuestra trocha carrozable fueron, eje, lado izquierdo, lado derecho y un punto paralelo a 20m aproximadamente de cada lado de la trocha, estos puntos serán tomados a cada 20 metros en tramos rectos y a cada 10 metros en tramos en curva iniciando desde nuestra progresiva 0+000 hasta 5+700

Siguiendo con el levantamiento se ha ubicado puntos de control tanto horizontal como vertical (BM) cada kilómetro, en lugares donde no puedan ser dañados

1.1.9. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Después de haber culminado el trabajo de campo se procede a procesar los datos obtenidos, en primer lugar por intermedio de un cable y un software instalado en la computadora se descargaran los datos desde la Estación Total a la computadora, luego se guardaran estos datos en el programa Excel en un formato csv delimitado por coma, los datos obtenidos tendrán las siguientes características; Punto, Norte, Este, Altura y Descripción (PNEZD).

Luego estos se importaron al AutoCAD Land y con la ayuda del AutoCAD Civil 3D se realizó lo siguiente:

- Se hizo el plano de curvas de nivel.
- Se trazo el eje en planta.
- Se trazaron las curvas horizontales existentes en la trocha carrozable, identificando el corredor vial existente.
- Se construyó el perfil longitudinal de la vía, tal como se encuentra.
- En los planos ya obtenidos se realizó el diseño geométrico tanto en planta como en altura, procediéndose a dibujar las secciones transversales con el diseño definitivo, de acuerdo al Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito del MTC.

3.2 El estudio de Mecánica de Suelos se realizó con la toma de muestras del terreno a intervenir, realizándose de la siguiente forma:

1.1.1. **ALCANCE**

El Estudio de Mecánica de Suelos de calicatas del Proyecto Diseño Geométrico Del Camino Vecinal A Nivel De Afirmado Y Sus Obras De Arte Para Optimizar La Transitabilidad Entre Los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito De Cumba, Utcubamba, Amazonas, son sólo para dicha área de estudio, de ninguna manera se puede aplicar para otros sectores o fines.

1.1.2. **OBJETIVOS**

Establecer las características físico-mecánicas de los suelos para el proyecto denominado : Diseño Geométrico Del

Camino Vecinal A Nivel De Afirmado Y Sus Obras De Arte Para Optimizar La Transitabilidad Entre Los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito De Cumba, Utcubamba, Amazonas,

1.1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Ubicación

Departamento : Amazonas

Provincia : Utcubamba

Distrito : Cumba

Localidades : Sinaí, Cruce Hualango

Temperatura Promedio Anual: 25.5°C.

Coordenadas U.T.M.:

Punto Inicial: Cas. Sinaí Km 0+000

NORTE : 9337786.19m

ESTE : 762542.27 m

ALTITUD : 493.45 m.s.n.m.

Punto Final: Cruce Hualango Km 5+700

NORTE : 9336148.36 m

ESTE : 765784.62 m

ALTITUD : 943.52 m.s.n.m

1.1.4. CARACTERÍSTICAS LOCALES

Se ubica en la Región Amazonas, Provincia de Utcubamba, distrito de Cumba, donde el inicio de la trocha en estudio (En el Centro Poblado de Sinaí) está a una altura de 494.82 msnm.

En cuanto al régimen de precipitación de acuerdo a la información del 2015, se aprecia que los meses con presencia pluvial son de Diciembre a Abril. con niveles pluviométricos altos, donde las máximas registradas se dan en el mes de Diciembre con 87.20 mm en un periodo de ...30 días que hacen un promedio diario de 32.35 mm. La temperatura de la zona es cálida con temperatura máxima de 30.8°C

(Septiembre), y de 18.5°C como la mínima registrada (Julio). En resumen, los registros establecen una zona de clima cálido con fuertes precipitaciones anuales.

1.1.5. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Se ejecutó hoyos pilotos de 1.00 * 1.00 a "cielo abierto" de 1.40 a 1.5 metros de hondura mínima, con separación de 1.00 km. uno del otro, para obtener datos representativos.

1.1.6. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CALICATAS Y UBICACIÓN

- Cantidad de Calicatas : 10
- Ubicación : Cada Kilometro

TABLA N° 01: NUMERO DE CALICATAS PARA EXPLORACIONES DE SUELOS.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número Mínimo de
Carretera de Bajo Volumen de Tránsito: Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.40, 1.50 respecto al nivel de subrasante del proyecto	1 Calicata x Km

Fuente: Elaboración Propia

1.1.7. DELIMITACIÓN DE LA CANTIDAD DE ENSAYOS DE CBR

Para elegir la cantidad de Ensayos de CBR se utilizo lo normado en el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos del MTC que determina lo siguiente:

TABLA N°02 NUMERO DE ENSAYOS DE CBR

Tipo de Carretera	Número Mínimo de Calicatas
Carretera de Bajo Volumen de Tránsito: Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera según norma del MTC.

1.1.8. UBICACIÓN DE LAS CALICATAS

Los pozos exploratorios se distribuyeron a lo largo de la vía en las siguientes ubicaciones:

TABLA N°03: UBICACIÓN DE CALICATAS.

Calicata	Kilometraje	Profundidad(m)
C 01	**Km 0+500**	1.50
C 02	**Km 1+000**	1.50
C 03	**Km 2+500**	1.50
C 04	**Km 3+700**	1.50
C 05	**Km 4+450**	1.50
C 06	**Km 5+150**	1.50
C 07	**Km 6+171**	1.50
C 08	**Km 7+050**	1.40
C 09	**Km 8+200**	1.40
C 10	**Km 9+800**	1.50

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

1.1.9. TIPOS DE ENSAYOS A EJECUTAR

Las muestras representativas fueron sometidas a los ensayos, bajo las normas de la American Society For Testing and Materials (A.S.T.M):

- Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E107ASTMD-422
- Humedad Natural MTC E 108 ASTM D-221
- Límites de Atterberg:
  - Límite Líquido MTC E 110 ASTM D-4318
  - Límite Plástico MTC E 111 ASTM D-4318
  - Índice de Plasticidad MTC E 111
- Clasificación de Suelos. Método SUCS ASTM D-2487

- Clasificación de Suelos. Método AASHTO M-145

Proctor Modificado	MTC E 115	ASTM D-
California Bearing Ratio	MTC E 132	ASTM D-

1.1.10. DESCRIPCIÓN DE LAS CALICATAS

CALICATA N° 1

E-01/0.00 – 1.50 m. Arcilla arenosa presenta plasticidad DE 9.1 %, con una humedad natural de 16.3 %, de consistencia semi compacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N° 2

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla arenosa, presenta plasticidad de 8.8%, una humedad natural de 15.3%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N° 3

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla gravosa de alta plasticidad, presenta plasticidad de 25.8%, una humedad natural de 11.1%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CH.

CALICATA N° 4

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla inorganica, presenta plasticidad de 21.5%, una humedad natural de 21.7%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N° 5

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla inorganica, presenta plasticidad de 19.8%, una humedad natural de 21.5%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N° 6

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla gravosa con arena, presenta plasticidad de 15.4%, una humedad natural de 12.7%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N° 7

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Grava arcillosa, presenta plasticidad de 13.3%, una humedad natural de 8.1%, es de consistencia compacta. Identificada en el sistema SUCS como un GC.

CALICATA N° 8

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Grava arcillosa, presenta plasticidad de 11.7%, una humedad natural de 10.7%, es de consistencia compacta. Identificada en el sistema SUCS como un GC.

CALICATA N° 9

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla con grava, presenta plasticidad de 14.2%, una humedad natural de 12.1%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

CALICATA N°10

De 0.00 m hasta 1.50m presenta Arcilla inorganica, presenta plasticidad de 22.0%, una humedad natural de 19.4%, es de consistencia semicompacta. Identificada en el sistema SUCS como un CL.

TABLA N°04 : RESUMEN DE CALICATAS

CUADRO RESUMEN																
N° CALICATA	PROGRESIVA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	HUMEDAD NATURAL	GRANULOMETRIA		CLASIFICACION		LIMITES			SALES (%)	MAXIMA DENSIDAD SECA	HUMEDAD OPTIMA	CBR (95%)	CBR (100%)
					PASA % N°4	PASA % N°200	AASHTO	SUCS	L.L	L.P	I.P					
01	0+500	M-1	0.00 - 1.50	16.3	97.3	57.0	A-4(5)	CL	29.5	20.4	9.1	0.09	1.854	13.1	5.9	8.5
02	1+100	M-1	0.00 - 1.50	15.3	97.0	53.3	A-4(4)	CL	28.1	19.3	8.8	0.07	1.864	12.5	4.3	8.6
03	2+500	M-1	0.00 - 1.50	11.1	59.8	52.2	A-7-6(11)	CH	55.0	29.2	25.8	0.25	1.754	20.8	4.1	6.9
04	3+700	M-1	0.00 - 1.50	21.7	99.9	96.6	A-7-6(14)	CL	47.8	26.3	21.5	0.19	1.772	16.6	2.7	4.8
05	4+450	M-1	0.00 - 1.50	21.5	99.8	95.5	A-7-6(13)	CL	43.1	23.3	19.8	0.12	1.767	16.4	2.8	4.8
06	5+150	M-1	0.00 - 1.50	12.7	71.9	69.5	A-6(9)	CL	38.5	23.2	15.4	0.05	1.750	15.5	5.8	10.2
07	6+171	M-1	0.00 - 1.50	8.1	51.4	38.3	A-6(1)	GC	35.7	22.4	13.3	0.09	2.069	10.4	7.4	14.2
08	7+050	M-1	0.00 - 1.50	10.7	58.7	46.9	A-6(3)	GC	34.1	22.5	11.7	0.09	2.054	10.5	8.1	15.3
09	8+200	M-1	0.00 - 1.50	12.1	73.8	70.8	A-6(9)	CL	35.6	21.4	14.2	0.07	1.763	16.4	6.2	10.4
10	9+800	M-1	0.00 - 1.50	19.4	99.8	96.2	A-7-6(14)	CL	48.3	26.3	22.0	0.16	1.780	17.6	2.6	4.6

Fuente: Elaboración Propia.

1.1.11. OBSERVACIONES

- La clase de la sub rasante establecida por el CBR al **95%** de la máxima densidad seca, lograda es **<10%,** es decir, el tipo de sub rasante que califica es de Regular a débil.
- La calidad y permanencia de la obra obedece a que se verifique y controle oportunamente las medidas de calidad de los materiales en todo el proceso de la obra.

1.1.12. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Se aprecia en anexo correspondiente al Estudio de Suelos y Canteras.

1.1.13. ESTUDIO DE SUELOS DE LA CANTERA

A. ALCANCE

El análisis del suelo en el Proyecto "Diseño Geométrico Del Camino Vecinal a Nivel de Afirmado y Sus Obras De Arte Para Optimizar La Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas", tiene un alcance exclusivo para la obra en mención no pudiendo aplicarse en otra realidad similar.

B. OBJETIVOS

Determinar la cantidad necesaria de materiales para que satisfagan la demanda en la construcción del Proyecto: "Diseño Geométrico Del Camino Vecinal A Nivel De Afirmado Y Sus Obras De Arte Para Optimizar La Transitabilidad entre los Caserios Sinai - Cruce Hualango, distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas"

C. DESCRIPCIÓN DE LA CANTERA

Nombre de la Cantera: Pampa colorada

Ubicación

Sector : Sinaí
Distrito : Cumba
Provincia : Utcubamba
Departamento : Amazonas

La Cantera Pampa Colorada esta localizada en el Km 0+500 de la Carretera Sinaí – Cruce Hualango, las distancias aproximadas se registran en el cuadro siguiente:

TABLA N° 05: ACCESIBILIDAD A LA CANTERA.

ACCESIBILIDAD A LA CANTERA			
Punto de	Punto de	Superficie de	Distanci
0+000	5+700	Trocha	5.70
		TOTA	5.70KM

Fuente: Elaboración Propia

D. INVESTIGACIONES DE LABORATORIO

El estudio de suelos se observan en los siguientes resultados:

TABLA N°06: CLASIFICACIONES DEL MATERIAL DE CANTERA: ''Cantera N°1''

ENSAYO	*METODO DE ENSAYO*	*ESPECIFICACION*	*RESULTADO PROMEDIO DE MEZCLA*	
PASANTE DE LA MALLA N°4	–	–	*36.8%*	
LIMITE LIQUIDO	*MTC E-110*	*35% Max.*	*26.85%*	*CUMPLE*
LIMITE PLASTICO	*MTC E-110*	–	*18.6%*	
INDICE PLASTICO	*MTC E-111*	*4 – 9%*	*8.25%*	*CUMPLE*
PROCTOR MODIFICADO	*MTC E-115*	–	*2.211 gr/cm3*	
OPTIMO CONTENIDO HUMEDAD	–	–	*8.0 %*	
ABRASIÓN LOS ANGELES	*MTC E-207*	*40% max.*	*30.15%*	*CUMPLE*
CBR	*MTC E-132*	*40% Min.*	*73.8%*	*CUMPLE*

Fuente: Laboratorio de ensayos de materiales

Los estudios al material de afirmado de la cantera mostrados en la Tabla están dentro de los parámetros establecidos en el Cuadro Gradación del Material de Afirmado del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC, el cual indica que:

IP: 4-9

LL: Max 35%

CBR (referido al 100% y carga de penetración de 0.1"): Min 40%.

3.3 El Estudio Hidrológico para la zona de intervención y el Diseño de las Obras de Arte tubo como parámetros los que a continuación se mencionan:

1.1.1. HIDROGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA

En la zona se cuenta con una estación meteorológica del SENAMHI, de donde se obtuvo los registros de los últimos 11 años, señalando una precipitación máxima en 24 horas de hasta 87.20mm.

La zona del proyecto pertenece a la Vertiente del Pacifico, correspondiendo a la Cuenca Hidrográfica del Rio Marañón con una altitud promedio de 494.82 m.s.n.m.

1.1.2. DELIMITACIÓN DE LA CUENCA

La delimitación se realizó con curvas de nivel o Carta Nacional siguiendo las líneas del Divortium Aquarium, la cual es una línea imaginaria, que divide las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación que en cada sistema de corriente fluye hacia el punto de salida de la cuenca.

1.1.3. ESTUDIO DE LA CUENCA

a. Estimación de Caudales

Los causes de agua que intersectan la carretera a proyectar, no poseen los caudales registrados ya que es una cuenca pequeña. Las cunetas se diseñarán con el caudal obtenido de las aguas que discurren.

b. Datos de la Cuenca

Las lluvias en el área de influencia del proyecto, son calificadas como Altas, por la ubicación geografica. Cabe remarcar que el área de influencia de la Cuenca Hidrográfica del Río Marañón no afecta al recorrido de la carretera a proyectar.

c. Datos disponibles

Se cuenta con los siguientes estudios previos:

- Perfiles longitudinales de la vía.
- Relación de obras de arte existentes en un buen estado de conservación.
- Registro de Precipitaciones.
- Características de la cuenca.
- Topografía del terreno.
- Datos de Mecánica de Suelos.

1.1.4. MÁXIMAS DESCARGA

a. Precipitación Máxima en 24 Horas (mm)

Se presenta información de la Variación de lluvias Máximas en mm en 24 horas, registrado en 35 años.

Tabla Nº07: PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS ESTACIÓN EL PALTO

AÑO	Precipitación Máx.24h.	DURACIÓN EN MINUTOS				
		5	10	30	60	120
1975	4.20	1.02	1.21	1.60	1.90	2.26
1976	4.20	1.02	1.21	1.60	1.90	2.26
1977	4.20	1.02	1.21	1.60	1.90	2.26
1978	4.20	1.02	1.21	1.60	1.90	2.26
1979	4.20	1.02	1.21	1.60	1.90	2.26
1980	4.20	1.02	1.21	1.60	1.90	2.26
1981	4.20	1.02	1.21	1.60	1.90	2.26
1982	4.20	1.02	1.21	1.60	1.90	2.26
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1984	2.50	0.61	0.72	0.95	1.13	1.34

1985	4.10	1.00	1.18	1.56	1.85	2.20
1986	5.70	1.38	1.65	2.17	2.58	3.06
1987	8.40	2.04	2.42	3.19	3.80	4.51
1988	3.20	0.78	0.92	1.22	1.45	1.72
1989	4.20	1.02	1.21	1.60	1.90	2.26
1990	2.00	0.49	0.58	0.76	0.90	1.07
1991	6.60	1.60	1.91	2.51	2.98	3.55
1992	7.70	1.87	2.22	2.93	3.48	4.14
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	11.30	2.74	3.26	4.29	5.11	6.07
1995	2.10	0.51	0.61	0.80	0.95	1.13
1996	8.20	1.99	2.37	3.12	3.70	4.41
1997	2.80	0.68	0.81	1.06	1.27	1.50
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2001	1.84	0.45	0.53	0.70	0.83	0.99
2002	2.20	0.53	0.64	0.84	0.99	1.18
2003	1.27	0.31	0.37	0.48	0.57	0.68
2004	0.45	0.11	0.13	0.17	0.20	0.24
2005	2.40	0.58	0.69	0.91	1.08	1.29
2006	5.03	1.22	1.45	1.91	2.27	2.70
2007	7.10	1.72	2.05	2.70	3.21	3.81
2008	6.90	1.67	1.99	2.62	3.12	3.71
2009	28.75	6.98	8.30	10.92	12.99	15.45

FUENTE SENHAMI cálculo de modelamiento de intensidades.

En la Tabla Nº 07 se realiza los cálculos para suponer la cantidad de agua de lluvia que recibirá el área en estudio para periodos de duración de 5, 10, 30, 60 y 120 minutos a partir de los datos registrados como precipitaciones máximas (mm) por año en 24 horas de la Tabla, empleando la siguiente fórmula:

PRECIPITACIÓN TOTAL: (1)

$$Pd = P_{24}\left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25}$$

Dónde:

Pd : Precipitación total en mm.

d : Duración en minutos.

P24 : Precipitación máxima en 24 horas en mm.

TABLA N°08: INTENSIDADES MÁXIMAS (mm/h) ESTACIÓN EL PALTO

Latitud	: 06° 00' 04" Sur	Región	: Amazonas
Longitud	: 78° 28' 15.5" Oeste	Provincia	: Utcubamba
Altitud	: 1490m s.n.m	Distrito	: Lonya Grande

AÑO	P.Máx.24h.	DURACIÓN EN MINUTOS				
		5	10	30	60	120
1975	4.20	12.23	7.27	3.19	1.90	1.13
1976	4.20	12.23	7.27	3.19	1.90	1.13
1977	4.20	12.23	7.27	3.19	1.90	1.13
1978	4.20	12.23	7.27	3.19	1.90	1.13
1979	4.20	12.23	7.27	3.19	1.90	1.13
1980	4.20	12.23	7.27	3.19	1.90	1.13
1981	4.20	12.23	7.27	3.19	1.90	1.13
1982	4.20	12.23	7.27	3.19	1.90	1.13
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1984	2.50	7.28	4.33	1.90	1.13	0.67
1985	4.10	11.94	7.10	3.12	1.85	1.10
1986	5.70	16.60	9.87	4.33	2.58	1.53
1987	8.40	24.47	14.55	6.38	3.80	2.26
1988	3.20	9.32	5.54	2.43	1.45	0.86
1989	4.20	12.23	7.27	3.19	1.90	1.13
1990	2.00	5.83	3.46	1.52	0.90	0.54
1991	6.60	19.23	11.43	5.01	2.98	1.77
1992	7.70	22.43	13.34	5.85	3.48	2.07
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	11.30	32.92	19.57	8.59	5.11	3.04
1995	2.10	6.12	3.64	1.60	0.95	0.56
1996	8.20	23.89	14.20	6.23	3.70	2.20
1997	2.80	8.16	4.85	2.13	1.27	0.75
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2001	1.84	5.36	3.19	1.40	0.83	0.49
2003	1.27	3.70	2.20	0.96	0.57	0.34
2004	0.45	1.31	0.78	0.34	0.20	0.12
2005	2.40	6.99	4.16	1.82	1.08	0.64
2006	5.03	14.65	8.71	3.82	2.27	1.35
2007	7.10	20.68	12.30	5.39	3.21	1.91
2008	6.90	20.10	11.95	5.24	3.12	1.85
2009	28.75	83.75	49.80	21.85	12.99	7.72

FUENTE SENHAMI calculo de modelamiento de intensidades

Máxima Precipitación de agua de lluvia que recibirá el área del proyecto en un perio determinado en 5, 10, 30, 60 y 120 minutos a partir de los datos

registrados como precipitaciones máximas (mm) por año en 24 horas de la **Tabla N°08** siendo sus unidades en mm/h; empleando para ello la siguiente fórmula:

INTENSIDAD: (2)

$$I = \frac{Pd}{T}$$

Dónde:

I : Intensidad

Pd : Precipitación total en mm

T : Tiempo en horas

TABLA N°09: TRANSFERENCIA DE INTENSIDADES A LA CUENCA DEL PROYECTO

AÑO	P.Máx.24h. (mm)	DURACION EN MINUTOS				
		5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
1975	4.20	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
1976	4.20	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
1977	4.20	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
1978	4.20	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
1979	4.20	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
1980	4.20	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
1981	4.20	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
1982	4.20	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1984	2.50	4.29	2.55	1.12	0.66	0.40
1985	4.10	7.03	4.18	1.83	1.09	0.65
1986	5.70	9.77	5.81	2.55	1.52	0.90
1987	8.40	14.40	8.56	3.76	2.23	1.33
1988	3.20	5.49	3.26	1.43	0.85	0.51
1989	4.20	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
1990	2.00	3.43	2.04	0.89	0.53	0.32
1991	6.60	11.32	6.73	2.95	1.76	1.04
1992	7.70	13.20	7.85	3.44	2.05	1.22
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	11.30	19.37	11.52	5.05	3.01	1.79
1995	2.10	3.60	2.14	0.94	0.56	0.33
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
1997	2.80	4.80	2.85	1.25	0.74	0.44
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2001	1.84	3.15	1.88	0.82	0.49	0.29
2002	2.20	3.77	2.24	0.98	0.59	0.35
2003	1.27	2.18	1.29	0.57	0.34	0.20
2004	0.45	0.77	0.46	0.20	0.12	0.07
2005	2.40	4.12	2.45	1.07	0.64	0.38
2006	5.03	8.62	5.13	2.25	1.34	0.80
2007	7.10	12.17	7.24	3.18	1.89	1.12
2008	6.90	11.83	7.03	3.09	1.83	1.09
2009	28.75	49.29	29.31	12.86	7.65	4.55
	Promedio	7.76	4.61	2.02	1.20	0.72
	Desv. Est.	8.62	5.12	2.25	1.34	0.79

FUENTE SENHAMI cálculo de modelamiento de intensidades

En la presente tabla se determina la transferencia de intensidades a la cuenca del proyecto, es decir, se modelarán los cálculos por el Método de Regionalización, el cual consiste en buscar una cuenca cercana a la nuestra, de características similares como su altitud, factor de forma (longitud y ancho de cuenca), etc. en la cual se modelará los datos registrados en la estación, mediante la siguiente ecuación:

TRANSPOSICIÓN DE INTENSIDADES (3)

Dónde:

$$I_2 = I_1 x \frac{H_{media}}{H_1}$$

I_2 : Intensidad de la microcuenca en estudio.

I_1 : Intensidad de la estación Casa Grande.

H_{media} : Altitud media de la microcuenca en estudio.

H_1 : Altitud de la estación Casa Grande.

TABLA N°10: ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA ECUACIÓN DE GUMBEL

m	Intensidades Máximas Ordenadas (mm/h)				
	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.77	0.46	0.20	0.12	0.07
7	2.18	1.29	0.57	0.34	0.20
8	3.15	1.88	0.82	0.49	0.29
9	3.43	2.04	0.89	0.53	0.32
10	3.60	2.14	0.94	0.56	0.33
11	3.77	2.24	0.98	0.59	0.35
12	4.12	2.45	1.07	0.64	0.38
13	4.29	2.55	1.12	0.66	0.40
14	4.80	2.85	1.25	0.74	0.44
15	5.49	3.26	1.43	0.85	0.51
16	7.03	4.18	1.83	1.09	0.65
17	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
18	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
19	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
20	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
21	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
22	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
23	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
24	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
25	7.20	4.28	1.88	1.12	0.66
26	8.62	5.13	2.25	1.34	0.80
27	9.77	5.81	2.55	1.52	0.90
28	11.32	6.73	2.95	1.76	1.04
29	11.83	7.03	3.09	1.83	1.09
30	12.17	7.24	3.18	1.89	1.12
31	13.20	7.85	3.44	2.05	1.22
32	14.06	8.36	3.67	2.18	1.30
33	14.40	8.56	3.76	2.23	1.33
34	19.37	11.52	5.05	3.01	1.79
35	49.29	29.31	12.86	7.65	4.55
Promedio	7.76	4.61	2.02	1.20	0.72
Desv. Est.	8.62	5.12	2.25	1.34	0.79
α	0.15	0.25	0.57	0.96	1.61
β	3.88	2.31	1.01	0.60	0.36

FUENTE :calculo de modelamiento de intensidades

En la presente tabla se ordenan los datos obtenidos en la **Tabla Nº10** por Intensidades de menor a mayor en los periodos de duración de 5, 10, 30, 60 y 120 minutos.

TABLA N°11: PROBABILIDADES OBSERVADA Y SIMULADA

m	Prob. Weibull	Probabilidad de Gumbel				
	P(X ≤ Xm)	$F(x \leq x_m) = e^{-e^{-\alpha(Xm-\beta)}}$				
	m/(N+1)	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
1	0.0278	0.1684	0.1684	0.1684	0.1684	0.1684
2	0.0556	0.1684	0.1684	0.1684	0.1684	0.1684
3	0.0833	0.1684	0.1684	0.1684	0.1684	0.1684
4	0.1111	0.1684	0.1684	0.1684	0.1684	0.1684
5	0.1389	0.1684	0.1684	0.1684	0.1684	0.1684
6	0.1667	0.2043	0.2043	0.2043	0.2043	0.2043
7	0.1944	0.2757	0.2757	0.2757	0.2757	0.2757
8	0.2222	0.3283	0.3283	0.3283	0.3283	0.3283
9	0.25	0.3432	0.3432	0.3432	0.3432	0.3432
10	0.2778	0.3526	0.3526	0.3526	0.3526	0.3526
11	0.3056	0.362	0.362	0.362	0.362	0.362
12	0.3333	0.3808	0.3808	0.3808	0.3808	0.3808
13	0.3611	0.3902	0.3902	0.3902	0.3902	0.3902
14	0.3889	0.4182	0.4182	0.4182	0.4182	0.4182
15	0.4167	0.4551	0.4551	0.4551	0.4551	0.4551
16	0.4444	0.5349	0.5349	0.5349	0.5349	0.5349
17	0.4722	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434
18	0.5	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434
19	0.5278	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434
20	0.5556	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434
21	0.5833	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434
22	0.6111	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434
23	0.6389	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434
24	0.6667	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434
25	0.6944	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434	0.5434
26	0.7222	0.6105	0.6105	0.6105	0.6105	0.6105
27	0.75	0.6598	0.6598	0.6598	0.6598	0.6598
28	0.7778	0.7185	0.7185	0.7185	0.7185	0.7185
29	0.8056	0.7363	0.7363	0.7363	0.7363	0.7363
30	0.8333	0.7476	0.7476	0.7476	0.7476	0.7476
31	0.8611	0.7791	0.7791	0.7791	0.7791	0.7791
32	0.8889	0.8028	0.8028	0.8028	0.8028	0.8028
33	0.9167	0.8116	0.8116	0.8116	0.8116	0.8116
34	0.9444	0.9052	0.9052	0.9052	0.9052	0.9052
35	0.9722	0.9988	0.9988	0.9988	0.9988	0.9988

FUENTE: cálculo de modelamiento de intensidades

En la presente tabla se determina la probabilidad de que los eventos registrados en la estación se repitan.

TABLA N° 12: PRUEBA DE SMIRNOV – KOLMOGOROV

m	Desviación absoluta				
	P (x ≤ Xm) – F (x ≤ Xm)				
	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
1	0.1406	0.1406	0.1406	0.1406	0.1406
2	0.1128	0.1128	0.1128	0.1128	0.1128
3	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850
4	0.0573	0.0573	0.0573	0.0573	0.0573
5	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295	0.0295
6	0.0376	0.0376	0.0376	0.0376	0.0376
7	0.0813	0.0813	0.0813	0.0813	0.0813
8	0.1061	0.1061	0.1061	0.1061	0.1061
9	0.0932	0.0932	0.0932	0.0932	0.0932
10	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748	0.0748
11	0.0565	0.0565	0.0565	0.0565	0.0565
12	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475	0.0475
13	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291	0.0291
14	0.0293	0.0293	0.0293	0.0293	0.0293
15	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385	0.0385
16	0.0905	0.0905	0.0905	0.0905	0.0905
17	0.0712	0.0712	0.0712	0.0712	0.0712
18	0.0434	0.0434	0.0434	0.0434	0.0434
19	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156	0.0156
20	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121	0.0121
21	0.0399	0.0399	0.0399	0.0399	0.0399
22	0.0677	0.0677	0.0677	0.0677	0.0677
23	0.0955	0.0955	0.0955	0.0955	0.0955
24	0.1232	0.1232	0.1232	0.1232	0.1232
25	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510
26	0.1117	0.1117	0.1117	0.1117	0.1117
27	0.0902	0.0902	0.0902	0.0902	0.0902
28	0.0592	0.0592	0.0592	0.0592	0.0592
29	0.0693	0.0693	0.0693	0.0693	0.0693
30	0.0858	0.0858	0.0858	0.0858	0.0858
31	0.0820	0.0820	0.0820	0.0820	0.0820
32	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861	0.0861
33	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051	0.1051
34	0.0392	0.0392	0.0392	0.0392	0.0392
35	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266	0.0266

Δc	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510	0.1510
		Δt =	0.2600		
Como Δc ≤ Δt, el ajuste es bueno para la distribución de Gumbel.					

FUENTE PROPIA : cálculo de modelamiento de intensidades

Se presenta la tabla que se ajusta a la probabilidad de los datos transferidos de la **Tabla N°12**, debiendo estar dentro del rango permisible dado por Smirnov – Kolmogorov, siendo éste no mayor a Δt = 0.2600.

Los datos obtenidos no superan el valor permisible, entonces se asume que la cuenca analizada es semejante a la del estudio, validando todos los datos del presente estudio.

Se empleó la ecuación siguiente:

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE (SMIRNOV – KOLMOGOROV) [4]

$$F_{(x)} = e^{\left(-e^{(-a(1-b))}\right)}$$

Estimación de los parámetros a, b se obtienen con las siguientes ecuaciones, teniendo en cuenta la cantidad de datos muestrales.

a = 1.2825 / Desviación Estándar

b = Promedio – (0.45 x Desviación Standar)

TABLA N°13: SIMULACIÓN DEL MODELO DE GUMBEL

N	J %	Tr	Datos Simulados		$Xr = \beta - \frac{1}{\alpha} Ln\left\{-Ln\left[1-\frac{1}{Tr}\right]\right\}$		
			5'	10'	30'	60'	120'
			α= 0.15 β=	0.25	0.57	0.96	1.61
			3.88	2.31	1.01	0.60	0.36
30	10	285	42	25	11	6	4
	20	135	37	22	10	6	3
	30	85	34	20	9	5	3
	40	59	31	19	8	5	3
	50	**44**	**29**	**17**	**8**	**5**	**3**
	60	33	27	16	7	4	3

40	10	380	44	26	11	7	4
	20	180	39	23	10	6	4
	30	113	36	21	9	6	3
	40	79	33	20	9	5	3
	50	58	31	19	8	5	3
	60	44	29	17	8	5	3
50	10	475	45	27	12	7	4
	20	225	40	24	10	6	4
	30	141	37	22	10	6	3
	40	98	35	21	9	5	3
	50	73	33	19	9	5	3
	60	55	31	18	8	5	3

FUENTE PROPIA : cálculo de modelamiento de intensidades

En la tabla se determina el riesgo de falla y tiempo de retorno, en periodos de duración de 5, 10, 30, 60 y 120 minutos.

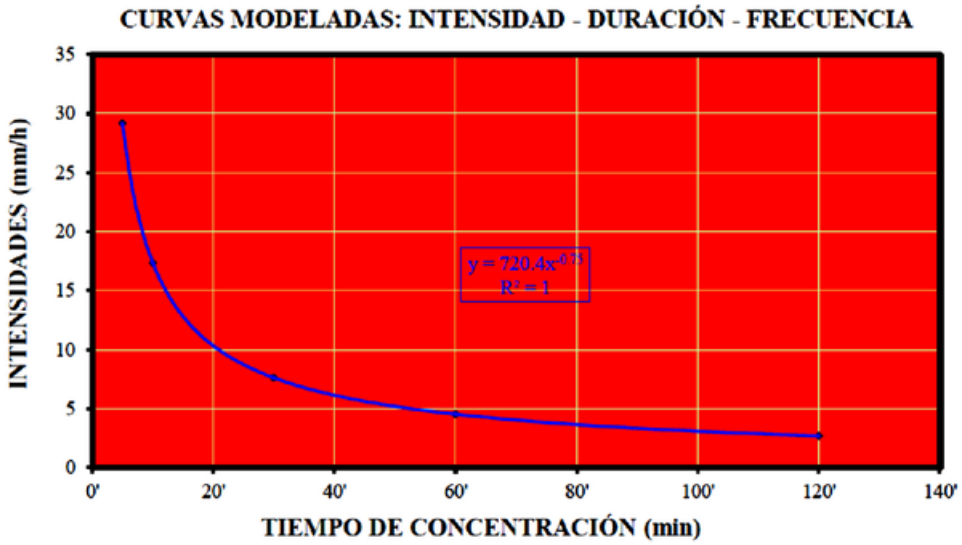
Se considera para proyectos viales:

N: Vida útil 30 años.

Se define como el tiempo ideal durante el cual las estructuras e instalaciones funcionan al 100% de eficiencia.

J%:Riesgo de falla, el cual representa el peligro a la probabilidad de que el gasto de diseño sea superado por otro evento de magnitudes mayores, estimándose este peligro en un 50% de probabilidad,

TABLA N° 14: CURVAS MODELADAS



Debido a que el tiempo de concentración es muy pequeño, tomamos la intensidad máxima en 5 minutos (49.29 mm/h) de la **Tabla Nº14**

I = 49.29 mm/h

1.1.5. CALCULO DEL CAUDAL MÁXIMO

La determinación del caudal máximo probable representa la suma del caudal líquido y el caudal sólido.

Se realiza mediante la ecuación del Método Racional para la cual tenemos: El área representativa por tramos a considerar en el método racional es de 5.30 m de ancho x 50.00 m de longitud tomados desde el eje de la vía. El proyecto presenta un perfil con pendientes muy pec

FUENTE PROPIA: cálculo de modelamiento de intensidades

hor

Luego: **A= 0.03 Ha**

El coeficiente de escorrentía C = 0.45, de la Tabla Nº 25

1.1.6. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C):

Es la relación entre el agua que corre por la superficie del terreno y la total precipitada.

TABLA N°15: COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA

COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA PARA SER USADOS EN EL MÉTODO RACIONAL							
Características de las superficies	**2**	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**	**500**
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.9	0.95	1.00
Concreto / techo	0.75	0.8	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Plano, 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2 - 7%	0.37	0.4	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7%	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (Cubierta de pasto del 50% al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Condición buena (Cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.51	0.58
Plano, 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.6
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0 - 2%	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Bosques							
Plano, 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

FUENTE PROPIA

Fórmula del Método Racional:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q: Descarga de diseño (m^3/s)

C: Coeficiente de escorrentía superficial (ver cuadro)

I : Máxima intensidad de precipitación correspondiente al tiempo de concentración

A: Área a drenar o tributaria (Ha)

Luego:

Q= 0.0018 m^3/seg

Q= 1.8 lts/seg

1.1.7. **DRENAJE**

DRENAJE SUPERFICIAL

Tomado del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de transito:

> El drenaje superficial tiene como finalidad alejar las aguas del camino, para evitar el impacto negativo de las mismas sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.
>
> El adecuado drenaje es esencial para evitar la destrucción total o parcial de un camino y reducir los impactos indeseables al ambiente debido a la modificación de la escorrentía a lo largo de este.
>
> El drenaje superficial comprende:
>
> - La recolección de las aguas procedentes de la plataforma y sus taludes.
> - La evacuación de las aguas recolectadas hacia cauces naturales.
> - La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por el camino. (2005, p.27).

1.1.8. PERIODO DE RETORNO

Tomado del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de transito:

> La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un elemento del drenaje superficial está relacionada con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el periodo para el cual se diseña el camino.
> El riesgo o probabilidad de excedencia de un caudal en un intervalo de años está relacionado con la frecuencia histórica de su aparición o con el periodo de retorno.
> Se ha considerado periodos de retorno no inferiores a 10 años para las cunetas. (2005, p.76).

TABLA N°16: PERIODOS RETORNO PARA DISEÑO OBRAS DRENAJE

Tipo de obra	Período de retorno en años
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarilla de alivio	10 – 20
Drenaje de la plataforma	10

FUENTE: manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito

1.1.9. RIESGO DE OBSTRUCCIÓN

Tomado del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de transito:

> El riesgo de obstrucción de las obras de drenaje (cunetas) fundamentalmente por vegetación arrastrada por la corriente dependerá de las características de los cauces y zonas inundables y puede clasificarse en las categorías siguientes:
> **Riesgo Alto**: Existe peligro de que la corriente arrastre árboles u objetos de tamaño parecido.
> **Riesgo Medio**: Pueden ser arrastradas cañas, arbustos, ramas y objetos de dimensiones similares, en cantidades importantes.

Riesgo Bajo: No es previsible el arrastre de objetos de tamaño en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe. (2005, p.88).

Se ha considerado el riesgo de la totalidad de obras de drenaje es bajo, considerando además que el caudal máximo que podría precipitarse también es bajo Q= 1.8 lts/seg.

1.1.10. DAÑOS DEBIDOS A LA ESCORRENTÍA

Se considera un daño mínimo debido al bajo caudal máximo que podría precipitarse, pero se toma en cuenta lo siguientes posibles daños:

a) Daños en el Elemento de Drenaje Superficial

Se logrará suponer que el caudal no causará perjuicios significativos por rozadura de la superficie del canal si su velocidad media no aventaja de los límites fijados en la **Tabla N°17** en función de la naturaleza de dicha superficie:

TABLA N°17: VELOCIDAD MÁXIMA DEL AGUA

Tipo de superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50 *
Concreto	4.50 – 6.00 *

* Para flujos de muy corta duración

FUENTE: cuadro 4.1.1.c manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito

1.1.11. OBRAS DE ARTE

A. CUNETAS

Las cunetas serán conforme lo norma el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.

B. Cálculo del Tirante de Diseño

Para obtener el tirante de la sección triangular de la cuneta se usa la fórmula de Manning.

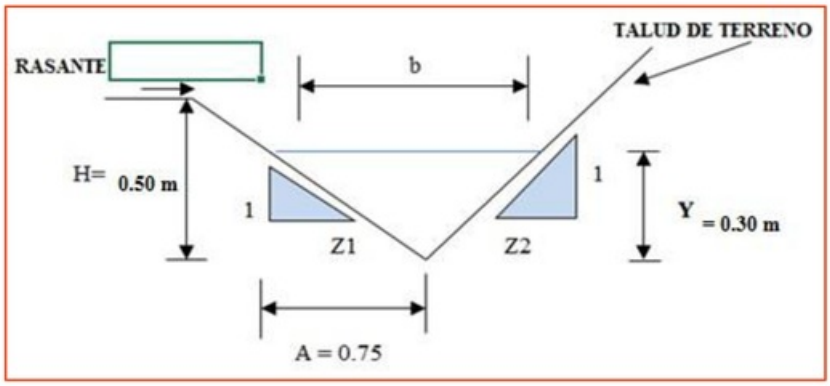


TABLA N°18: COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (n)
Tubos de barro para drenaje.	0.014
Superficie de cemento pulido.	0.012
Tubería de concreto.	0.015
Canales revestidos con concreto.	0.014
Superficie de mampostería con cemento.	0.02
Acueductos semicirculares, metálicos lisos.	0.012
Acueductos semicirculares, metálicos corrugados.	0.025
Tuberías de plástico corrugadas ADS.	0.012
Canales en tierra, alineados y uniformes.	0.025
Canales en roca, lisos y uniformes.	0.033
Canales en roca, con salientes y sinuosos.	0.04
Canales dragados en tierra.	0.0275

Canales con lecho pedregoso y bordes de tierra enyerbados.	0.035
Canales con plantilla de tierra y taludes ásperos.	0.033
Corrientes naturales limpias, bordes rectos, sin hendiduras ni charcos profundos.	0.03
Corrientes naturales igual al anterior, pero con algo de hierba y piedra.	0.035
Corrientes naturales igual al anterior, pero menos profundas, con secciones pedregosas.	0.055
Ríos con tramos lentos, cauce enyerbado o con charcos profundos.	0.07
Playa muy enyerbada.	0.125

FUENTE Villón, M. 1994.

DATOS:

Z1 = 2.500

Z2 = 2.000

Y = 0.9H 90% (10% borde libre)

Y = 0.180

b = Y (Z1 + Z2)

b = 0.810

CALCULO DEL ÁREA HIDRÁULICA:

Ah = bY/2

Ah = 0.073

CALCULO DEL RADIO HIDRÁULICO Ah/Pm

Rh = **Pm** = Perímetro mojado

$$Pm = Y(\sqrt{1+Z_1^2} + \sqrt{1+Z_2^2})$$

Pm = 0.887

Rh = 0.082

Q = m³/seg

n = 0.033 (Del Cuadro Nº 18)

Velocidad Media = Vm = 0.11 m/seg

Solucionando la ecuación de Manning por aproximaciones sucesivas

Tirante máximo:	**y**	=	0.01 m
Consideramos un Tirante Máximo:	**y**	=	0.30 m

Se adopta un tirante igual a 30 cm, para efectos constructivos y por la presencia de tierras de cultivo cercanas a la carretera las cuales suelen inundar la misma.

Las secciones de la cuneta cumplen lo indicado en la norma vigente

Cuadro Nº 4.1.3.a del Manual De Diseño De Carreteras No Pavimentadas De Bajo Volumen De Tránsito.

TABLA N° 19: DIMENSIONES MÍNIMAS DE CUNETAS

Región	Profundidad(m)	Ancho(m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy Lluviosa	0.50	1.00

FUENTE: cuadro 4.1.3.a manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de transito

El estudio hidrológico para este caso recomienda un caudal de diseño bajopor lo que se construirá cunetas a ambos lados de la vía con un T= 0.30m con la finalidad de prevenir cualquier eventualidad de descargas máximas, sin embargo la construcción de las alcantarillas no por la baja influencia dela cuenca en estudio.

3.4 En el diseño Geométrico de la carretera de acuerdo con la normatividad vigente del MTC, para el diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, se ha tomado los siguientes parámetros:

3.4.1. GENERALIDADES

El Proyecto "Diseño Geométrico Del Camino Vecinal A Nivel De Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre Los Caseríos Sinai - Cruce Hualango, Distrito de Cumba, Utcubamba, Amazonas", se presenta por la necesidad de brindar a los Centros Poblados en mención , una vía que interconecte a estos pueblos con la Ciudad de Utcubamba, Amazonas en condiciones óptimas de transitabilidad.

El Diseño Geométrico de una carretera comprende la determinación de los Parámetros de Diseño, desde el diseño de Afirmado y la Señalización de la Vía, para satisfacer la necesidad justificada social y económica. Ambos conceptos se aglutinan para establecer las características técnicas y físicas que debe tener la vía que se proyecta con la finalidad de obtener resultados óptimos, en beneficio de la comunidad.

3.4.2. PARÁMETROS BÁSICOS PARA EL DISEÑO

Para determinar las características del proyecto es necesario evaluar y seleccionar los siguientes parámetros que se explican a continuación en el orden siguiente:

- Estudio de la Demanda de la Carretera.
- Estudio de la Velocidad de Diseño en relación al costo de la carretera.
- La sección transversal de diseño.
- El tipo de superficie de rodadura.

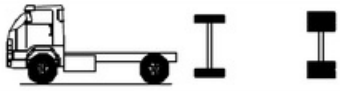
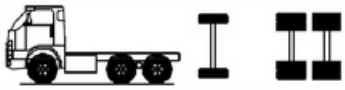
3.4.2.1. CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A SU DEMANDA

En concordancia al manual para el diseño de Carreteras

El tipo de tránsito para la categoría de la carretera en estudio se compone generalmente de la siguiente manera: un 44.45% representado por vehículos ligeros como: automóviles, camionetas, camionetas rurales y el 55.55%

por vehículos pesados como: Bus grande de dos ejes, camiones de dos y tres ejes, la carga máxima es de 7,000 Kg. Por eje simple. Esta carga de presiones de contacto es de 5Kg /cm^2 aproximadamente. Teniendo en cuenta lo anterior y la geometría de la carretera, podrán circular camiones hasta de tipo C3 (camiones de 03 ejes cuyo peso total "W" de la carga y el camión es de 25 Tn). (MTC, 2013.p.16).

TABLA N° 20: PESOS Y MEDIDAS MÁXIMAS PERMITIDAS

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configu-ración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)					Peso bruto máx. (t)
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°	4°	
C2		12,30	7	11	---	---	---	18
C3		13,20	7	18	---	---	---	25

FUENTE: Decreto Supremo Nº 058-2003-MTC

Las carreteras del Perú se clasifican según su demanda en:

A. Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6,000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada, (MTC, 2013.p.16).

B. Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA en t r e 6 ,00 0 y 4,001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de

contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada, (MTC, 2013.p.16).

C. Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4,000 y 2,001 veh/día, de con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (MTC, 2013.p.16).

D. Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2,000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada, (MTC, 2013.p.16).

E. Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase (MTC, 2013.p.16).

F. Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La

superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

Según la Demanda de Tránsito para el uso de la carretera en estudio, el Índice Medio Diario Anual de Tránsito (IMDA) proyectado es menor a 200 veh/día (ver Tabla N°21), por lo que en adelante se empleará el Manual de Diseño para Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito a fin de cumplir con lo indicado para el trazo respectivo. (MTC, 2013.p.16).

Para el caso de este proyecto la Carreteras será de Bajo Volumen de Tránsito No Pavimentadas

- Base legal: RM. N° 303-2008-MTC/02
- IMDA: Hasta 200 veh/día
- Superficie rodadura: Afirmado estabilizado por diferentes métodos
- Sub-Clasificación:
- T0 → IMDA: < 15 veh/día (1 carril, calzada: 3.5)

TABLA N°21 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LAS CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

CARRETERA DE BVT	IMD PROYECTADO	ANCHO DE CALZADA (M)	ESTRUCTURAS Y SUPERFICIE DE RODADURA ALTERNATIVAS (**)
T0	< 15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm.

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

3.4.2.2. CLASIFICACIÓN POR OROGRAFÍA

(MTC, 2013.p.16), Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazado, se clasifican en:

- Terreno Plano (Tipo 1)
- Terreno Ondulado (Tipo 2)
- Terreno Accidentado (Tipo 3)

- Terreno Escarpado (Tipo 4)

Para el caso de la carretera en estudio, por el tipo de su orografía se clasifica como una carretera Tipo 1.

3.4.3. ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO EN RELACIÓN AL COSTO DEL PROYECTO

La velocidad de diseño es muy importante para establecer las características del trazado en planta, elevación y sección transversal de la carretera. Definida la velocidad del diseño para la circulación del tránsito automotor, se procederá al diseño del eje de la carretera, siguiendo el trazado en planta por tramos rectos (en tangente) y por tramos de curvas circulares y espirales. Y similarmente del trazado vertical, con tramos en pendiente rectas y con pendientes curvilíneas, normalmente parabólicas. La velocidad de diseño está igualmente relacionada con el ancho de los carriles de circulación y, por ende, con la sección transversal por adoptarse. La velocidad de diseño es la que establecerá las exigencias de distancias de visibilidad en la circulación y, consecuentemente, de la seguridad de los usuarios de la carretera a lo largo del trazado, (MTC, 2005.p.30).

3.4.4. DEFINICIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO

La selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico-económico de alternativas de trazado que deberán tener en cuenta la orografía del territorio. En territorios planos, el trazado puede aceptar altas velocidades a bajo costo de construcción, pero en territorios muy accidentados será muy costoso mantener una velocidad alta de diseño, porque habría que realizar obras muy costosas para mantener un trazo seguro. Ello solo podría justificarse si los volúmenes de la demanda de tránsito fueran muy altos.

En el particular caso del manual destinado al diseño de carreteras de bajo volumen del tránsito, es natural que el diseño se adapte en lo posible a las inflexiones del terreno y, particularmente, la velocidad de diseño deberá ser bastante baja cuando se trate de sectores o tramos de orografía más accidentada. Para efectos del Manual de Diseño para

> Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, la velocidad máxima de diseño considerada es de 60Km/h. (MTC, 2005.p.31).

Teniendo la relación velocidad de diseño y costo de la carretera y considerando la velocidad máxima de diseño referida en el Manual de Diseño para Carreteras No Pavimentadas de BVT, se ha determinado la Velocidad de Diseño para el estudio de la carretera en 40 Km/h.

3.4.5. VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN

> La velocidad de circulación corresponderá a la norma que se dicte para señalizar la carretera y limitar la velocidad máxima a la que debe circular el usuario, que se indicará mediante la señalización correspondiente, (MTC, 2005.p.31).

Para el caso específico del proyecto se está considerando una Velocidad Máxima de Circulación de 35 Km/h.

3.4.6. SECCIÓN TRANSVERSAL DE DISEÑO

> Para dimensionar la sección transversal, se tendrá en cuenta que las carreteras de Bajo Volumen de Tránsito, solo requerirán:
>
> a) Una calzada de circulación vehicular con una sección transversal típica de 4.5m de calzada, a la cual le asignamos berma de 0.5m a ambos lados y con bombeo de 2%.
>
> b) Para las carreteras de menor volumen, un solo carril de circulación, con plazoletas de cruce y/o de volteo cada cierta distancia, según se indique. (MTC, 2005.p.32).

Para el caso específico del proyecto se está considerando una vía de un carril de circulación de 4.50 m, así como una berma de 0.50 m a ambos lados de la vía debido al tránsito peatonal que se presenta a lo largo de la vía de los agricultores de la zona así como plazoletas cada 500 m. (VER ANEXO DE PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES)

3.4.7. TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA

> Según el Manual de Diseño para Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, considera que básicamente se utilizarán los tipos de pavimentos siguientes:
>
> - Carreteras de tierra y carreteras de grava.

- Carreteras afirmadas con material granular y/o estabilizadores.

Es importante indicar que los criterios más importantes a fin de seleccionar la superficie de rodadura para una carretera afirmada establecen que a mayor tránsito pesado medido en ejes equivalentes destructivos se justificará utilizar afirmados de mayor rendimiento y que el alto costo de la obra lo que en muchos casos podrá justificar el uso de afirmados estabilizados. También es importante establecer que la presión de las llantas de los vehículos, deben mantenerse bajo las 80 (psi) libras/pulg^2 de presión para evitar daños graves a la estructura de los afirmados, (MTC, 2005.p.32).

Considerando que el IMD Proyecto es de 65 Veh/Día (Anexo Diseño Geométrico de la Carretera) éste clasifica a la carretera como una Carretera de BVT Tipo T2, considerando una superficie de rodadura de Afirmado, la cual se diseñará en el Capítulo Pavimentos.

TABLA Nº 22 :CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA SUPERFICIE RODADURA DE CARRETERAS DG DE BVT

Carretera de BVT	IMD Proyectado	Ancho de Calzada (M)	Estructuras y Superficie de Rodadura Alternativas (**)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16-50	1 carril(*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	<15	1 carril(*) 3.50-4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero(*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o volteo cada 500 – 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.
(**) En caso de no disponer gravas en distancia cercana las carreteras puede ser estabilizado mediante técnicas de estabilización suelo-cemento o cal o productos químicos u otros.

FUENTE: Manual De Diseño De Carreteras Dg- 2013 De Bajo Volumen De Transito

3.4.8. ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO

Los elementos que definen la geometría de la carretera son:

a. La velocidad de diseño seleccionada.
b. La distancia de visibilidad necesaria
c. La estabilidad de la plataforma de la carretera, de las superficies de rodadura, de puentes, de obras de arte y de los taludes.
d. La preservación del medio ambiente. (MTC, 2013.p.33).

3.4.8.1. DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Extraído de la fuente (MTC, 2005.p.36), Distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo. En diseño se consideran tres distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior, en el mismo sentido; y la distancia requerida para cruzar o ingresar a una carretera de mayor importancia.

A. Visibilidad De Parada

Distancia de visibilidad de parada, es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria. Para efecto de la determinación de la Visibilidad de Parada se considera que el objetivo inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera, (MTC, 2005.p.36).

TABLA Nº 23: DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

velocidad directriz (Km./h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75

FUENTE: CUADRO Nº 3.1.1 MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS DG – 2013 DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

(MTC, 2005.p.36), La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Esta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada iguales o mayores a 6%.En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada. En la **Tabla Nº 24** se muestran las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad directriz y de la pendiente. En carreteras de muy bajo volumen de tránsito, de un solo carril y tráfico en dos direcciones, la distancia de visibilidad deberá ser por lo menos dos veces la correspondencia a la visibilidad de parada.

Para el caso de la distancia de visibilidad de cruce, se aplicarán los mismos criterios que los de visibilidad de parada.

B. Visibilidad De Adelantamiento

(MTC, 2005.p.37), Distancia de visibilidad de Adelantamiento o paso, es la mínima distancia que debe ser visible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro vehículo que viaja a velocidad 15 km/h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento, se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es de 1.10m. La visibilidad e adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible de la carretera cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, en el costo de construcción.

La distancia de Visibilidad de Adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz tal como se muestra en el siguiente cuadro.

TABLA Nº 24: DISTANCIA DE VISIBILIDAD ADELANTAMIENTO

velocidad directriz Km./h	distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
30	200
40	270
50	345
60	410

FUENTE: CUADRO Nº 3.1.2 MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS DG – 2013 DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

3.4.8.2. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible. El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección. El trazado en planta de un tramo de la carretera está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición. En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad directriz. La velocidad directriz, a su vez, controla la distancia de visibilidad. Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento transversal del vehículo, están dados en función a la velocidad directriz, a la fricción transversal y al peralte máximo aceptable. No se requiere curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión. En la Tabla Nº 24 se muestran los ángulos de deflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal. (MTC, 2005.p.38).

TABLA Nº 25: ÁNGULOS DE DEFLEXIÓN MÁXIMOS QUE NO REQUIERE CURVA HORIZONTAL

velocidad directriz Km./h	deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2º 30'
40	2º 15'
50	1º 50'
60	1º 30

FUENTE: cuadro nº 3.2.1 manual de diseño de carreteras de bajo volumen de transito

A. Curvas Horizontales

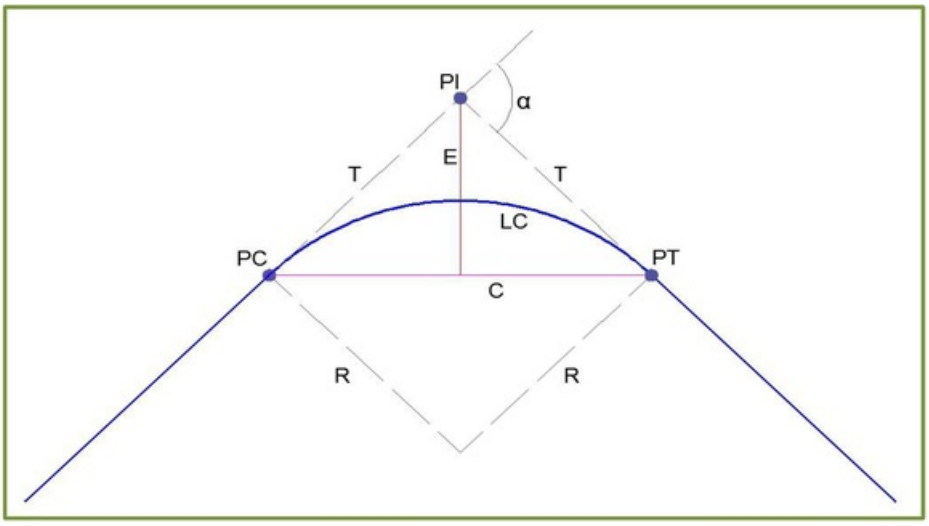
(MTC, 2005.p.40), El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción, para una velocidad directriz determinada. En la Tabla Nº 25 se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. En el alineamiento horizontal de un tramo carretero diseñado para una velocidad directriz, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

TABLA Nº 26 RADIOS MÍNIMOS Y PERALTES MÁXIMOS

velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	valor límite de fricción f_{max}	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

FUENTE: CUADRO Nº 3.2.6.1b MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS DG-2013 DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

FIGURA Nº 1: ELEMENTOS DE LA CURVA



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Donde:

PI: Punto de intersección de la prolongación de los alineamientos

PC: Punto de inicio de la curva

PT: Punto de término de la curva

R: Radio de la curva

T: Tangente a la curva horizontal

α: Angulo de deflexión

LC: Longitud de la curva horizontal

E: Externa de la curva horizontal

C: Cuerda mayor de la curva horizontal

Para hallar:

$$T = R.\tan(\alpha/2)$$

$$LC = \frac{\pi.R.\alpha}{180}$$

$$E = R(\sec(\alpha/2) - 1)$$

Para el cálculo de los elementos de la Curva Nº 1 ubicada en el PI-2 se obtuvo:

$$T = R.\tan(\alpha/2)$$

$$T = 80.\tan(7°14'43"/2)$$

$$T = 5.065\ m$$

$$LC = \frac{\pi.R.\alpha}{180}$$

$$LC = \frac{(3.1\ 41\ 5)(8\ 0)(7°\ 1\ 4\ '4\ 3\ ")}{180}$$

$$LC = 10.116\ m$$

$$E = R(\sec(\alpha/2) - 1)$$

$$E = 80\ (1/\cos(7°14'43"/2)-1)$$

$$E = 0.160\ m$$

Del mismo modo se han calculado los elementos de todas las curvas, cuyo detalle se encuentran en el Anexo de planos perfil longitudinal y tabla N°

TABLA N° 27 RADIO DE CURVAS HORIZONTALES CONSIDERADOS EN EL DISEÑO:

PI	$R_{diseño}$	PC	PT	R_{minimo}
PI-1	50	0 + 011	0 + 028	14.32
PI-2	40	0 + 049	0 + 069	
PI-3	18	0 + 074	0 + 111	
PI-4	100	0 + 235	0 + 238	
PI-5	30	0 + 288	0 + 293	
PI-6	50	0 + 478	0 + 485	
PI-7	40	0 + 534	0 + 544	
PI-8	50	0 + 690	0 + 701	
PI-9	26	0 + 786	0 + 805	
PI-10	16	0 + 810	0 + 832	
PI-11	40	0 + 891	0 + 909	
PI-12	100	1 + 281	1 + 285	
PI-13	100	1 + 362	1 + 368	
PI-14	40	1 + 409	1 + 426	
PI-15	80	1 + 525	1 + 535	
PI-16	40	1 + 627	1 + 647	

PI	$R_{diseño}$	PC	PT	R_{minimo}
PI-44	50	3 + 916	3 + 924	14.32
PI-45	21	3 + 957	3 + 975	
PI-46	18	4 + 015	4 + 054	
PI-47	30	4 + 063	4 + 071	
PI-48	16	4 + 096	4 + 113	
PI-49	17	4 + 112	4 + 144	
PI-50	40	4 + 158	4 + 165	
PI-51	17	4 + 201	4 + 230	
PI-52	17	4 + 227	4 + 257	
PI-53	18	4 + 257	4 + 270	
PI-54	17	4 + 286	4 + 312	
PI-55	16	4 + 310	4 + 333	
PI-56	25	4 + 352	4 + 364	
PI-57	16	4 + 417	4 + 439	
PI-58	17	4 + 439	4 + 467	
PI-59	17	4 + 491	4 + 521	

PI-17	31	1 + 707	1 + 731	
PI-18	17	1 + 768	1 + 798	
PI-19	25	1 + 829	1 + 837	
PI-20	35	1 + 898	1 + 913	
PI-21	35	1 + 983	1 + 995	
PI-22	19	2 + 008	2 + 052	
PI-23	60	2 + 068	2 + 083	
PI-24	31	2 + 113	2 + 136	
PI-25	40	2 + 212	2 + 225	
PI-26	26	2 + 517	2 + 545	
PI-27	30	2 + 603	2 + 618	
PI-28	17	2 + 631	2 + 660	
PI-29	40	2 + 710	2 + 728	
PI-30	31	2 + 755	2 + 777	
PI-31	21	2 + 779	2 + 803	
PI-32	40	2 + 892	2 + 904	
PI-33	18	3 + 005	3 + 043	
PI-34	80	3 + 146	3 + 163	
PI-35	50	3 + 181	3 + 196	
PI-36	40	3 + 277	3 + 290	
PI-37	150	3 + 374	3 + 377	
PI-38	50	3 + 492	3 + 505	
PI-39	17	3 + 515	3 + 547	
PI-40	150	3 + 601	3 + 607	
PI-41	24	3 + 752	3 + 811	
PI-42	30	3 + 803	3 + 809	
PI-43	70	3 + 855	3 + 864	

PI-60	17	4 + 517	4 + 549	
PI-61	50	4 + 553	4 + 560	
PI-62	17	4 + 589	4 + 616	
PI-63	17	4 + 613	4 + 643	
PI-64	17	4 + 641	4 + 667	
PI-65	17	4 + 663	4 + 692	
PI-66	30	4 + 709	4 + 716	
PI-67	17	4 + 726	4 + 755	
PI-68	17	4 + 751	4 + 782	
PI-69	17	4 + 790	4 + 818	
PI-70	17	4 + 815	4 + 841	
PI-71	17	4 + 845	4 + 872	
PI-72	15	4 + 884	4 + 894	
PI-73	50	4 + 927	4 + 938	
PI-74	20	4 + 957	4 + 968	
PI-75	18	4 + 973	5 + 009	
PI-76	25	5 + 004	5 + 021	
PI-77	19	5 + 033	5 + 075	
PI-78	50	5 + 075	5 + 096	
PI-79	41	5 + 135	5 + 166	
PI-80	30	5 + 176	5 + 187	
PI-81	16	5 + 289	5 + 309	
PI-82	16	5 + 328	5 + 348	
PI-83	60	5 + 386	5 + 399	
PI-84	16	5 + 436	5 + 457	
PI-85	25	5 + 491	5 + 507	
PI-86	50	5 + 699	5 + 708	

B. Curvas de Transición

(MTC, 2005.p.40), Todo vehículo automotor sigue un recorrido de transición al entrar o salir de una curva horizontal. El cambio de dirección y la consecuente ganancia o pérdida de las fuerzas laterales no pueden tener efecto instantáneamente.

Con el fin de pasar de la sección transversal con bombeo, correspondiente a los tramos en tangente a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobre ancho, es necesario intercalar un elemento de diseño con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición.

TABLA Nº 28: PERALTE Y LONGITUD TRANSICIÓN DE PERALTE MÁXIMO 6%

CALCULO DEL DESPEJE LATERAL CON DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA

PI	$R_{diseño}$	Dist de visi. De parada	Long. De curva de transicion minima (Lmin=0.0178V³/R) (m)	Long. De curva de transicion Maxima (Lmax=(24R)$^{0.5}$ (m)	Long. De curva de transicio (Lpromedio)
PI-1	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-2	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-3	18	20	7.91	20.78	14.35
PI-4	100	20	1.42	48.99	25.21
PI-5	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-6	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-7	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-8	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-9	26	20	5.48	24.98	15.23
PI-10	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-11	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-12	100	20	1.42	48.99	25.21
PI-13	100	20	1.42	48.99	25.21
PI-14	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-15	80	20	1.78	43.82	22.80
PI-16	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-17	31	20	4.59	27.28	15.93
PI-18	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-19	25	20	5.70	24.49	15.10
PI-20	35	20	4.07	28.98	16.53
PI-21	35	20	4.07	28.98	16.53
PI-22	19	20	7.49	21.35	14.42
PI-23	60	20	2.37	37.95	20.16
PI-24	31	20	4.59	27.28	15.93
PI-25	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-26	26	20	5.48	24.98	15.23
PI-27	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-28	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-29	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-30	31	20	4.59	27.28	15.93
PI-31	21	20	6.78	22.45	14.62
PI-32	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-33	18	20	7.91	20.78	14.35
PI-34	80	20	1.78	43.82	22.80
PI-35	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-36	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-37	150	20	0.95	60.00	30.47
PI-38	50	20	2.85	34.64	18.74

PI	$R_{diseño}$	Dist de visi. De parada	Long. De curva de transicion minima (Lmin=0.0178V³/R) (m)	Long. De curva de transicion Maxima (Lmax=(24R)$^{0.5}$ (m)	Long. De curva de transicio (Lpromedio)
PI-44	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-45	21	20	6.78	22.45	14.62
PI-46	18	20	7.91	20.78	14.35
PI-47	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-48	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-49	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-50	40	20	3.56	30.98	17.27
PI-51	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-52	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-53	18	20	7.91	20.78	14.35
PI-54	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-55	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-56	25	20	5.70	24.49	15.10
PI-57	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-58	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-59	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-60	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-61	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-62	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-63	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-64	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-65	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-66	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-67	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-68	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-69	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-70	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-71	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-72	15	20	9.49	18.97	14.23
PI-73	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-74	20	20	7.12	21.91	14.51
PI-75	18	20	7.91	20.78	14.35
PI-76	25	20	5.70	24.49	15.10
PI-77	19	20	7.49	21.35	14.42
PI-78	50	20	2.85	34.64	18.74
PI-79	41	20	3.47	31.37	17.42
PI-80	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-81	16	20	8.90	19.60	14.25

PI-39	17	20	8.38	20.20	14.29
PI-40	150	20	0.95	60.00	30.47
PI-41	24	20	5.93	24.00	14.97
PI-42	30	20	4.75	26.83	15.79
PI-43	70	20	2.03	40.99	21.51

PI-82	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-83	60	20	2.37	37.95	20.16
PI-84	16	20	8.90	19.60	14.25
PI-85	25	20	5.70	24.49	15.10
PI-86	50	20	2.85	34.64	18.74

C. Sobre Ancho de la Calzada en Curvas Circulares

La calzada aumenta su ancho en las curvas para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes.

En las curvas el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos, así mismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril. (MTC, 2005.p.40).

En la **Tabla Nº 29** se presentan los sobre anchos requeridos para calzadas de doble carril.

El sobreancho se ha calculado según la siguiente fórmula:

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad \text{... (EC. – 18)}$$

Donde:

n: número de carriles

R: radio de la curva (m)

L: distancia entre el eje delantero y el eje posterior de vehículo (m)

V: velocidad directriz (Km. /h.)

TABLA Nº 29: SOBRE ANCHO DE CALZADA EN CURVAS CIRCULARES (m)

velocidad directriz km/h	Radio de curva (m)																
	10	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
20	*	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.70	0.55	0.39	0.30	0.25	0.18	0.14
30			4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.30	0.22	0.18
40					2.68	2.20	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.50	0.40	0.34	0.25	0.21
50								1.57	1.31	1.10	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	0.24
60									1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.50	0.43	0.33	0.27

FUENTE: Cuadro nº 3.2.7 manual de diseño de carreteras DG- 2013 de bajo volumen transito

De lo anterior se afirma que para velocidades de diseño menores a 50 Km/h no se requerirá sobre ancho cuando el radio de curvatura sea mayor a 500 m. Tampoco se requerirá sobre ancho cuando las velocidades de diseño estén comprendidas entre 50 y 60 Km./h y el radio de curvatura sea mayor a 800 m.

3.4.8.3. ALINEAMIENTO VERTICAL

En el diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes.

Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, siendo positivas aquellas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas.

El sistema de cotas del proyecto se referirá en lo posible al nivel medio del mar, para lo cual se enlazarán los puntos de referencia del estudio con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

A efectos de definir el perfil longitudinal, se considerarán como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una transición gradual continua entre tramos con pendientes diferentes. (VER ANEXO DE PLANOS PERFIL LONGITUDINAL)

Para la definición del perfil longitudinal se adoptarán los siguientes criterios, salvo casos suficientemente justificados:

- En carreteras de calzada única, el eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada.
- Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje.
- En terreno ondulado, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.
- En terreno montañoso y en terreno escarpado, también se acomodará la rasante al relieve del terreno evitando los tramos en contra pendiente cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera.
- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presente variaciones graduales entre los alineamientos, de modo compatible con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.
- Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica podrán emplearse en el trazado cuando resulte indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera.

3.4.8.4. PENDIENTE DE DISEÑO

(MTC, 2008,p.37), La pendiente es la relación en porcentaje del desnivel entre dos puntos y su distancia horizontal.

En los tramos en corte se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%.

En tramos carreteros con altitudes superiores a los 3,000 msnm, los valores máximos del **Tabla 30** para terreno montañoso o terreno escarpados se reducirán en 1%.

Tabla N° 30 PENDIENTES DE DISEÑO.

PI	PROGRESIVA PVI	ELEVACIÓN PVI (m)	PENDIENTE DE INGRESO (%)	PENDIENTE DE SALIDA (%)
CV-1	*0 + 057*	494.823	2.41%	12.00%
CV-2	*0 + 164*	507.636	12.00%	9.57%
CV-3	*0 + 240*	514.947	9.57%	11.54%
CV-4	*0 + 325*	524.734	11.54%	8.43%
CV-5	*0 + 378*	529.208	8.43%	8.37%
CV-6	*0 + 452*	535.453	8.37%	3.72%
CV-7	*0 + 566*	539.677	3.72%	4.75%
CV-8	*0 + 679*	545.025	4.75%	7.34%
CV-9	*0 + 758*	550.835	7.34%	11.62%
CV-10	*0 + 829*	559.14	11.62%	2.28%
CV-11	*1 + 043*	564.005	2.28%	-0.53%
CV-12	*1 + 158*	563.367	-0.53%	2.59%
CV-13	*1 + 284*	566.639	2.59%	8.83%
CV-14	*1 + 550*	590.151	8.83%	10.85%
CV-15	*1 + 652*	601.185	10.85%	5.66%
CV-16	*1 + 730*	605.612	5.66%	11.94%
CV-17	*1 + 856*	620.638	11.94%	6.73%
CV-18	*2 + 015*	631.343	6.73%	12.00%
CV-19	*2 + 102*	641.772	12.00%	4.77%
CV-20	*2 + 167*	644.898	4.77%	8.04%
CV-21	*2 + 271*	653.267	8.04%	5.21%
CV-22	*2 + 459*	663.028	5.21%	9.47%
CV-23	*2 + 666*	682.723	9.47%	6.11%
CV-24	*2 + 732*	686.726	6.11%	12.00%
CV-25	*2 + 801*	694.985	12.00%	7.93%
CV-26	*2 + 992*	710.117	7.93%	12.00%
CV-27	*3 + 060*	718.376	12.00%	6.49%
CV-28	*3 + 182*	726.292	6.49%	9.43%
CV-29	*3 + 365*	743.472	9.43%	6.72%
CV-30	*3 + 497*	752.347	6.72%	11.49%
CV-31	*3 + 615*	765.938	11.49%	6.33%
CV-32	*3 + 750*	774.48	6.33%	11.94%
CV-33	*3 + 842*	785.462	11.94%	3.36%
CV-34	*3 + 913*	787.681	3.36%	12.00%
CV-35	*4 + 081*	808.005	12.00%	6.33%
CV-36	*4 + 217*	816.609	6.33%	10.24%
CV-37	*4 + 489*	844.42	10.24%	6.92%
CV-38	*4 + 564*	849.621	6.92%	10.65%

CV-39	*4 + 695*	863.642	10.65%	6.04%
CV-40	*4 + 747*	866.765	6.04%	11.64%
CV-41	*5 + 040*	900.858	11.64%	9.02%
CV-42	*5 + 460*	938.744	9.02%	0.64%
CV-43	*5 + 640*	939.887	0.64%	6.07%
CV-44	*5 + 700*	2513.985	6.07%	6.07%

FUENTE; Elaboración propia

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos, cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%. Se determinará la frecuencia y la ubicación de estos tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas y los menores incrementos del costo de construcción. En general, cuando en la construcción de carreteras se emplee pendientes mayores a10%, el tramo con esta pendiente no debe exceder a 180 m. (MTC, 2008,p.37).

3.4.8.5. PENDIENTE MEDIA.

(MTC, 2008,p.37), Es el promedio de la pendiente de una carretera para tramos de longitud considerada. Y está determinada por la fórmula:

$$I_m = (\Delta h \text{ acumulada} / \text{Longitud acumulada}) \times 100 \ldots \textit{(EC. – 10)}$$

3.4.8.6. CURVAS VERTICALES

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 1%, para carreteras pavimentadas y mayor a 2% para las afirmadas. Y estas pueden ser:

i. Por su forma: Convexas y Cóncavas.
ii. Por la longitud de sus ramas: Simétricas y Asimétricas. (MTC, 2008,p.39).

3.4.8.7. LONGITUD DE LAS CURVAS VERTICALES.

A. CURVAS VERTICALES CONVEXAS.

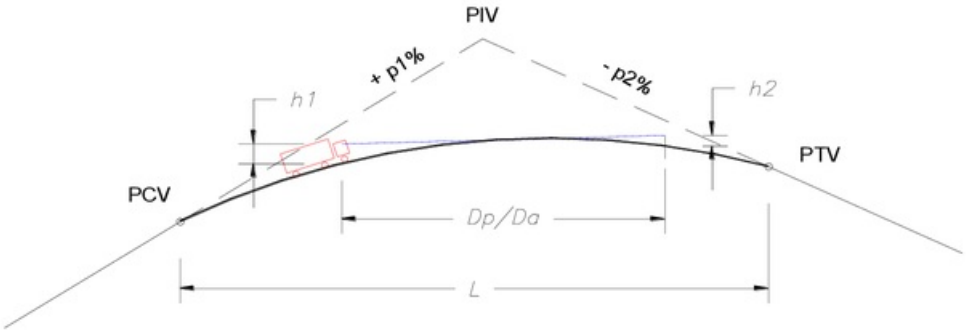


FIGURA – 01

(Céspedes,2001.p.23)

- *Cuando se desea contar con distancia de visibilidad de parada:*

Para Dp> L $L = 2Dp - \frac{444}{A}$ *... (EC. – 11)*

Para Dp< L $L = \frac{Dp^2 A}{444}$ *... (EC. – 12)*

- *Cuando se desea obtener visibilidad de paso:*

Para Ds> L $L = 2Ds - \frac{1100}{A}$ *... (EC. – 13)*

Para Ds< L $L = \frac{Ds^2 A}{1100}$ *... (EC. – 14)*

Donde:

Ds = Distancia de visibilidad de paso, m.
Dp = Distancia de visibilidad de parada, m.
V = Velocidad Directriz, Km/h.
A = Diferencia algebraica de pendiente, %.

La pendiente más desfavorable en bajada según el diseño de la subrasante es de 5.41%.

El manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito en el cuadro N° 3.1.1, considera una distancia de visibilidad de parada de 20 m para pendientes máximas de hasta 9%. Entonces la distancia de visibilidad de parada será: Dp = 20 m.

TABLA N° 31 DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (M).

Velocidad directriz (Km/h)	Pendiente nula o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75

FUENTE **Cuadro N° 3.1.1** Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

B. CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS (SIMÉTRICAS Y ASIMÉTRICAS).

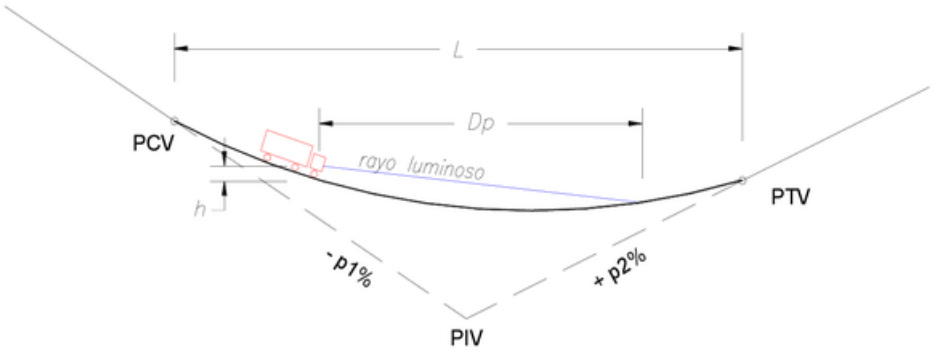


FIGURA - 02

(Céspedes, J. 2001.p.38), Para calcular la longitud de este tipo de curvas se lo hace con la lámina 5.5.3.4. De las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras.

La longitud de la curva vertical cumplirá la condición:

$L \geq V$

Siendo:

L: Longitud de la curva (m).

V: Velocidad Directriz (Km/h).

(Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, D.G.2001)

C. CALCULO DE LAS CURVAS VERTICALES.

(Céspedes,2001.p.45), Para calcular las curvas verticales se sigue el siguiente procedimiento:

- Determinar la necesidad de curvas verticales.
- Precisar el tipo de curva vertical a utilizar.
- Calcular la longitud de la curva vertical.
- Se corrigen las cotas de la sub rasante.

Tabla N°32 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Az. 0-1:											Kilometrajes		
PI	ANGULO				DIST Pis	RADIO	T	LC	C	E	PI	PC	PT
0					19.45	-----	----------	----------	----	------	0+000.00	------	------
1	18	46	40	I	40.18	50.00	8.267	16.387	16.313	0.679	0+019.45	0+011.18	0+027.56
2	28	42	20	I	39.29	40.00	10.235	20.040	19.831	1.289	0+059.48	0+049.24	0+069.28
3	117	30	20	D	156.93	15.00	24.722	30.763	25.648	13.917	0+098.34	0+073.61	0+104.38
4	1	41	20	D	53.99	100.00	1.474	2.948	2.948	0.011	0+236.59	0+235.11	0+238.06
5	9	8	40	I	191.12	30.00	2.399	4.788	4.783	0.096	0+290.58	0+288.18	0+292.96
6	8	39	10	I	57.24	50.00	3.783	7.551	7.544	0.143	0+481.69	0+477.90	0+485.45
7	14	2	10	D	156.43	40.00	4.924	9.799	9.775	0.302	0+538.91	0+533.99	0+543.79
8	12	34	30	D	100.33	50.00	5.509	10.974	10.952	0.303	0+695.29	0+689.78	0+700.76
9	41	19	20	I	27.18	25.00	9.427	18.030	17.642	1.718	0+795.58	0+786.15	0+804.18
10	76	58	0	I	81.55	15.00	11.924	20.150	18.669	4.162	0+821.93	0+810.01	0+830.16
11	25	42	40	D	383.49	40.00	9.129	17.950	17.800	1.028	0+899.78	0+890.66	0+908.61
12	2	23	40	I	81.88	100.00	2.090	4.179	4.179	0.022	1+282.97	1+280.88	1+285.06
13	3	3	20	D	52.93	100.00	2.667	5.333	5.332	0.036	1+364.85	1+362.18	1+367.51
14	25	20	10	I	112.48	40.00	8.991	17.688	17.544	0.998	1+417.78	1+408.78	1+426.47
15	7	12	40	D	107.33	80.00	5.041	10.069	10.062	0.159	1+529.96	1+524.92	1+534.99
16	27	41	10	D	82.18	40.00	9.857	19.329	19.141	1.197	1+637.28	1+627.42	1+646.75
17	45	18	50	D	68.09	30.00	12.523	23.726	23.113	2.509	1+719.07	1+706.55	1+730.28
18	100	55	0	D	57.23	15.00	18.170	26.420	23.135	8.561	1+785.84	1+767.67	1+794.09
19	19	46	10	I	72.68	25.00	4.356	8.626	8.583	0.377	1+833.15	1+828.80	1+837.42
20	25	24	0	I	83.85	35.00	7.888	15.516	15.389	0.878	1+905.75	1+897.86	1+913.38
21	20	4	40	I	52.12	35.00	6.196	12.265	12.202	0.544	1+989.34	1+983.14	1+995.41
22	131	7	0	I	65.62	15.00	33.003	34.326	27.311	21.252	2+041.33	2+008.33	2+042.65
23	14	26	20	D	49.17	60.00	7.600	15.120	15.080	0.479	2+075.27	2+067.67	2+082.79
24	41	58	0	D	95.42	30.00	11.506	21.974	21.486	2.131	2+124.36	2+112.85	2+134.83
25	18	50	20	D	313.48	40.00	6.636	13.152	13.093	0.547	2+218.74	2+212.11	2+225.26
26	61	25	10	I	81.61	25.00	14.850	26.799	25.534	4.078	2+532.10	2+517.25	2+544.05
27	28	9	20	D	37.84	30.00	7.523	14.742	14.594	0.929	2+610.81	2+603.29	2+618.03
28	97	3	10	D	79.67	15.00	16.970	25.408	22.478	7.649	2+648.35	2+631.38	2+656.79
29	25	51	10	I	47.09	40.00	9.181	18.049	17.896	1.040	2+719.49	2+710.31	2+728.36
30	39	50	10	I	26.87	30.00	10.871	20.858	20.441	1.909	2+766.26	2+755.39	2+776.25
31	65	10	40	I	108.91	20.00	12.785	22.751	21.544	3.737	2+792.25	2+779.47	2+802.22
32	17	27	10	D	132.97	40.00	6.140	12.184	12.137	0.468	2+898.34	2+892.20	2+904.39
33	120	22	40	D	144.32	15.00	26.180	31.515	26.030	15.172	3+031.22	3+005.04	3+036.55

34	12	11	20	I	34.29	80.00	8.542	17.019	16.987	0.455	3+154.69	3+146.15	3+163.17
35	17	28	30	I	94.73	50.00	7.685	15.250	15.191	0.587	3+188.92	3+181.23	3+196.48
36	18	45	0	I	92.01	40.00	6.604	13.090	13.032	0.541	3+283.53	3+276.93	3+290.02
37	1	21	40	I	123.21	150.00	1.782	3.563	3.563	0.011	3+375.42	3+373.64	3+377.20
38	14	36	50	I	36.64	50.00	6.411	12.753	12.718	0.409	3+498.63	3+492.22	3+504.97
39	106	34	20	I	81.12	15.00	20.114	27.901	24.049	10.091	3+535.20	3+515.09	3+542.99
40	2	10	50	I	198.92	150.00	2.855	5.709	5.708	0.027	3+603.99	3+601.14	3+606.85
41	141	3	10	D	60.79	18.00	50.905	44.313	33.941	35.994	3+802.91	3+752.01	3+796.32
42	10	44	10	D	53.31	30.00	2.819	5.621	5.613	0.132	3+806.21	3+803.39	3+809.01
43	6	49	10	I	60.75	70.00	4.171	8.332	8.327	0.124	3+859.50	3+855.33	3+863.66
44	9	46	10	D	46.30	50.00	4.273	8.525	8.515	0.182	3+920.24	3+915.97	3+924.49
45	49	2	0	I	77.69	20.00	9.122	17.116	16.598	1.982	3+966.52	3+957.40	3+974.51
46	124	36	30	I	48.75	15.00	28.576	32.622	26.563	17.273	4+043.08	4+014.51	4+047.13
47	15	2	40	D	37.52	30.00	3.961	7.877	7.855	0.260	4+067.30	4+063.34	4+071.22
48	61	2	20	D	28.92	15.00	8.843	15.980	15.235	2.412	4+104.78	4+095.94	4+111.92
49	105	32	30	D	41.29	15.00	19.741	27.631	23.887	9.793	4+131.99	4+112.25	4+139.88
50	10	24	50	I	56.86	40.00	3.645	7.270	7.260	0.166	4+161.43	4+157.79	4+165.06
51	97	4	10	I	35.74	15.00	16.975	25.413	22.481	7.653	4+218.27	4+201.30	4+226.71
52	102	0	10	I	28.71	15.00	18.524	26.704	23.315	8.836	4+245.47	4+226.95	4+253.65
53	39	7	50	D	37.17	18.00	6.397	12.293	12.056	1.103	4+263.84	4+257.44	4+269.74
54	87	22	30	D	28.44	15.00	14.328	22.875	20.722	5.744	4+300.51	4+286.18	4+309.06
55	83	3	50	D	39.68	15.00	13.286	21.746	19.891	5.038	4+323.17	4+309.88	4+331.63
56	28	22	10	I	71.50	25.00	6.319	12.379	12.252	0.786	4+358.02	4+351.70	4+364.08
57	77	35	30	I	29.32	15.00	12.059	20.313	18.796	4.246	4+429.26	4+417.20	4+437.52
58	94	19	40	I	61.63	15.00	16.178	24.695	21.999	7.062	4+454.78	4+438.60	4+463.30
59	99	58	40	D	37.90	15.00	17.869	26.174	22.978	8.330	4+508.75	4+490.88	4+517.05
60	105	13	20	D	31.54	15.00	19.627	27.547	23.836	9.703	4+537.08	4+517.46	4+545.00
61	8	9	20	I	47.44	50.00	3.565	7.117	7.111	0.127	4+556.92	4+553.35	4+560.47
62	90	50	20	I	33.06	15.00	15.221	23.782	21.368	6.370	4+604.34	4+589.12	4+612.91
63	98	13	0	I	33.90	15.00	17.322	25.713	22.678	7.914	4+630.74	4+613.42	4+639.14
64	90	8	20	D	30.91	15.00	15.036	23.598	21.239	6.239	4+655.71	4+640.68	4+664.28
65	97	42	0	D	40.91	15.00	17.165	25.578	22.590	7.795	4+680.15	4+662.99	4+688.56
66	13	14	30	D	30.42	30.00	3.482	6.933	6.918	0.201	4+712.31	4+708.83	4+715.76
67	95	46	20	I	35.18	15.00	16.593	25.073	22.254	7.368	4+742.70	4+726.10	4+751.18
68	101	14	20	I	46.70	15.00	18.274	26.504	23.188	8.642	4+769.77	4+751.49	4+778.00
69	93	54	0	D	30.93	15.00	16.057	24.583	21.923	6.974	4+806.42	4+790.36	4+814.95
70	88	7	20	D	36.84	15.00	14.516	23.070	20.863	5.874	4+829.82	4+815.30	4+838.37
71	91	4	30	I	35.34	15.00	15.284	23.843	21.411	6.415	4+860.70	4+845.41	4+869.26
72	35	36	20	D	43.90	15.00	4.817	9.322	9.172	0.754	4+889.31	4+884.50	4+893.82
73	12	30	30	D	29.79	50.00	5.480	10.916	10.894	0.299	4+932.90	4+927.42	4+938.34
74	29	36	30	I	34.55	20.00	5.286	10.335	10.221	0.687	4+962.65	4+957.36	4+967.70
75	116	28	0	D	33.74	15.00	24.224	30.491	25.506	13.492	4+996.96	4+972.74	5+003.23
76	38	22	0	D	50.61	25.00	8.698	16.741	16.430	1.470	5+012.74	5+004.05	5+020.79
77	126	41	10	I	49.49	15.00	29.880	33.166	26.811	18.434	5+062.70	5+032.82	5+065.99
78	24	28	50	I	65.31	50.00	10.847	21.363	21.201	1.163	5+085.60	5+074.75	5+096.11
79	43	46	0	D	32.25	40.00	16.066	30.555	29.817	3.106	5+150.57	5+134.51	5+165.06
80	20	51	0	D	118.61	30.00	5.520	10.917	10.857	0.504	5+181.25	5+175.73	5+186.64
81	71	57	30	I	42.26	15.00	10.890	18.839	17.625	3.536	5+299.73	5+288.84	5+307.68
82	72	54	40	I	56.55	15.00	11.081	19.088	17.826	3.649	5+339.05	5+327.97	5+347.06
83	12	58	50	I	55.42	60.00	6.826	13.593	13.564	0.387	5+392.53	5+385.70	5+399.30
84	77	8	10	D	55.41	15.00	11.961	20.194	18.703	4.185	5+447.89	5+435.93	5+456.12
85	37	33	20	D	204.59	25.00	8.500	16.387	16.095	1.405	5+499.57	5+491.07	5+507.46
86	10	22	20	I	98.79	50.00	4.538	9.051	9.039	0.206	5+703.55	5+699.01	5+708.06

Pi final	0	0	0		0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	5+703.55	5+703.55	5+703.55

Tabla N°33 xxxxxxxxxx

				Coord. Relativas		Coord. Absolutas UTM	
Angulo	AZIMUT	N°Cdte.	Rumbo	X	Y	X	Y
95.24	95.240	2	84.760	-----	-----	762,542.27	9,337,786.20
18.7778	76.462	1	76.462	19.364	1.776	762,561.64	9,337,784.42
28.7056	47.757	1	47.757	39.064	9.406	762,600.70	9,337,793.83
117.506	165.262	2	14.738	29.086	26.414	762,629.79	9,337,820.24
1.68889	166.951	2	13.049	39.922	151.767	762,669.71	9,337,668.47
9.14444	157.807	2	22.193	12.190	52.596	762,681.90	9,337,615.88
8.65278	149.154	2	30.846	72.192	176.961	762,754.09	9,337,438.92
14.0361	163.190	2	16.810	29.349	49.143	762,783.44	9,337,389.77
12.575	175.765	2	4.235	45.239	149.746	762,828.68	9,337,240.03
41.3222	134.443	2	45.557	7.409	100.056	762,836.09	9,337,139.97
76.9667	57.476	1	57.476	19.405	19.031	762,855.49	9,337,120.94
25.7111	83.187	1	83.187	68.760	43.845	762,924.25	9,337,164.79
2.39444	80.793	1	80.793	380.782	45.492	763,305.04	9,337,210.28
3.05556	83.848	1	83.848	80.825	13.101	763,385.86	9,337,223.38
25.3361	58.512	1	58.512	52.625	5.672	763,438.49	9,337,229.05
7.21111	65.723	1	65.723	95.918	58.750	763,534.40	9,337,287.80
27.6861	93.409	2	86.591	97.839	44.128	763,632.24	9,337,331.93
45.3139	138.723	2	41.277	82.035	4.887	763,714.28	9,337,327.04
100.917	239.640	3	59.640	44.919	51.172	763,759.20	9,337,275.87
19.7694	219.871	3	39.871	49.382	28.926	763,709.81	9,337,246.94
25.4	194.471	3	14.471	46.592	55.782	763,663.22	9,337,191.16
20.0778	174.393	2	5.607	20.953	81.190	763,642.27	9,337,109.97
131.117	43.276	1	43.276	5.093	51.871	763,647.36	9,337,058.10
14.4389	57.715	1	57.715	44.983	47.775	763,692.34	9,337,105.88
41.9667	99.682	2	80.318	41.568	26.263	763,733.91	9,337,132.14
18.8389	118.521	2	61.479	94.061	16.047	763,827.97	9,337,116.09
61.4194	57.101	1	57.101	275.438	149.679	764,103.41	9,336,966.41
28.1556	85.257	1	85.257	68.522	44.327	764,171.93	9,337,010.74
97.0528	182.309	3	2.309	37.710	3.129	764,209.64	9,337,013.87
25.8528	156.457	2	23.543	3.210	79.605	764,206.43	9,336,934.26
39.8361	116.621	2	63.379	18.810	43.170	764,225.24	9,336,891.09
65.1778	51.443	1	51.443	24.022	12.040	764,249.27	9,336,879.05
17.4528	68.896	1	68.896	85.166	67.883	764,334.43	9,336,946.94
120.378	189.273	3	9.273	124.051	47.878	764,458.48	9,336,994.82
12.1889	177.084	2	2.916	23.256	142.434	764,435.23	9,336,852.38
17.475	159.609	2	20.391	1.744	34.246	764,436.97	9,336,818.14
18.75	140.859	2	39.141	33.006	88.794	764,469.98	9,336,729.34

1.36111	139.498	2	40.502	58.079	71.363	764,528.06	9,336,657.98
14.6139	124.884	2	55.116	80.021	93.687	764,608.08	9,336,564.29
106.572	18.312	1	18.312	30.056	20.955	764,638.13	9,336,543.34
2.18056	16.132	1	16.132	25.487	77.012	764,663.62	9,336,620.35
141.053	157.184	2	22.816	55.269	191.088	764,718.89	9,336,811.44
10.7361	167.921	2	12.079	23.572	56.034	764,742.46	9,336,755.40
6.81944	161.101	2	18.899	11.156	52.130	764,753.62	9,336,703.27
9.76944	170.871	2	9.129	19.677	57.475	764,773.29	9,336,645.80
49.0333	121.837	2	58.163	7.346	45.713	764,780.64	9,336,600.08
124.608	357.229	4	2.771	66.002	40.982	764,846.64	9,336,559.10
15.0444	12.273	1	12.273	2.357	48.693	764,844.29	9,336,607.80
61.0389	73.312	1	73.312	7.976	36.662	764,852.26	9,336,644.46
105.542	178.854	2	1.146	27.702	8.305	764,879.96	9,336,652.76
10.4139	168.440	2	11.560	0.826	41.282	764,880.79	9,336,611.48
97.0694	71.371	1	71.371	11.394	55.707	764,892.18	9,336,555.77
102.003	329.368	4	30.632	33.867	11.417	764,926.05	9,336,567.19
39.1306	8.498	1	8.498	14.628	24.704	764,911.42	9,336,591.90
87.375	95.873	2	84.127	5.493	36.762	764,916.92	9,336,628.66
83.0639	178.937	2	1.063	28.291	2.910	764,945.21	9,336,625.75
28.3694	150.568	2	29.432	0.736	39.673	764,945.94	9,336,586.07
77.5917	72.976	1	72.976	35.135	62.272	764,981.08	9,336,523.80
94.3278	338.648	4	21.352	28.035	8.584	765,009.11	9,336,532.39
99.9778	78.626	1	78.626	22.439	57.400	764,986.67	9,336,589.79
105.222	183.848	3	3.848	37.156	7.474	765,023.83	9,336,597.26
8.15556	175.693	2	4.307	2.117	31.469	765,021.71	9,336,565.79
90.8389	84.854	1	84.854	3.563	47.306	765,025.27	9,336,518.48
98.2167	346.637	4	13.363	32.927	2.965	765,058.20	9,336,521.45
90.1389	76.776	1	76.776	7.835	32.982	765,050.37	9,336,554.43
97.7	174.476	2	5.524	30.090	7.071	765,080.46	9,336,561.50
13.2417	187.718	3	7.718	3.938	40.720	765,084.40	9,336,520.78
95.7722	91.946	2	88.054	4.085	30.144	765,080.31	9,336,490.64
101.239	350.707	4	9.293	35.160	1.194	765,115.47	9,336,489.44
93.9	84.607	1	84.607	7.542	46.087	765,107.93	9,336,535.53
88.1222	172.729	2	7.271	30.793	2.907	765,138.72	9,336,538.44
91.075	81.654	1	81.654	4.663	36.544	765,143.38	9,336,501.90
35.6056	117.259	2	62.741	34.966	5.130	765,178.35	9,336,507.02
12.5083	129.768	2	50.232	39.025	20.107	765,217.37	9,336,486.92
29.6083	100.159	2	79.841	22.898	19.056	765,240.27	9,336,467.86
116.467	216.626	3	36.626	34.008	6.094	765,274.28	9,336,461.77
38.3667	254.993	3	74.993	20.129	27.078	765,254.15	9,336,434.69
126.686	128.307	2	51.693	48.884	13.105	765,205.27	9,336,421.58
24.4806	103.826	2	76.174	38.835	30.677	765,244.10	9,336,390.91
43.7667	147.593	2	32.407	63.418	15.608	765,307.52	9,336,375.30
20.85	168.443	2	11.557	17.284	27.227	765,324.80	9,336,348.07
71.9583	96.484	2	83.516	23.763	116.205	765,348.57	9,336,231.87
72.9111	23.573	1	23.573	41.990	4.773	765,390.56	9,336,227.09

12.9806	10.593	1	10.593	22.616	51.831	765,413.17	9,336,278.93
77.1361	87.729	1	87.729	10.188	54.476	765,423.36	9,336,333.40
37.5556	125.284	2	54.716	55.366	2.196	765,478.73	9,336,335.60
10.3722	114.912	2	65.088	167.006	118.179	765,645.73	9,336,217.42
0	114.912	2	65.088	89.598	41.613	765,735.33	9,336,175.80

- **Cálculo de las ordenadas de las curvas verticales.**

(Céspedes, 2001.p.56)

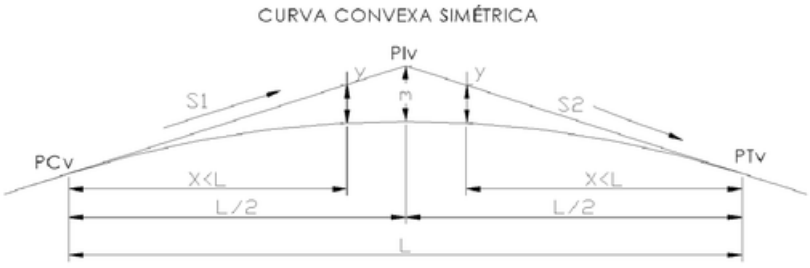


FIGURA - 03

CURVA CÓNCAVA SIMÉTRICA

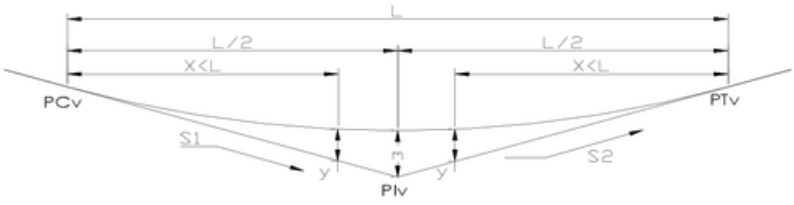


FIGURA - 04

19

FUENTE: (Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. 2008)

$$m = \frac{LA}{800} \qquad y = \frac{X^2 A}{200L} \ldots \textit{(EC. – 15)}$$

Donde:

m = Ordenada máxima en m.

L = Longitud de la curva vertical, m.

A = cambio de pendiente en porcentaje.

Y = ordenada a una distancia X

X = Distancia parcial medida desde el PCV.

3.4.8.8. SECCIÓN TRANSVERSAL. Tomando como referencia lo citado en el manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, se ejecutara las obras con estándares que se describen a continuación,

A. Calzada

El diseño de la carretera de muy bajo volumen de tráfico IMDA < 50, la calzada estará dimensionada para un solo carril. En los demás casos, la calzada se dimensionará para dos carriles. (MTC, 2005.p.58).

En la Tabla N° 31 se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación al tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

TABLA N° 34: ANCHO MÍNIMO DESEABLE DE LA CALZADA EN TANGENTE (Metros)

Tráfico IMDA	<15	16 á 50		51 á 100		101 á 200	
Velocidad Km./h	*	*	**	*	**	*	**
25	3.50	3.50	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
30	3.50	4.00	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00
40	3.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
50	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00

* Calzada de un sólo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento

** Carreteras con predominio de tráfico pesado.

FUENTE: CUADRO N° 3.5.1a MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

Las carreteras no pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 2% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será

sustituido por el peralte. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMDA inferior a 200 veh/día, se podrá sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% a 3% hacia uno de los lados de la calzada.

B. Bermas

(MTC, 2005.p.59), A cada lado de la calzada se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías. Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho de mín. 0.50 m. Para el caso de este proyecto se ha considerado un ancho de berma de 0.50 m a cada lado de la vía, debido a la circulación peatonal de agricultores de la zona

C. Ancho de la Plataforma

(MTC, 2005.p.59), El ancho de la plataforma a nivel de rasante terminada resulta de la suma del ancho en calzada y del ancho de las bermas.

La plataforma a nivel de la subrasante tendrá un ancho necesario para recibir sobre ella la capa o capas integrantes del afirmado y la cuneta de drenaje.

Considerando la Tabla Nº 33 para una Carretera de BVT de Tipo T2, determinamos el ancho de la calzada de 4.50 m y ancho de berma de 0.50 m a cada lado de la vía; por lo que el ancho total de la plataforma queda definido en 5.50 m.

D. Plazoletas

(MTC, 2005.p.59), En carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito, se construirán ensanches en la plataforma, cada 500 m como mínimo, para que puedan cruzarse los vehículos opuestos, o adelantarse los del mismo sentido.

Para el caso del presente proyecto, se ha considerado el empleo de plazoletas cada 500m ya que por ser una zona agrícola se podría emplear parte de la vía para realizar los trabajos de carguío de los productos a los vehículos para su traslado.

TABLA Nº 35: RESUMEN DE PARÁMETROS BÁSICOS DE DISEÑO

CUADRO 3.21. FICHA TÉCNICA RESUMEN	
Inicio del Tramo	Centro Poblado SINAI Km 0+000
Fin del Tramo	CRUCE HUALANGO Km 5+700
Longitud	5.700 Km.
Clasificación	Trocha Carrozable
Número de vías	02
Velocidad Directriz	20 Km/h
Radio Mínimo	15.00 m
Pendiente Máxima	12.001%
Pendiente Mínima	-0.356 %
Superficie de Rodadura	6.00 m
Bombeo	2%
Peralte	2.5% máximo
Sobreancho	De acuerdo a normas
Talud de corte **Material Suelto** **Roca Fija** **Roca Suelta**	Según tipo de terreno 1 : 1 10 : 1 4 : 1
Talud de relleno **Suelo diversos compactados**	Según tipo de terreno 1 : 1.5
Plazoletas de Estacionamiento o Cruce	Cada 300 a 500 metros de 3.00 x 30 m.
Cunetas	0.75 x 0.50 m

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.4.8.9. DISEÑO DE CAPA DE AFIRMADO

3.4.8.9.1. SUELOS Y CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR

Las carreteras por sus capas superiores y superficie de rodadura pueden ser clasificadas de la siguiente manera:

- Con superficie de rodadura no pavimentada (aplicable al proyecto a ejecutarse)
- Con superficie de rodadura pavimentada. (MTC, 2005.p.59).

3.4.8.9.2. SUPERFICIE DE RODADURA NO PAVIMENTADA

(MTC, 2005.p.59), Estas carreteras no pavimentadas pueden ser clasificadas como sigue:

a) Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.

b) Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.

c) Carreteras afirmadas constituidos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm.

c.1 Afirmados con gravas naturales o zarandeadas.

c.2 Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.

d) Carreteras con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:

d.1 Afirmados con grava con superficie estabilizada con materiales como: asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos y otros.

d.2 Suelos naturales estabilizadas con: material granular y finos ligantes, asfalto (imprimación reforzada), cemento, cal, aditivos químicos y otros.

Para los propósitos del presente proyecto se efectuará el mejoramiento de la carretera considerando la superficie de rodadura del tipo c) de afirmados con gravas naturales o zarandeadas.

3.4.8.9.3. TRÁFICO

(MTC, 2005.p.60), Desde el punto de vista del diseño de la capa de rodadura sólo tienen interés los vehículos pesados (buses y camiones), considerando como tales aquellos cuyo peso bruto excede de

2.5 Tn. El resto de los vehículos que puedan circular con un peso inferior (motocicletas, automóviles y camionetas) provocan un efecto mínimo sobre la capa de rodadura, por lo que no se tienen en cuenta en su cálculo.

El tráfico proyectado al año horizonte, se clasificará según lo siguiente:

TABLA Nº 36: CLASIFICACIÓN DE TRÁFICO

CLASE	T0	T1	T2	T3
IMDA (Total vehículos ambos sentidos)	<15	16 - 50	51 - 100	101 - 200
Vehículos pesados (carril de diseño)	<6	6 - 15	16 - 28	29 - 56
N° Rep. EE (carril de diseño)	$< 2.5 \times 10^4$	2.6×10^4–7.8×10^4	7.9×10^4- 1.5×10^5	1.6×10^5 -3.1×10^5

FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS DG - 2013 DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO

Determinando a esta Carretera de Bajo Volumen de Tránsito con un tráfico del tipo T2.

Se ha determinado la cantidad de vehículos pesados (camiones) para el carril de diseño, contados en: 04 camiones tipo C2 y 04 camiones tipo C3 para un período de 10 años obteniéndose un rango de Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) de 113,414.

Ecuación 1:

EE = Vehículo x Factor de Carga x Factor de Presión de Llantas

Donde:

Vehículo según tipo = C3 (4 unidades del más pesado) Carga Vehículo C3 = Eje delantero simple: 7 Tn

Eje posterior doble: 18 Tn

Factor de Carga = 2.60 (según Tabla Nº 41)

Factor de Presión de Llantas = 1 (valor para CBVT y capa granular)

Resolviendo:

EE = 10.4

Ecuación 2:

$EE_{día\ carril}$ = EE x Factor Direccional x Factor Carril

Donde:

Factor Direccional = 0.5 (carreteras 2 direcciones por calzada)

Factor Carril = 1 (01 carril por dirección o sentido)

Resolviendo:

$EE_{día\ carril}$ = 5.2

Ecuación 3:

N_{rep} de EE 8.2t = $(EE_{día\ carril} \times 365 \times (1+t)^{n-1}) / (t)$

Donde:

n = 10 (periodo de diseño en años)

t = 2% (tasa de proyección de tráfico)

Resolviendo:

N_{rep} de EE 8.2t = 113,414 (rango considerado dentro de la Tabla Nº 40 para una carretera Tipo T2)

TABLA Nº 37: FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA

Carga total por eje		Factores de equivalencia de carga			Carga total por eje		Factores de equivalencia de carga	
Kgs	Lbs	Ejes Simples	Ejes Dobles		Kgs	Lbs	Ejes Simples	Ejes Dobles
454	1000	0.00002			18597	41000	23.27	2.29
907	2000	0.00018			19051	42000	25.64	2.51
1361	3000	0.00072			19504	43000	28.22	2.75
1814	4000	0.00209			19958	44000	31.00	3.00
2268	5000	0.00500			20411	45000	34.00	3.27
2722	6000	0.01043			20865	46000	37.24	3.55
3175	7000	0.01960			21319	47000	40.74	3.85
3629	8000	0.03430			21772	48000	44.50	4.17
4082	9000	0.05620			22226	49000	48.54	4.51
4536	10000	0.08770	0.00688		22680	50000	52.88	4.86
4990	11000	0.13110	0.01008		23133	51000		5.23
5443	12000	0.189	0.0144		23587	52000		5.63
5897	13000	0.264	0.0199		24040	53000		6.04
6350	14000	0.360	0.0270		24494	54000		6.47
6804	15000	0.478	0.0360		24943	55000		6.93
7257	16000	0.623	0.0472		25401	56000		7.41
7711	17000	0.796	0.0608		25855	57000		7.92
8165	18000	1.000	0.0773		26308	58000		8.45
8618	19000	1.24	0.0971		26762	59000		9.01
9072	20000	1.51	0.1206		27216	60000		9.59
9525	21000	1.83	0.148		27669	61000		10.20
9979	22000	2.18	0.180		28123	62000		10.84
10433	23000	2.58	0.217		28576	63000		11.52
10866	24000	3.03	0.260		29030	64000		12.22
11340	25000	3.53	0.308		29484	65000		12.96
11793	26000	4.09	0.364		29937	66000		13.73
12247	27000	4.71	0.426		30391	67000		14.54
12701	28000	5.39	0.495		30844	68000		15.38
13154	29000	6.14	0.572		31298	69000		16.26
13608	30000	6.97	0.658		31751	70000		17.19
14061	31000	7.88	0.753		32205	71000		18.15
14515	32000	8.88	0.857		32659	72000		19.16
14969	33000	9.98	0.971		33112	73000		20.22
15422	34000	11.18	1.095		33566	74000		21.32
15876	35000	12.50	1.23		34019	75000		22.47
16329	36000	13.93	1.38		34473	76000		23.66
16783	37000	15.50	1.53		34927	77000		24.91
17237	38000	17.20	1.70		35380	78000		26.22
17690	39000	19.06	1.89		35834	79000		27.58
18144	40000	21.08	2.08		36287	80000		28.99

FUENTE: MANUAL PROVISIONAL DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE AASHTO, 1972; PAVIMENTO FLEXIBLE, AASHTO, 1974

3.4.8.9.4. SUBRASANTE

La Subrasante es la capa superficial de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante. (MTC, 2005.p.62).

El Manual de Diseño para Carreteras de Bajo Volumen deTránsito identifica cinco categorías de subrasante:

S0:	sub rasante muy pobre	CBR < 3%
S1:	sub rasante pobre	CBR = 3% - 5%
S2:	sub rasante regular	CBR = 6% - 10%
S3:	sub rasante buena	CBR = 11% - 19%
S4:	sub rasante muy buena	CBR > 20%

Se considerarán como materiales aptos para la colonación de la subrasante suelos con CBR igual o mayor de 6%. En caso de ser menor, se procederá a eliminar esa capa de material inadecuado y se colocará un material granular con CBR mayor a 6%; para su estabilización.

De los estudios de suelos realizados, el suelo más desfavorable fue el de la Calicata Nº 05, el cual fue clasificado: Sistema "**SUCS**": como un suelo "PT" Turba y material que pasa el 65.17% la malla N°200. Sistema "**AASHTO**": como un suelo "A-4 (6)" con un contenido de humedad de 15.8%. Dicho suelo arrojó un CBR de 11.68% a un 95% de la máxima densidad seca y 0.1" de penetración. Considerándose este suelo para subrasante como regular a bueno. (MTC, 2005.p.62).

Para el caso del presente proyecto se ha considerado no emplear el material proveniente de las áreas de corte para las áreas donde se necesita rellenar para llegar al nivel de la

subrasante, por lo que éste material será reemplazado por material de relleno de cantera.

3.4.8.9.5. Dimensionamiento de Espesor de la Superficie de Rodadura

(MTC, 2005.p.63), El dimensionamiento de los espesores de la capa de rodadura especificada en el Manual de Diseño de Carreteras DG - 2013 está compuesto por una capa de afirmado, por la granulometría del material y aspectos constructivos; se debe tomar en cuenta que el espesor de la capa de afirmado no debe ser menor a 150 mm.

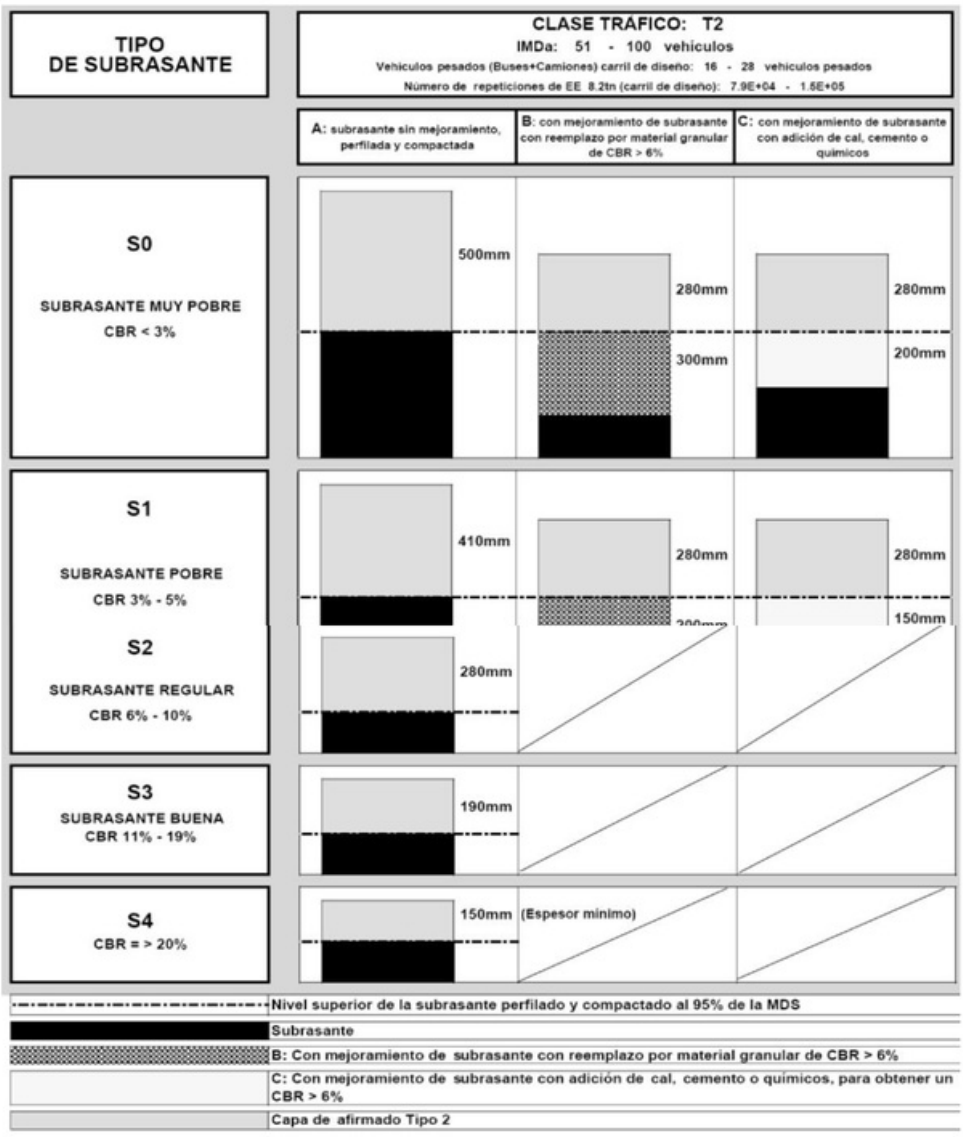
El manual de diseño indica que se podrán ajustar las secciones de afirmado en función de las condiciones y experiencias locales, para lo cual se deberá:

- Analizar las condiciones de la subrasante natural, la calidad de los materiales de las canteras, la demanda especifica de tráfico en el tramo.
- En caso de que el tramo tenga ya una capa de afirmado, se aprovechará el aporte estructural de la capa existente. Solo se colocará el espesor de afirmado necesario para completar el espesor total obtenido según la metodología de diseño indicada. Este espesor complementario no será menor a 100 mm. El nuevo material de afirmado se mezclará con el existente hasta homogenizarlo y conformar la nueva capa de afirmado, debidamente perfilada y compactada.

3.4.8.9.6. Catálogo Estructural de Superficies de Rodadura

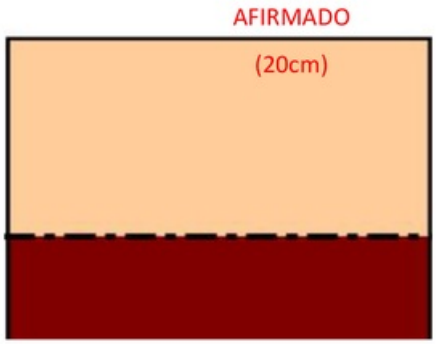
(MTC, 2005.p.64), Para determinar el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se utilizó el catálogo de capas de revestimiento granular y así determinar el espesor del afirmado para cada tipo de sub rasante y de tráfico según cálculo ya mencionado.

TABLA Nº 38: CATALOGO DE CAPAS DE REVESTIMIENTO GRANULAR



FUENTE: MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS DG_2013 DE TRANSITO

Del Catálogo de Capas de Revestimiento Granular para un Tráfico T2 se determinó el espesor de la capa de afirmado en consideración al CBR de la Calicata Nº 5, de 11.68%, correspondiéndole una capa de espesor de 20 cm.



3.4.8.10. SEÑALIZACIÓN.

Según (Céspedes, 2011.p.36), y el "Reglamento Nacional de Tránsito" especifica que:

> Las señales de tránsito constituyen uno de los dispositivos más comunes para regular el tránsito por medios físicos. La función de una señal es la de controlar la operación de los vehículos en una carretera propiciando el ordenamiento del tránsito o informando a los conductores de todo lo que se relaciona con la carretera que recorre.
>
> Los requisitos que deben cumplir las señales son los siguientes:
>
> - Ser necesarias e infundir respeto.
> - Ser de fácil interpretación y cumplir con determinadas características de uniformidad.
> - Estar correctamente adecuadas.
> - Llamar la atención
>
> Existen normalmente tres tipos de señales: Preventivas, de Reglamentación, e Informativas.

A. SEÑALES PREVENTIVAS.

(Céspedes, 2011.p.36), Son las que se indican con anticipación a la aproximación de ciertas características o condiciones del camino, el que puede ser evitado disminuyendo la velocidad o tomando las precauciones necesarias.

Forma. Serán romboidales con uno de sus vértices hacia abajo, excepto la señal paso a nivel con vía férrea, que será de diseño especial como de cruce de carretera, puentes. (Céspedes, 2011.p.36).

Tamaño. Será de dimensiones visibles y deben cumplir:

- Para caminos de velocidad directriz inferior a 60 Km/h, darán de 0.60 m, para velocidades mayores a los 60 Km/h y menores que 100 Km/h tendrá un tamaño de 0.75 m; sólo en zonas cercanas, donde las placas normales (0.60 x0.60) no es posible colocarlas, se reducirán a 0.45 x0.45 m.
- Para autopistas, la señal será de 0.90 x 0.90 m, cuando el número de accidentes sea alto. (Céspedes, 2011.p.36).

Color.

Fondo : amarillo.
Símbolos : letras y marco negro.
Borde : amarillo caminero.

Usos. Se usa para prevenir la presencia de:

- Una o varias curvas que ofrezcan peligro por sus características físicas o falta de visibilidad que permitan las maniobras de alcance y paso de vehículos.
- Para advertir al conductor de los obstáculos no previstos en el proyecto y que pueden ser permanentes o temporales.
- Para indicar intercepciones de camino "cruce" se complementa con la señal "alto" de la vía preferencial colocada en la vía de volumen vehicular más baja (Céspedes, 2011.p.36).

Ubicación. La distancia que debe haber hacia el lugar de peligro será aquella que asegure su mayor eficacia, tanto de día como de noche, teniendo en cuenta las condiciones particulares del camino y de la circulación. Las distancias recomendadas son:

- En zona urbana: 60 a75 m.
- En zona rural: 90 a 180 m.
- En autopista: 500 m.

B. SEÑALES DE REGLAMENTACIÓN O REGULADORAS.

(Céspedes, 2011.p.39), Son las que indican un orden y que por lo tanto hacen conocer al usuario del camino de ciertas limitaciones y prohibiciones que regulan el uso de él y cuya violación constituye una contravención.

CLASIFICACIÓN.

- **Señales relativas al derecho de paso**: Indican preferencia de paso u orden de detención.
- **Señales prohibitivas y restrictas**: indican limitaciones que se imponen para el uso del camino.
- **Señales de sentido de circulación**: se usan en los cruces de los caminos; en las calles de una ciudad para indicar el sentido de una circulación.

FORMA. (Céspedes, 2011.p.36),

Señales relativas al derecho de paso.

- La señal ALTO de forma octogonal.
- La señal VÍA PREFERENCIAL de forma triangular con el vértice inferior hacia abajo.

Señales prohibitivas restrictivas. De forma rectangular, con mayor dimensión vertical.

Señales de sentido de circulación. Serán de forma rectangular con su mayor dimensión horizontal.

COLORES.

Señales relativas al derecho de paso.

- **ALTO**, color rojo con letras y bordes de color blanco.
- **VÍA PREFERENCIAL**, color blanco con franja perimetral roja.

Señales prohibitivas y restrictivas. Señales de color blanco con letras, símbolo y marco negro. El círculo será de color rojo a excepción de aquellas señales que indiquen el fin de una prohibición, las que serán de color negro. La faja oblicua trazada desde el cuadrante superior izquierdo al inferior derecho del círculo interceptará al diámetro horizontal del círculo a 45º y será de color negro si es prohibición.

Señales de sentido de la circulación. Serán de color negro con flechas blancas, la leyenda dentro de la flecha llevará letras negras.

TAMAÑO. (Céspedes, 2011.p.36),Las señales reguladoras serán:

- En autopistas: 0.80 x 1.30 m.
- En caminos rurales y arterias urbanas principales: 0.60 x 0.90.
- En caminos secundarios, tanto en zona rural como en zona urbana: 0.45 x 0.60 m.

USO. (Céspedes, 2011.p.40),

E.1 Señal de alto. Indican detención del vehículo y se coloca en:

- Intercepciones de carreteras de una secundaria a una principal.
- Intercepción de carreteras principales, en donde el tráfico no está controlado por un semáforo.
- En los cruces o pasos a desnivel con líneas férreas.

E.2 Señal de vía preferencial. Se usará en los casos en que el reglamento de tránsito requiere que el conductor del vehículo ceda el paso a otros, a la cual está ingresando sin necesidad de detenerse completamente. En el caso de intercepción de varias vías, se usará sólo en una de ellas, tendrá la forma de un triángulo equilátero de color blanco, con uno de sus vértices hacia abajo, el lado del triángulo será de 80 cm, el marco será de color rojo y de 10 cm de ancho. Para facilidad de interpretación deberá complementarse colocándose una placa rectangular (0.50 x 0.20 m) con la leyenda **VÍA PREFERENCIAL** (de color negro). Esta señal requiere detención obligatoria.

E.3 No camine por la ruta. Se colocará esta señal para advertir a los peatones del riesgo que corren al caminar por la pista. Se ubicará en la derecha en al sentido del tráfico y en donde haya vías peatonales cercanas a la pista.

E.4 No deje piedras en la pista. Se colocará esta señal en los lugares en que se observe que los conductores dejen piedras en el pavimento.

E.5 Estacionamiento restringido. Se usa para indicar limitaciones o restricciones impuestas al estacionamiento de vehículos.

C. SEÑALES INFORMATIVAS (Céspedes, 2011.p.41),

Son las que guían al conductor de un vehículo a través de determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino, también tiene por objeto identificar puntos notables, tales como: ríos, lugares turísticos, lugares históricos, etc.

CLASIFICACIÓN.

Señales de dirección. Son las que guían a los conductores hacia su destino.

- Señales de destino.
- Señales de destino con indicaciones de distancia.
- Señales de indicación de distancia.
- Cuadros de distancia.

Señales indicadores de ruta. Son las que muestran el número de rutas de los camiones, de acuerdo a la clasificación respectiva y se divide en:

- Señales indicadoras de ruta.
- Señales auxiliares.

Señales de información general. Son aquellas que indican al usuario la ubicación de lugares de interés general, tales como poblaciones, cursos de agua, lugares históricos o turísticos y de servicio público, como: puestos de primeros auxilios, hospitales, teléfonos, etc.

FORMA.

señales de dirección. Serán de forma rectangular, con su mayor dirección horizontal.

Indicadores de ruta. De forma especial como: escudos, círculos, etc.

Señales de información general. De forma rectangular, con mayor dimensión vertical.

COLORES.

señales de dirección. De fondo verde con marco, letras y símbolos blancos, para autopistas, para el resto de carreteras, será de fondo blanco, letras y símbolos negros.

Información general. De fondo azul con recuadro blanco y símbolo negro.

Indicadores de ruta. Fondo blanco con signos, letras y marcos blancos.

Señal de puestos de primeros auxilios. Son de fondo azul, con recuadro blanco y símbolo rojo.

Señal "silencio hospital". Será de fondo azul y con letras blancas.

TAMAÑO.

Señales de dirección. La adecuada para una buena posibilidad.

Indicadores de ruta. De dimensiones especiales

Señal de información general. Serán de 0.80 x 1.20, en autopistas; 0.60 x 0.90 m en caminos rurales y en arterias urbanas; 0.45 x 0.60 m en caminos secundarios.

USO.

Señal de destino. Se usará después de una intercepción, con el fin de guiar al conductor el camino a seguir, llevará junto al

nombre de la población una pequeña flecha, la cual indicará la dirección a seguir. Se ubicará a no menos de 60 m.

Señal de destino con indicadores de distancia. Se usará con el fin informar al conductor sobre las distancias de la población inmediata máxima a la señal.

D. **UBICACIÓN DE LAS SEÑALES** (Céspedes, 2011.p.36),

Las señales se colocarán a la derecha en el sentido del tránsito. En algunos casos es necesario colocarlas en alto sobre el camino, cuando no hay espacio suficiente al lado del camino o cuando se necesita algún control en una u otra vía que sea diferente a las demás. En casos excepcionales se podrán colocar al lado de avisos complementarios en carreteras de 4 vías de tránsito separadas por una berma central. La distancia del eje vertical de la señal al borde de la calzada no debe ser menor de 1.20 m ni mayor de 3.00m m, salvo casos excepcionales.

ALTURA. la altura mínima permisible entre el borde interior de la señal y la superficie de rodadura será de 1.50 m. En el caso de colocarse varias señales esta altura se podrá reducir hasta 1.20 m.

ANGULO DE COLOCACIÓN. Deberá formar ángulo recto con el eje del camino, excepto en el caso de señales reflectantes en que se colocaran ligeramente inclinadas a la normal, para su mejor reflectación.

ILUMINACIÓN. Es recomendable la iluminación o reflectación y se obtiene:

- Por medio de una luz detrás de la cara de la señal, iluminando el fondo de ambos, a través de un material transparente.
- Por medio de una luz independiente separada de la señal y que ilumine uniformemente toda la cara de la misma.
- Usando una luz incandescente que siga la forma de los símbolos de la leyenda.
- Las señales elevadas deben ser iluminadas.

REFLECTORIZACIÓN. El material reflectorizante debe reflejar un alto porcentaje de luz que recibe en forma uniforme en toda la superficie de la señal y en un ángulo tal que no alcance la posición normal de los ojos del conductor. Para esto se utilizará pintura reflectante.

SEÑALES ELEVADAS(Céspedes, 2011.p.36),

- Se utilizan para obtener la efectividad necesaria en la regulación del tránsito promedio de la señalización.
- Como previo aviso a un desvío de una carretera muy transitada.
- Al no haber espacio a los lados del camino para colocar las señales.
- Para carreteras de desvíos de circulación en un mismo sentido en vista que el tráfico pesado interfiere la visibilidad de las señales.
- Cuando los lados de la carretera son muy iluminadas y deslumbran la visión de las señales laterales.
- Cuando en una autopista no está señalado el paso de peatones.

3.5 Presupuesto del proyecto. El presupuesto de la obra asciende a cuatro millones novecientos ocho mil tres y 25/100 nuevos soles, tal como se detalla a continuación.

.

Presupuesto

Presupuesto	0301017	DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERA SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS				
Subpresupuesto	002	DISEÑO DE CARRETERA BVT				
Cliente	JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS				Costo al	11/01/2016
Lugar	AMAZONAS - UTCUBAMBA - CUMBA					
Item	**Descripción**		**Und.**	**Metrado**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
HU.1.	**OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD**					**103,549.38**
HU.1.1.	**OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES**					**70,048.80**
HU.1.1.1.	**CONSRUCCIONES PROVISIONALES**					**9,242.65**
HU.1.1.1.2	ALMACEN		glb	1.00	5,479.57	5,479.57
HU1.1.1.6	SERVICIOS HIGIENICOS DE OBRA (CONTENEDORES)		und	2.00	800.00	1,600.00
HU.1.1.1.8	CARTEL IDENTIFICACION DE OBRA DE 3.60x2.40m.		und	1.00	2,163.08	2,163.08
HU.1.1.2.	**INSTALACIONES PROVISIONALES**					**3,461.53**
HU.1.1.2.1	**AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN**					**2,169.06**
HU.1.1.2.1.1	OBTENCION DEL SERVICIO DE AGUA PARA LA CONSTRUCCION		glb	1.00	1,484.53	1,484.53
HU.1.1.2.1.2	ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA LA CONSTRUCCION		glb	1.00	684.53	684.53
HU.1.1.2.2	**DESAGÜE PARA LA CONSTRUCCIÓN**					**118.69**
HU.1.1.2.2.1	DESAGÜE PARA LA CONSTRUCCIÓN		glb	1.00	118.69	118.69
HU.1.1.2.3.	**ENERGÍA ELÉCTRICA PROVISIONAL**					**440.45**
HU.1.1.2.3.1	CONEXIÓN E INSTALACIÓN DE ENERGIA ELECTRICA		glb	1.00	340.45	340.45
HU.1.1.2.3.2	CONSUMO Y MANTENIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA		glb	1.00	100.00	100.00
HU.1.1.2.4.	**INSTALACIÓN TELEFÓNICA Y**					**733.33**

	COMUNICACIÓN PROVISIONAL				
HU.1.1.2.4.1.	CONEXIÓN E INSTALACIÓN DE TELEFONIA Y COMUNICACION.	glb	1.00	133.33	133.33
HU.1.1.2.4.2	CONSUMO Y MANTENIMIENTO DE TELEFONIA Y COMUNICACIÓN	mes	6.00	100.00	600.00
HU.1.1.7	**MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS**				**50,738.66**
HU.1.1.7.1	MOVILIZACIÓN DE CAMPAMENTO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS	glb	2.00	25,369.33	50,738.66
HU.1.1.9.	**TRAZOS, NIVELES Y REPLANTEO**				**6,605.96**
HU.1.1.9.1	**TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR**				**6,605.96**
HU.1.1.9.1.1	TRAZO NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR	km	5.70	1,158.94	6,605.96
HU.1.2	**SEGURIDAD Y SALUD**				**33,500.58**
HU.1.2.1.	**ELABORACIÓN, IMPLEMENTACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**				**30,600.58**
HU.1.2.1.1	**EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL**				**24,120.18**
HU.1.2.1.1.1	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPI)	mes	6.00	4,020.03	24,120.18
HU.1.2.1.2.	**EQUIPOS DE PROTECCIÓN COLECTIVA**				**858.00**
HU.1.2.1.2.1	BOTIQUIN CON MEDICAMENTOS	und	1.00	358.00	358.00
HU.1.2.1.2.2	CERCO DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS	und	1.00	500.00	500.00
HU.1.2.1.3.	**SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD**				**3,990.40**
HU.1.2.1.3.1	SEÑALIZACIÓN TEMPORAL DE SEGURIDAD	und	8.00	18.80	150.40
HU.1.2.1.3.2	PANELES INFORMATIVOS	und	8.00	480.00	3,840.00
HU.1.2.1.4.	**CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD**				**1,632.00**
HU.1.2.1.4.1	MODULOS DE CAPACITACION	und	6.00	272.00	1,632.00
HU.1.2.2	**RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS EN SEGURIDAD Y SALUD DURANTE EL TRABAJO**				**2,900.00**
HU.1.2.2.1	RECURSOS PARA RESPUESTAS ANTE EMERGENCIAS	und	2.00	1,450.00	2,900.00
HU.2.	**PISTAS Y VEREDAS**				**3,139,336.00**
HU.2.1.	**MOVIMIENTO DE TIERRA**				**859,464.42**
H.U.2.1.1	CORTE CON ELIMINACION LATERAL	m3	35,234.00	3.49	122,966.66
HU.2.1.2	RELLENO COMPENSADOS CON MATERIAL GRANULAR EN CAPAS DE 0.30 m	m3	3,780.00	45.46	171,838.80
HU.2.1.3	CONFORMACION DE TERRAPLENES	m3	1,932.00	5.74	11,089.68
H.U.2.1.4	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	39,318.19	12.55	493,443.28
HU.2.1.5	REFINE DEL TERRAPLÉN	m2	54,660.00	1.10	60,126.00
HU.2.2.	**SUB-BASE Y BASE**				**1,573,319.79**
HU.2.2.1	EXTRACCION DE MATERIAL DE CANTERA	m3	20,497.50	12.80	262,368.00
HU.2.2.2	AFIRMADO EN CARRETERA	m2	54,660.00	5.98	326,866.80
H.U.2.2.3	ZARANDEO DE MATERIAL AFIRMADO	m3	20,497.50	15.63	320,375.93
H.U.2.2.4	TRANSPORTE DE MATERIAL CON CARGUIO D=8 km	m3	20,497.50	11.11	227,727.23
H.U.2.2.5	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTADO DE AFIRMADO	m3	20,497.50	21.27	435,981.83
HU.2.7.	**JARDINES Y OTRAS OBRAS**				**647,500.64**
HU.2.7.1	**MOVIMIENTO DE TIERRA**				**9,190.92**
HU.2.7.1.1	PREPARACIÓN DE SUPERFICIE PARA PARQUES Y JARDINES	m3	573.00	16.04	9,190.92
HU.2.7.2.	**SEMBRÍO DE GRASS**				**7,248.45**
HU.2.7.2.1	SEMBRADO DE GRASS	m2	955.00	7.59	7,248.45
HU.2.7.3.	**SEMBRÍO DE PLANTAS Y ÁRBOLES**				**247.95**
HU.2.7.3.1	SEMBRADO DE PLANTAS Y ARBOLES	und	19.00	13.05	247.95

HU.2.7.5	**OTRAS OBRAS**				**281,090.32**
HU.2.7.5.1	**SEÑALIZACION**				**281,090.32**
HU.2.7.5.1.1	**SEÑALES PREVENTIVAS**				**807.32**
HU.2.7.5.1.1.1	FABRICACION DE SEÑALES PREVENTIVAS	und	4.00	201.83	807.32
HU.2.7.5.1.2	**SEÑALES REGLAMENTARIAS O RESTRICTIVAS**				**1,384.15**
HU.2.7.5.1.2.1	SEÑALES REGLAMENTARIAS O RESTRICTIVAS	und	5.00	276.83	1,384.15
HU.2.7.5.1.3	**SEÑALES INFORMATIVAS**				**1,365.85**
HU.2.7.5.1.3.1	SEÑALES INFORMATIVAS 1.00x2.20 m	und	5.00	273.17	1,365.85
HU.2.7.5.1.4	**MARCAS EN EL PAVIMENETO**				**277,533.00**
HU.2.7.5.1.4.1	MARCAS EN EL PAVIMENTO CON MICROESFERAS	m2	17,100.00	16.23	277,533.00
HU.2.7.5.2	**COSTOS DE CALIDAD**				**35,371.00**
HU.2.7.5.2.1	COSTOS DE CALIDAD	glb	1.00	35,371.00	35,371.00
H.U.2.7.7	**CUNETAS DE CONCRETO**				**314,352.00**
H.U.2.7.7.2	CUNETA TRIANGULAR REVESTIDA f'c=175 kg/cm2 1.00x0.50 m	m	1,200.00	261.96	314,352.00
	OBRAS DE ARTE				**59,051.15**
HU.	**ALCANTARILLAS TMC D = 48"**				**59,051.15**
	TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO	m	120.00	1.64	196.80
	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3	80.00	41.98	3,358.40
	REFINE DEL TERRENO EXCAVADO	m2	300.00	3.80	1,140.00
	ALCANTARILLA METALICA CIRCULAR TMC Ø=48"	m	120.00	196.38	23,565.60
	RELLENO CON MATERIAL PROPIO.	m3	15.00	15.09	226.35
	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	5.00	13.98	69.90
	ACERO DE REFUERZO fy=4,200 kg/cm2	kg	500.00	7.02	3,510.00
	CONCRETO PARA ALCANTARILLA f'c=175 kg/cm2	m3	50.00	269.18	13,459.00
	CONCRETO CICLOPEO f'c=175 kg/cm2 + 30 % PM.	m3	30.00	194.15	5,824.50
	EMBOQUILLADO DE PIEDRA PARA CANALES DE DESCARGA	m3	20.00	385.03	7,700.60
	COSTO DIRECTO				**3,242,885.38**
	GASTOS GENERALES 16.38%				**518,861.66**
	UTILIDAD 5%				**162,144.27**

	SUBTOTAL				**3,923,891.31**
	IMPUESTO (IGV 18%)				**706,300.44**
					=========
	PRESUPUESTO				**4,630,191.75**
	EXPEDIENTE TECNICO 3%				**138,905.75**
	SUPERVISION 3%				**138,905.75**
	.				==========
	TOTAL DEL PRESUPUESTO				**4,908,003.25**

SON : CUATRO MILLONES NOVECIENTOS OCHO MIL TRES Y 25/100 NUEVOS SOLES

DESCONSOLIDADO DE GASTOS GENERALES

DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA SINAI CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA - UTCUBAMBA - AMAZONAS

ANALISIS DE GASTOS GENERALES

	COSTO DIRECTO					S/. 3,242,885.38	
1	GASTOS GENERALES FIJOS	CANT.	MESES	P.UNIT.	PARCIAL	SUB TOTAL	%
1.1	GASTOS OFICINA DE OBRA				113,900.00	113,900.00	
	VIVIENDA DEL PERSONAL	1	7.00	300.00	2,100.00		
	GERENTE GENERAL	1	2.00	10,000.00	20,000.00		
	ING. RESPONSABLE	1	2.00	8,000.00	16,000.00		
	ALMACENES Y TALLER	1	7.00	400.00	2,800.00		
	TRANSPORTE DE PERSONAL	1	7.00	5,000.00	35,000.00		
	GASTOS DE LICITACION	1	1.00	3,000.00	3,000.00		
	MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA (ENSERES, ETC)	1	7.00	5,000.00	35,000.00		
	TOTAL GASTOS GENERALES FIJOS					**113,900.00**	**3.51%**
2	**GASTOS GENERALES VARIABLES**	**CANT.**	**MESES**	**P.UNIT.**	**PARCIAL**	**SUB TOTAL**	
2.1	PERSONAL TECNICO, ADMINISTRATIVO Y AUXILIAR					240,644.60	
	ING. RESIDENTE DE OBRA	1	7.00	10,000.00	70,000.00		
	ASISTENTE DE INGENIERO	1	7.00	6,000.00	42,000.00		
	ADMINISTRADOR DE OBRA	1	6.00	5,000.00	30,000.00		
	MAESTRO DE OBRA	1	6.00	3,000.00	18,000.00		
	ALMACENERO	1	6.00	1,200.00	7,200.00		
	CHOFER	1	7.00	1,500.00	10,500.00		
	GUARDIAN	1	7.00	1,200.00	8,400.00		
	TECNICO DE LABORATORIO DE SUELOS	2	6.00	1,500.00	18,000.00		
	SEGUROS DE PERSONAL	1	1.00	36,544.60	36,544.60		
2.2	GASTOS DE ALIMENTACION					21,000.00	
	PERSONAL TECNICO, ADMINISTRATIVO Y AUXILIAR	10	7.00	300.00	21,000.00		
2.3	EQUIPO NO INCLUIDO EN COSTO DIRECTO					128,100.00	

	CAMIONETA PICK UP	2	7.00	4,500.00	63,000.00		
	SERVICIOS DE TELEFONIA, LUZ, AGUA	1	7.00	2,500.00	17,500.00		
	COMPUTADORA	3	7.00	2,000.00	42,000.00		
	FOTOCOPIADORA	1	7.00	800.00	5,600.00		
2.4	GASTOS DE OFICINA					27,485.77	
	UTILES DE ESCRITORIO	1	7.00	2,000.00	14,000.00		
	PLOTEOS	1	7.00	500.00	3,500.00		
	GASTOS DE EVALUACION	1	1.00	3,000.00	3,000.00		
	PLACA RECORDATORIA	1	1.00	500.00	500.00		
2.4	APORTE AL SENCICO	1	0.002	3,242,885.38	6,485.77		
	TOTAL GASTOS GENERALES VARIABLES					**417,230.37**	**12.87%**
	TOTAL GASTOS GENERALES					**16.3783%**	

CAPITULOIV
DISCUSIÓN

El proyecto denominado Diseño Geométrico Del Camino Vecinal A Nivel De Afirmado y sus Obras de Arte para Optimizar la Transitabilidad entre Los Caserios Sinai - Cruce Hualango, Distrito De Cumba, Utcubamba, Amazonas, se ha desarrollado basado en la normatividad vigente en el país, asi como en las consultas bibliográficas de los libros y documentos de la referencia, siendo estos últimos los indicadores para mejorar el diseño del proyecto en mención.

De acuerdo a lo citado en el Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito se puede afirmar que existe similitud en las proyecciones realizadas en este manual y las encontradas en la tipografía del sitio donde se ejecutó la obra, así mismo en se ha tenido en consideración los estándares de mencionado en el manual para la selección del tipo de vía así como para las obras de arte ejecutadas, siendo estas últimas adecuadas a la hidrografía de la zona y a la topografía del terreno.

En cuanto al diseño propiamente dicho se ajustó a la norma dispuesta por el Manual de diseño de carreteras DG-2013, el cual especifica los estándares para el tipo de carretera de acuerdo al índice de tránsito vehicular.
El tipo de suelo, este fue analizado por un laboratorio de suelos reconocido, el mismo que dio las recomendaciones de acuerdo a los hallazgos realizados en las calicatas realizadas.

El trabajo que se presenta ha cumplido con los estándares dispuestos en la norma vigente por tanto se afirma que es un proyecto viable técnicamente el cual optimizara la transitabilidad entre los poblados que son sujetos de esta investigación.

CAPITULO V
CONCLUSIÓN

1. La vía existente no contaba con cunetas que mitiguen el exceso de agua de las escorrentías de los campos de cultivos y de las precipitaciones pluviales.
2. La longitud de la Trocha Carrozable de los caserios Sinai - Cruce Hualango es de 5.70 km km con un ancho de vía variable que van desde los 4 hasta los 6.m.
3. Después de haber terminado el trabajo de campo se procedió a procesar los datos obtenidos, luego estos se importaron al AutoCAD Land Civil Companion y con la ayuda del AutoCAD Civil 3D se realizó la determinación del plano de curvas de nivel, se dibujó el eje en planta, se construyeron las curvas horizontales existentes en la trocha carrozable, identificando el corredor vial existente. Luego se ha construido el perfil longitudinal de la vía, tal como se encuentra. En los planos ya obtenidos se realizó el diseño geométrico tanto en planta como en altura y procediéndose a dibujar las secciones transversales con el diseño definitivo, de acuerdo al Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito del MTC.
4. El estudio de Mecánica de Suelos se realizó a través de la toma de muestras del terreno a intervenir, realizándose 10 calicatas, donde se concluye que La categoría de la sub rasante determinada mediante el ensayo de CBR al **95%** de la máxima densidad seca, obtenida es **<10%,** es decir, el tipo de sub rasante que califica es de Regular a débil.
5. El Estudio Hidrológico para la zona de intervención y el Diseño de las Obras de Arte ha sido realizado de acuerdo a los estándares que recomienda la norma vigente, determinándose que el caudal a discurrir por las cunetas es de Q= 1.8 lts/seg a una velocidad media de 0.11m/seg. Las cunetas se construirán a ambos lados de la vía y tendrán forma trapezoidal con una profundidad de 0.50m y un ancho de 0.75m
6. El diseño Geométrico de la carretera se ha desarrollado de acuerdo con la normatividad vigente del MTC, para el diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, determinándose Estudio de la Demanda de la Carretera, el estudio de la Velocidad de Diseño en relación al costo de la carretera, la sección transversal de diseño y el tipo de superficie de rodadura. Donde se resalta que para una velocidad de 30

Km/h la distancia de viabilidad de adelanto será de 200m. siendo la distancia de visibilidad de parada de 20 m, determinando a esta Carretera de Bajo Volumen de Tránsito con un tráfico del tipo T2

7. E presupuesto de la obra asciende a cuatro millones novecientos ocho mil tres y 25/100 nuevos soles.

CAPITULOVI

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los estudios de topografía de la zona, la cual es muy irregular se recomienda, seguir las especificaciones técnicas con la finalidad de evitar derrumbes que son propios de la zona, así mismo tener en cuenta los campos de cultivo adyacentes, para la construcción delas cunetas.
- Se recomienda eliminar el material proveniente del corte de la subrasante, el cual deberá ser reemplazado por material granular de cantera a fin de mejorar la calidad del suelo existente.
- Efectuar la limpieza de la cunetas fin de mantenerlas en estado óptimo ante cualquier eventualidad.
- Se recomienda la ejecución periódica del mantenimiento vial.
- El proyecto debe materializarse de manera inmediata, pues con ello se solucionarían los problemas y limitaciones que afrontan los pobladores de la zona.
- Se ha dejado para otra investigación el mejoramiento del medio ambiente de acuerdo a lo normado a la construcción de carreteras.
- A la universidad a impulsar este tipo de investigaciones que solucionen el entorno de la población mas necesitada.

CAPITULO VII

REFERENCIAS

Agudelo J. 2002. *DISEÑO GEOMETRICO DE VIAS, Ajustado al manual colombiano.* MEDELLIN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA - SEDE MEDELLIN, 2002.

Carrasco O. 2009. *INFRAESTRUCTURA VIAL NACIONAL ASOCIADA ALA COMPETITIVIDAD.* LIMA : UNIVERSIDAD DE PIURA, 2009.

Céspedes Abanto José. 2011. *Carreteras Diseño Moderno.* Lima : s.n., 2011.

Cifuentes N. 2014. *ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA DEL DISEÑO GEOMETRICO EN LA ACCIDENTALIDAD CARRETERA BOGOTÁ-VILLAVICENCIO A PARTIR DE LA SALIDA DEL TÚNEL DE BOQUERÓN A PUENTE QUETAME.* BOGOTA : ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO, 2014.

Garcia y Martinez. 2003. *PROYECTO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA TLAPA DE COMONFORT - METLATONOC, KM 15+000 AL 18+500 POR EL MÉTODO TRADICIONAL.* Mexico : s.n., 2003.

Martin, Choque Sanchez Héctor. 2012. *Evaluación de aditivos químicos en la eficiencia de la conservación de superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas.* Lima : s.n., 2012.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2008. GLOSARIO DE TERMINOS DE USO FRECUENTE EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL. LIMA, PERU : s.n., 2008.

MTC. 2013. .mtc.gob.pe. [En línea] OCTUBRE de 2013. www.mtc.gob.pe/transportes/.../DISEÑO%20GEOMETRICO%20DE%20CARRETER....

—. 2005. .mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_770.pdf. [En línea] 16 de 11 de 2005. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_770.pdf.

—. 2013. GLOSARIO DE TERMINOS DE USO FRECUENTE EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL. LIMA, PERU : s.n., 2013.

—. 2008. *Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.* Lima : Ministerio de transportes y comunicaciones, 2008.

—. 2005. mtc.gob.pe. [En línea] 16 de Noviembre de 2005. [Citado el: 12 de enero de 2017.] transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_770.pdf.

Quiñones R. 2011. *PLANEAMIENTO Y DISEÑO PRELIMINAR DE CARRILES DE SOBREPASO PARA VIAS DE PRIMER ORDEN EN ZONAS ACCIDENTADAS Y DE ALTURA.* LIMA : UNIVERSIDAD DE INGENIERIA, 2011.

RABANAL, JAIME. 2014. *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca - 2014".* CAJAMARCA : s.n., 2014.

Rojas V. 2013. *ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA RUTA PE-06 A EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE CON PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL EMPALME PE-1N EN EL ÁREA METROPOLITANA DE CHICLAYO.* LIMA : UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES, 2013.

Rolón R. 2013. *DISEÑO GEOMÉTRICO DE VIAS URBANAS.* Argentina : s.n., 2013.

Rosales, Elifio Rodolfo Quiñonez. 2011. *PLANEAMIENTO Y DISEÑO PRELIMINAR DE CARRILES DE SOBREPASO PARA VIAS DE PRIMER ORDEN EN ZONAS ACCIDENTADAS Y DE ALTURA .* Lima : s.n., 2011.

Vasquez H, Juarez F y Nerio J. 2015. *PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE 5.0 KM DE VÍA DE ACCESO VECINAL MONTAÑOSA, FINAL COL. QUEZALTEPEQUE-CANTÓN VICTORIA, SANTA TECLA, LA LIBERTAD, UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA DISEÑO DE CARRETERAS.* SALVADOR : UNIVERSIDAD DEL SALVADOR, 2015.

YATACO, GIANMARCO XAVIER LLUNCOR. 2012. *Aplicación del modelo HDM en la evaluación de proyectos de carreteras en Perú "Carretera Bagua ChicaA – Flor de la esperanza.* Lima : s.n., 2012.

ANEXOS

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64

PAGE 65

PAGE 66

PAGE 67

PAGE 68

PAGE 69

PAGE 70

PAGE 71

PAGE 72

PAGE 73

PAGE 74

PAGE 75

PAGE 76

PAGE 77

PAGE 78

PAGE 79

PAGE 80

PAGE 81

PAGE 82

PAGE 83

PAGE 84

PAGE 85

PAGE 86

PAGE 87

PAGE 88

PAGE 89

PAGE 90

PAGE 91

PAGE 92

PAGE 93

PAGE 94

PAGE 95

PAGE 96

PAGE 97

PAGE 98

PAGE 99

PAGE 100

PAGE 101

PAGE 102

PAGE 103

PAGE 104

PAGE 105

PAGE 106

PAGE 107

PAGE 108

PAGE 109

PAGE 110

PAGE 111

PAGE 112

PAGE 113

PAGE 114

PAGE 115

PAGE 116

PAGE 117

PAGE 118

PAGE 119

PAGE 120

PAGE 121

PAGE 122

PAGE 123

PAGE 124

DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL

ORIGINALITY REPORT

21%	18%	1%	10%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	www.mtc.gob.pe Internet Source	6%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	5%
3	www.scribd.com Internet Source	1%
4	www.slideshare.net Internet Source	1%
5	cybertesis.uach.cl Internet Source	1%
6	transparencia.mtc.gob.pe Internet Source	1%
7	docs.com Internet Source	1%
8	www.ctlc-st.gob.pe Internet Source	1%

9	www.vivienda.gob.pe Internet Source	1%
10	intranet.cip.org.pe Internet Source	1%
11	media.peru.info Internet Source	<1%
12	myslide.es Internet Source	<1%
13	www.colgeocat.org Internet Source	<1%
14	es.slideshare.net Internet Source	<1%
15	id.scribd.com Internet Source	<1%
16	pt.scribd.com Internet Source	<1%
17	spij.minjus.gob.pe Internet Source	<1%
18	es.scribd.com Internet Source	<1%
19	documents.mx Internet Source	<1%
20	remote.science.uva.nl Internet Source	<1%
	fr.scribd.com	

21	Internet Source	<1%
22	repository.lasalle.edu.co Internet Source	<1%
23	fcc3pamer.blogspot.com Internet Source	<1%
24	Subhasish Basak. "Clebsch-Gordan construction of lattice interpolated fields for excited baryons", Physical Review D, 10/2005 Publication	<1%
25	www.fcpa.org.pe Internet Source	<1%
26	www.portalcuencas.net Internet Source	<1%
27	canalsocial.net Internet Source	<1%
28	www.dafuer-und-dagegen.de Internet Source	<1%
29	www.sedapal.com.pe Internet Source	<1%
30	zonasegura.seace.gob.pe Internet Source	<1%
31	institutos.unicordoba.edu.co Internet Source	<1%
32	www.seace.gob.pe Internet Source	<1%

33	Liu, Wei, Si-ming He, and Chao-jun OnYang. "Dynamic process simulation with a Savage-Hutter type model for the intrusion of landslide into river", Journal of Mountain Science, 2016. Publication	<1%
34	pt.cdc.gov Internet Source	<1%
35	fr.slideshare.net Internet Source	<1%

EXCLUDE QUOTES	ON	EXCLUDE MATCHES	< 10 WORDS
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY	ON		

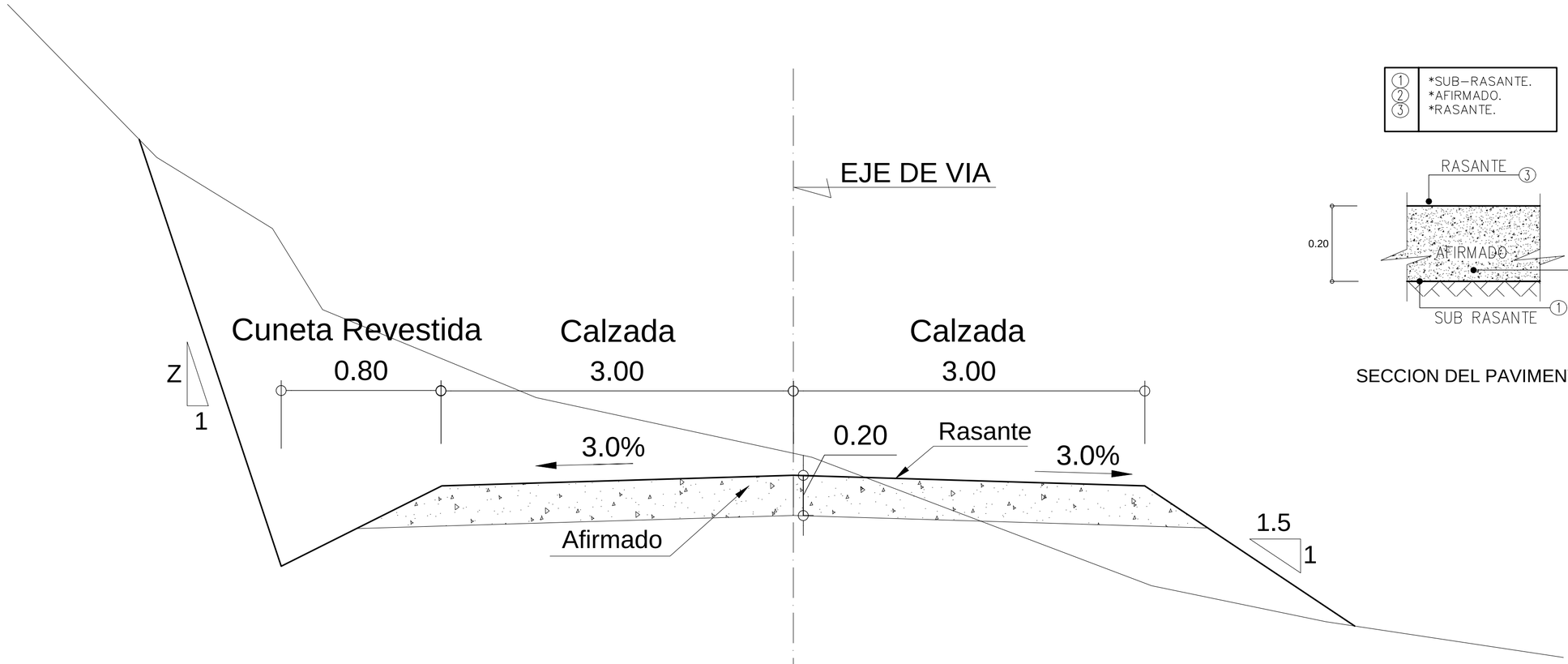
UCV	PROPIETARIO: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL	UBICACION: Localidad : Sinai - Cruce Hualango Distrito : Cumba Provincia : Utcubamba Departamento : Amazonas	PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015.	PATROCINADOR: ING. OSCAR CUBAS DELGADO REVISADO:	INDICE DE PLANOS TOPOGRAFO: JROMERO	DIBUJO: JROMERO FECHA: Septiembre 2015	PLANO: INDICE DE PLANOS ESCALA: S/E	LAMINA: IN-01

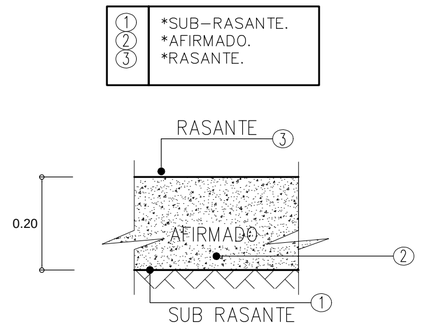
DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015.

KM 0+000.00 - KM 5+700

INDICE

* SECCION TIPICA	SE - 01
* PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL	PL - 01 A PL - 06
* SECCIONES TRANSVERSALES	ST - 01 A ST - 07
* ESTRUCTURAS DE DRENAJE Y OBRAS DE ARTE:	
- MURO TIPICO	MC - 01
* PLANO DE CANTERAS	PC - 01
* PLANO DE CALICATAS	CA - 01
* SEÑALIZACION	SÑ - 01 A SÑ - 02

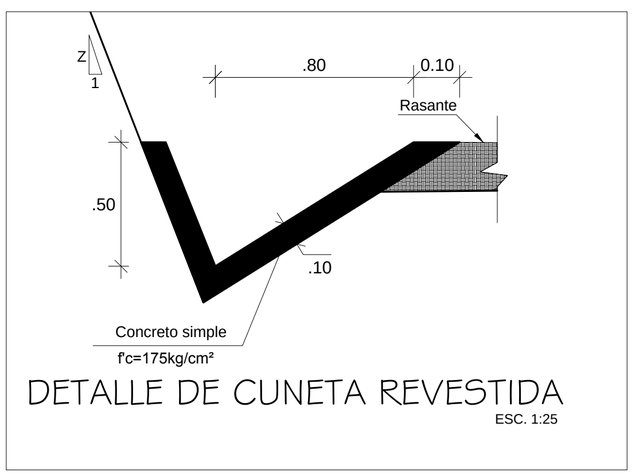




SECCION DEL PAVIMENTO

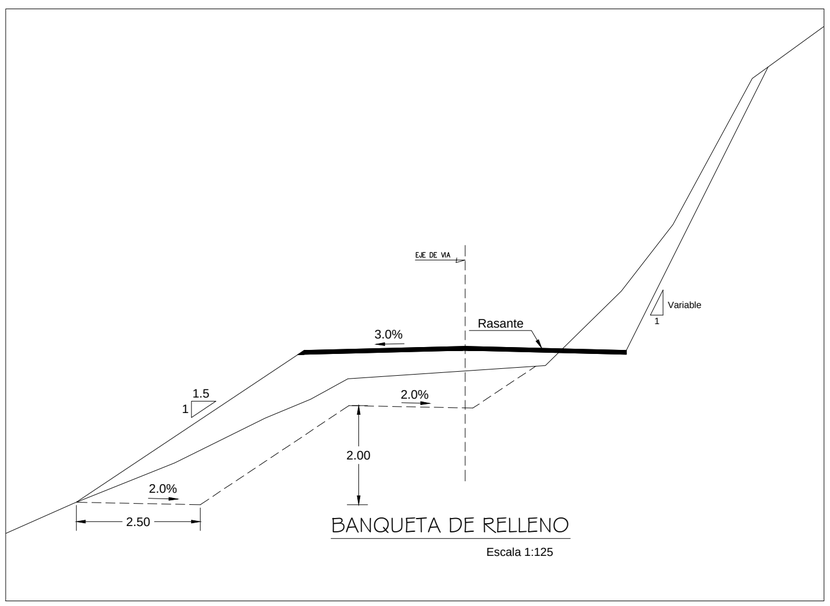
SECCION MEDIA LADERA

Escala 1:25



DETALLE DE CUNETA REVESTIDA

ESC. 1:25



BANQUETA DE RELLENO

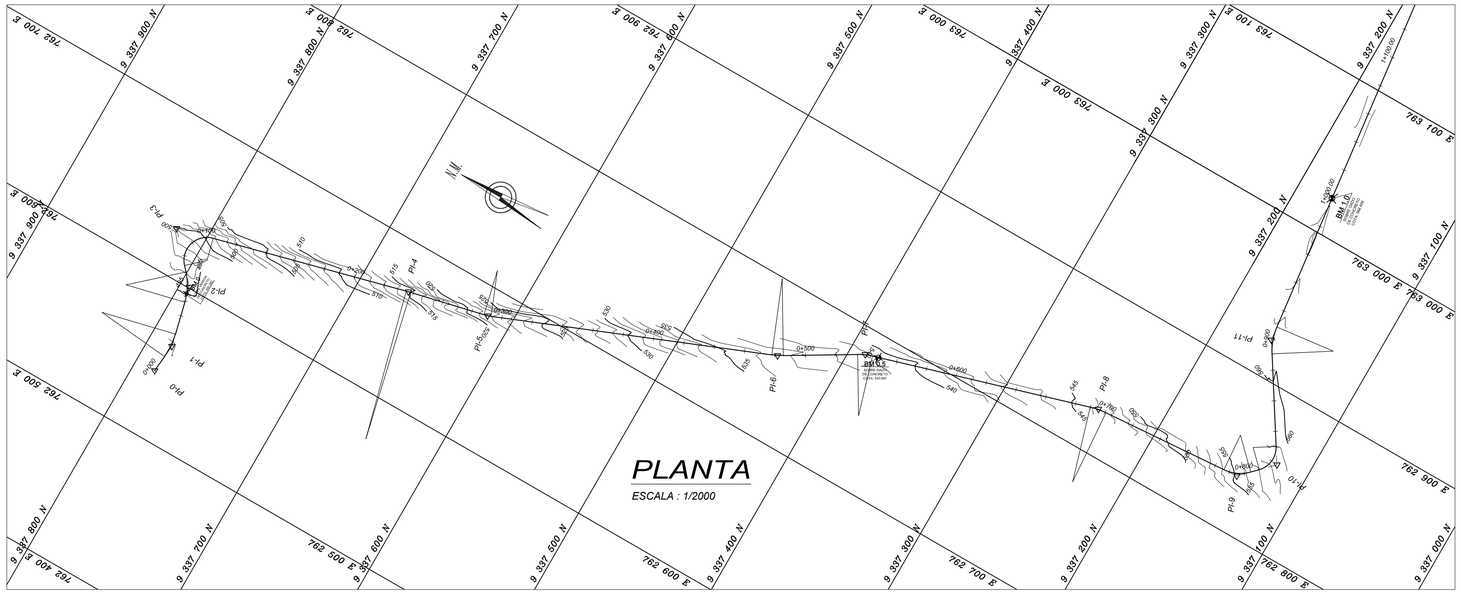
Escala 1:125

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE, PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA - UTCUBAMBA

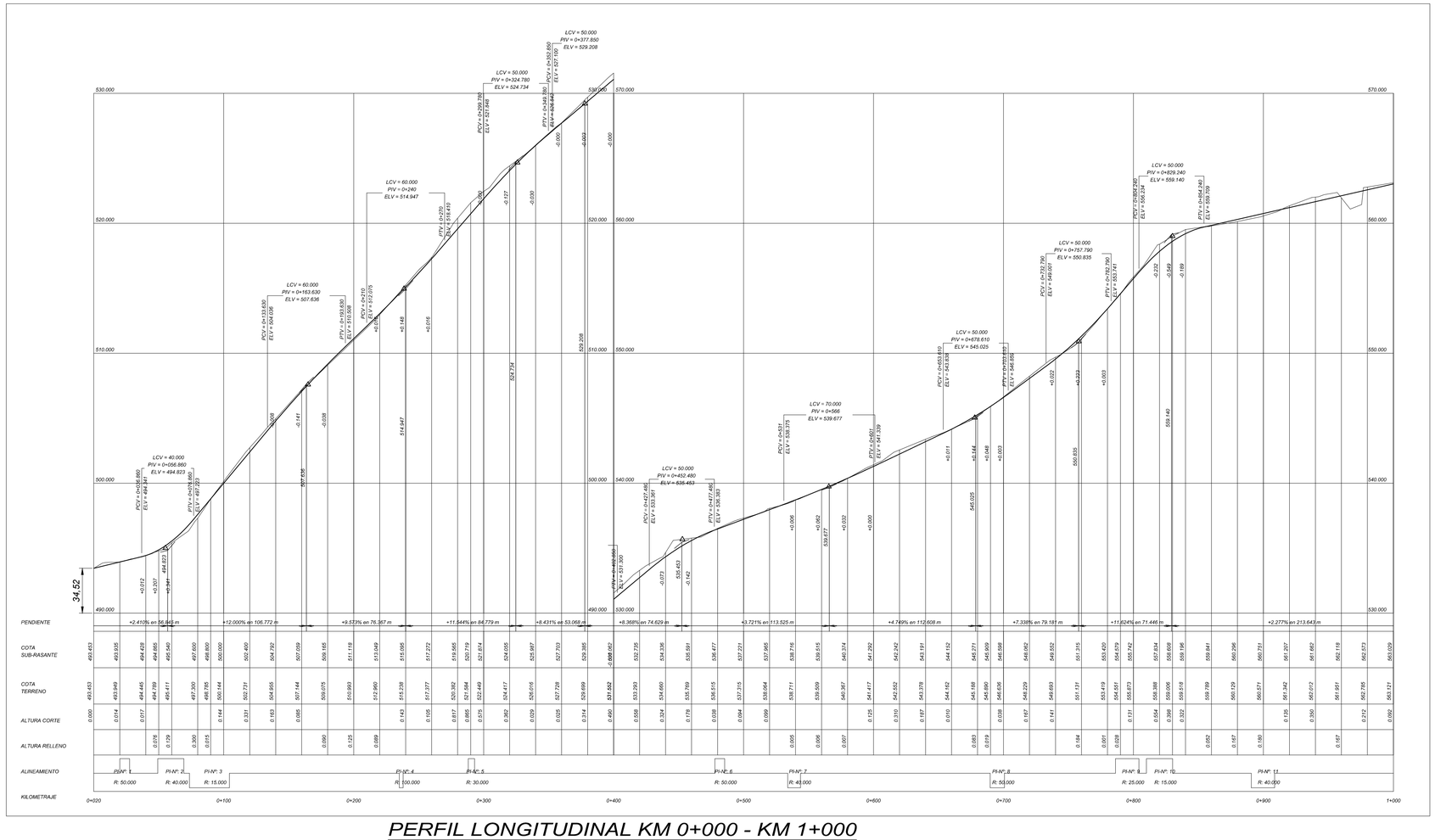
PLANO: SECCIÓN TÍPICA	RESPONSABLES: BACH. JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS; BACH. ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA	UBICACION: DIST. CUMBA PROV. UTCUBAMBA REG. AMAZONAS
PATROCINADOR: ING. OSCAR CUBAS DELGADO	DISEÑADO POR: J & R	FECHA: SEPTIEMBRE 2015
REVISADO POR:	DIBUJO CAD.: J & R	ESCALA:

LAMINA: SE-01



CUADRO DE COORDENADAS Y ELEMENTOS DE CURVAS

Nº PI	SENT.	DELTA	RADIO	TANG.	L.C.	Ext.	P.I.	P.C.	P.T.	NORTE	ESTE	P%	SA
0	I	180°00'00"	0.000	0.000	0.000	0.000	0 + 000.000	0 + 000.000	0 + 000.000	9337786.196	762542.272	0	0.00
1	I	18°46'40"	50.000	8.267	16.387	0.679	0 + 019.445	0 + 011.178	0 + 027.564	9337784.419	762561.635	4	0.80
2	I	28°42'20"	40.000	10.235	20.040	1.289	0 + 059.479	0 + 049.244	0 + 069.284	9337793.821	762600.702	5	0.90
3	D	117°30'20"	15.000	24.722	30.763	13.917	0 + 098.339	0 + 073.617	0 + 104.380	9337820.233	762629.791	8	2.10
4	D	1°41'20"	100.000	1.474	2.948	0.011	0 + 236.584	0 + 235.110	0 + 238.058	9337668.465	762669.698	3	0.50
5	I	9°08'40"	30.000	2.399	4.788	0.096	0 + 290.572	0 + 288.173	0 + 292.961	9337615.870	762681.883	6	1.20
6	I	8°39'10"	50.000	3.783	7.551	0.143	0 + 481.686	0 + 477.903	0 + 485.454	9337438.898	762754.060	4	0.80
7	D	14°02'10"	40.000	4.924	9.799	0.302	0 + 538.908	0 + 533.984	0 + 543.783	9337389.755	762783.401	5	0.90
8	D	12°34'30"	50.000	5.509	10.974	0.303	0 + 695.284	0 + 689.775	0 + 700.749	9337240.008	762828.620	4	0.80
9	I	41°19'20"	25.000	9.427	18.030	1.718	0 + 795.571	0 + 786.144	0 + 804.174	9337139.950	762836.017	7	1.40
10	I	76°58'00"	15.000	11.924	20.150	4.162	0 + 821.929	0 + 810.005	0 + 830.154	9337120.914	762855.422	8	2.10
11	D	25°42'40"	40.000	9.129	17.950	1.028	0 + 899.779	0 + 890.650	0 + 908.600	9337164.749	762924.187	5	0.90
170	----	----	----	----	----	----	9 + 910.784	----	----	9336423.474	769319.264	----	----



PERFIL LONGITUDINAL KM 0+000 - KM 1+000

ESCALA : H=1/2000
V=1/200

LEYENDA CURVAS VERTICALES

PCV	Estación de Inicio de Curva Vertical
PTV	Estación de Fin de Curva Vertical
PIV	Estación de PI Vertical
ELV	Cota de Curva Vertical

LEYENDA OBRAS DE ARTE

- ALCANTARILLA TMC
- BADEN CURVO
- BADEN RECTO
- MURO DE CONTENCIÓN

CUADRO DE BMs

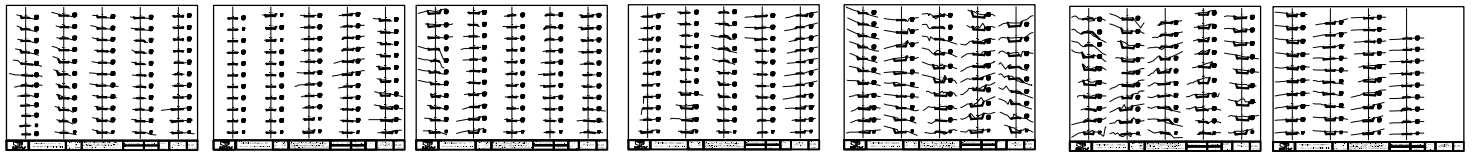
PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
3	762543.651	9337774.54	495.382	BM0/R1
161	762849.761	9337534.11	540.987	BM0.5
289	763171.39	9337354.4	564.456	BM01
395	763619.931	9337601.22	585.991	BM1.5
586	763810.847	9337571.52	627.501	BM2
781	764171.663	9337515.47	664.63	BM2.5
971	764491.616	9337482.1	703.869	BM3
1143	764734.852	9337357.1	743.157	BM3.5
1311	764971.172	9337462.75	787.276	BM4
1473	765207.723	9337325.49	830.379	BM4.5
1562	7652625.6	9336449.21	899.571	BM 5.0

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

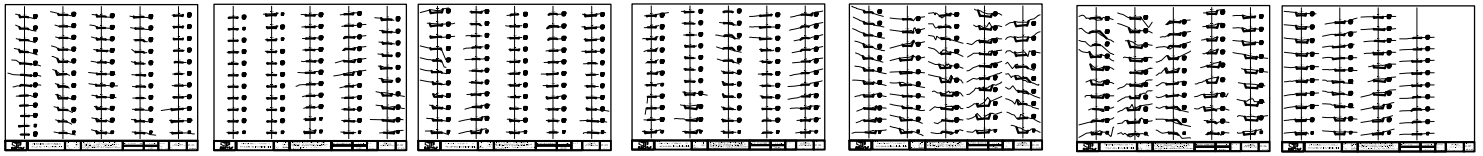
PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE, PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA - UTCUBAMBA

PLANO: PERFILES LONGITUDINALES	RESPONSABLES: BACH. JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS; BACH. ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA	UBICACION: DIST. CUMBA, PROV. UTCUBAMBA, REG. AMAZONAS
PATROCINADOR: ING. OSCAR CUBAS DELGADO	DISEÑADO POR: J & R	FECHA: SEPTIEMBRE 2015
REVISADO POR:	DIBUJO CAD.: J & R	ESCALA: V: 1/ 100, H: 1/ 1000
		LAMINA: PL-01

SECCIONES TRANSVERSALES



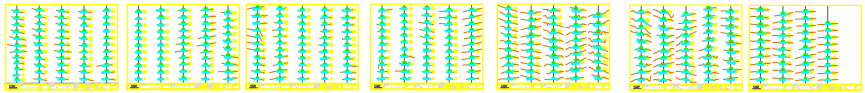
SECCIONES TRANSVERSALES



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

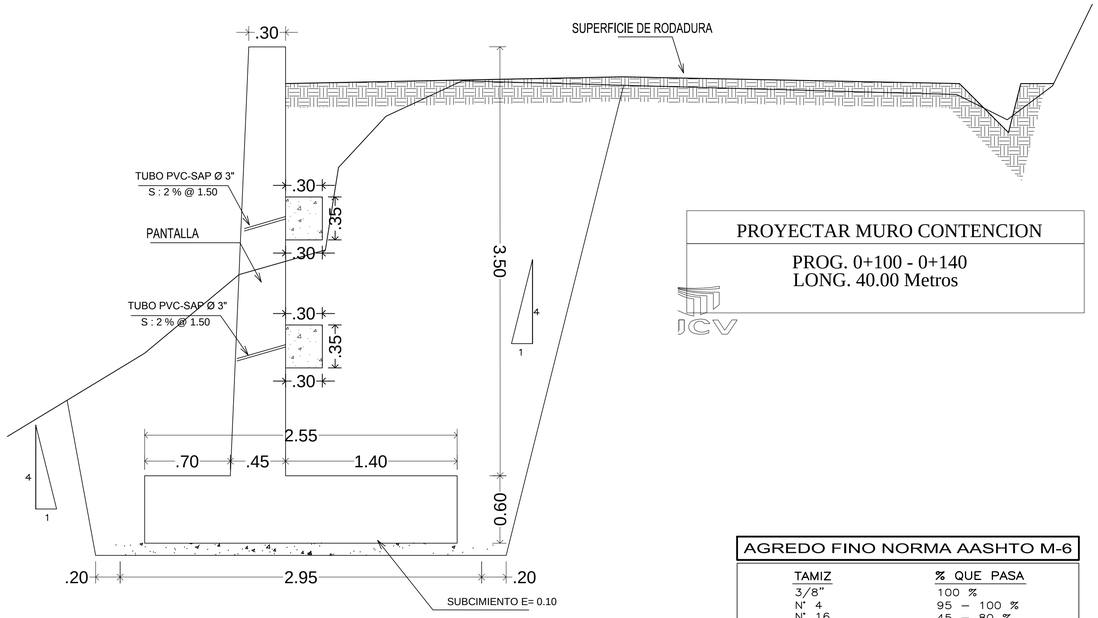
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

SECCIONES LLENAR MENBRETE CON SU PROYECYO



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



SECCION A-A (ESTRUCTURAS)

E:I/25

PROYECTAR MURO CONTENCION

PROG. 0+100 - 0+140
LONG. 40.00 Metros

AGREDO FINO NORMA AASHTO M-6

TAMIZ	% QUE PASA
3/8"	100 %
N° 4	95 – 100 %
N° 16	45 – 80 %
N° 50	10 – 30 %
N° 100	2 – 10 %
N° 200	0 – 3 %

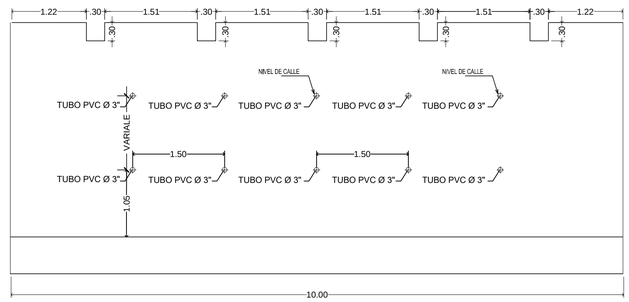
ESPECIFICACIONES TECNICAS

SOLADO : CONCRETO F'c = 100 Kg/cm2
ZAPATA : CONCRETO F'c = 210 Kg/cm2
MURO : CONCRETO F'c = 210 Kg/cm2
ACERO : ESTRUCTURAL CORRUGADO Fy=4200kg/cm2
RECUBRIMIENTO : PARA ACERO 0.05 m.
RELLENO : –EL MATERIAL DE RELLENO SERA PROVENIENTE DE CANTERAS, NO DEBIENDO TENER MATERIAL NI OTROS ELEMENTOS PERJUDICIALES LA COMPACTACION SERA EN CAPAS DE 0.30 m.
: –EL RELLENO EN LA PLATAFORMA SERA CON MATERIAL TRANSPORTADO, COMPACTADO DE ACUERDO A LAS NORMAS DE CARRETERAS;SEGUN LAS DIMENSIONES ESTABLECIDAS EN EL PLANO
SLUMP : 3 – 4'' EN MUROS Y ZAPATAS
DESENCOFRADO : MUROS, ZAPATA = 01 DIA
OTROS : LAS CAJAS DE DEPRESION PARA DRENAJE ESTARA CONFORMADA POR GRAVA DE DIAMETRO PROMEDIO DE 3/4'' PROTEGIDAS EN SACOS DE YUTE

EMPALMES :

Ø	REFUERZO INFERIOR	REFUERZO EXTERIOR H<30cm	REFUERZO EXTERIOR H>30cm
3/8"	0.30	0.30	0.45
1/2"	0.45	0.45	0.45
5/8"	0.55	0.55	0.75
3/4"	0.65	0.65	0.90
1"	1.15	1.15	1.60

CANTERA DE AGREGADOS RIO UTCUBAMBA
AGREGADO GRUESO : PIEDRA CHANCADA



ELEVACION MURO DE CONTENCION TIPO I (MC-01)

ESC : 1/50

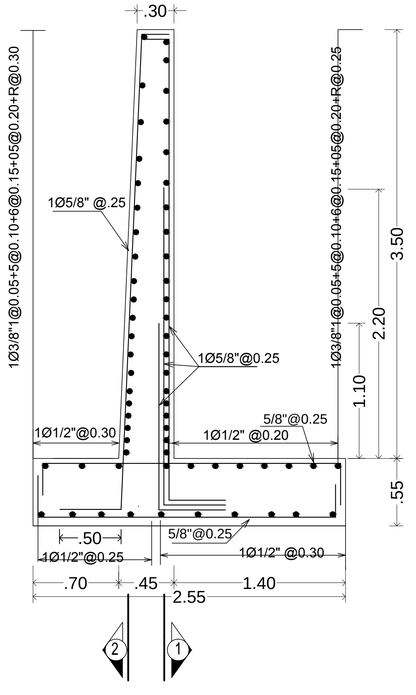
A

A

PLANTA MURO DE CONTENCION TIPO I (MC-01)

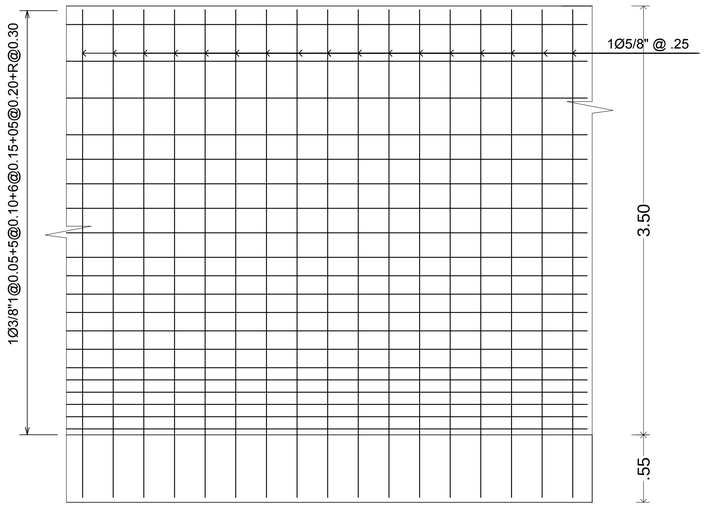
ESC : 1/50

DETALLE 1: JUNTA DE CONSTRUCCION
ESC: 1/20



MURO CONTENCION
CORTE A-A

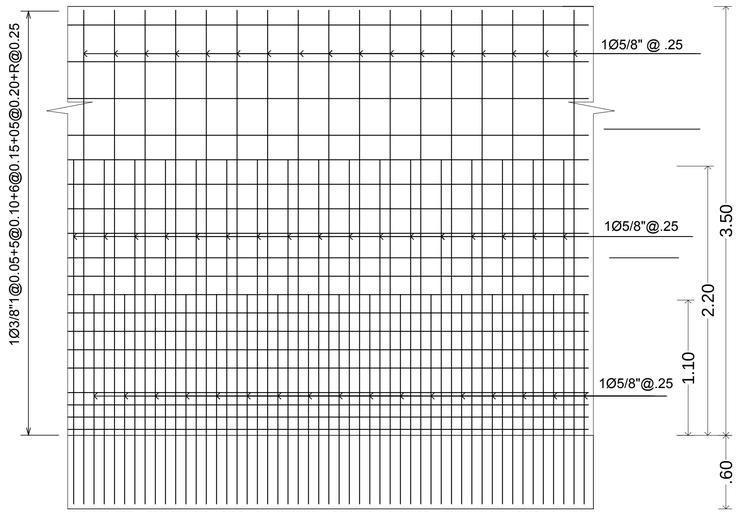
ESCALA: 1/25



CARA EXTERIOR

SECCION 2-2

ESCALA:I/25



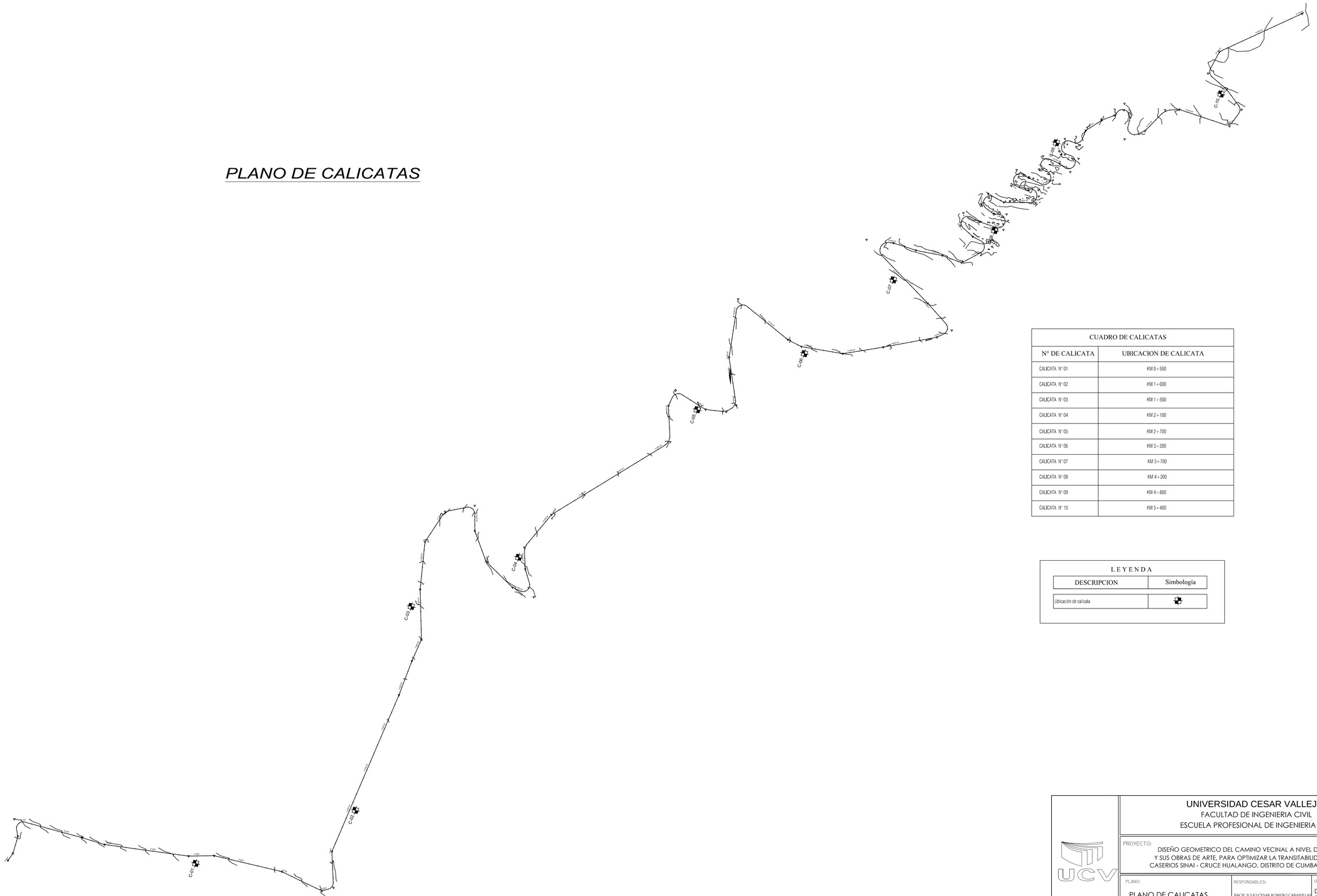
CARA INTERIOR

SECCION I-I

ESCALA:I/25

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO	PROYECTO : *DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA, UTCUBAMBA, AMAZONAS, EN EL AÑO 2015.*	EVALUADOR. *UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO*	UBICACION : DISTRITO : CUMBA; PROVINCIA : UTCUBAMBA; REGION : AMAZONAS; LOCALIDAD : SINAI - CRUCE HUALANGO	CONSULTOR : PROYECTISTA:	PLANO : MUROS DE CONTENCION PLANTA, CORTES, DETALLES	ESCALA: INDICADA; FECHA: SEPT. 2015; DIBUJANTE:	PLANO N° MC-01

PLANO DE CALICATAS



CUADRO DE CALICATAS	
N° DE CALICATA	UBICACION DE CALICATA
CALICATA N° 01	KM 0+500
CALICATA N° 02	KM 1+000
CALICATA N° 03	KM 1+500
CALICATA N° 04	KM 2+100
CALICATA N° 05	KM 2+700
CALICATA N° 06	KM 3+200
CALICATA N° 07	KM 3+700
CALICATA N° 08	KM 4+200
CALICATA N° 09	KM 4+800
CALICATA N° 10	KM 5+400

L E Y E N D A

DESCRIPCION	Simbología
Ubicación de calicata	

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE, PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA - UTCUBAMBA

PLANO:	RESPONSABLES:	UBICACION:
PLANO DE CALICATAS	BACH. JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS BACH. ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA	DIST. CUMBA PROV. UTCUBAMBA REG. AMAZONAS

PATROCINADOR	DISEÑADO POR:	FECHA:	LAMINA:
ING. OSCAR CUBAS DELGADO	J & R	SEPTIEMBRE 2015	CA-01
REVISADO POR:	DIBUJO CAD.:	ESCALA:	
	J & R		

PLANTA CANTERA

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

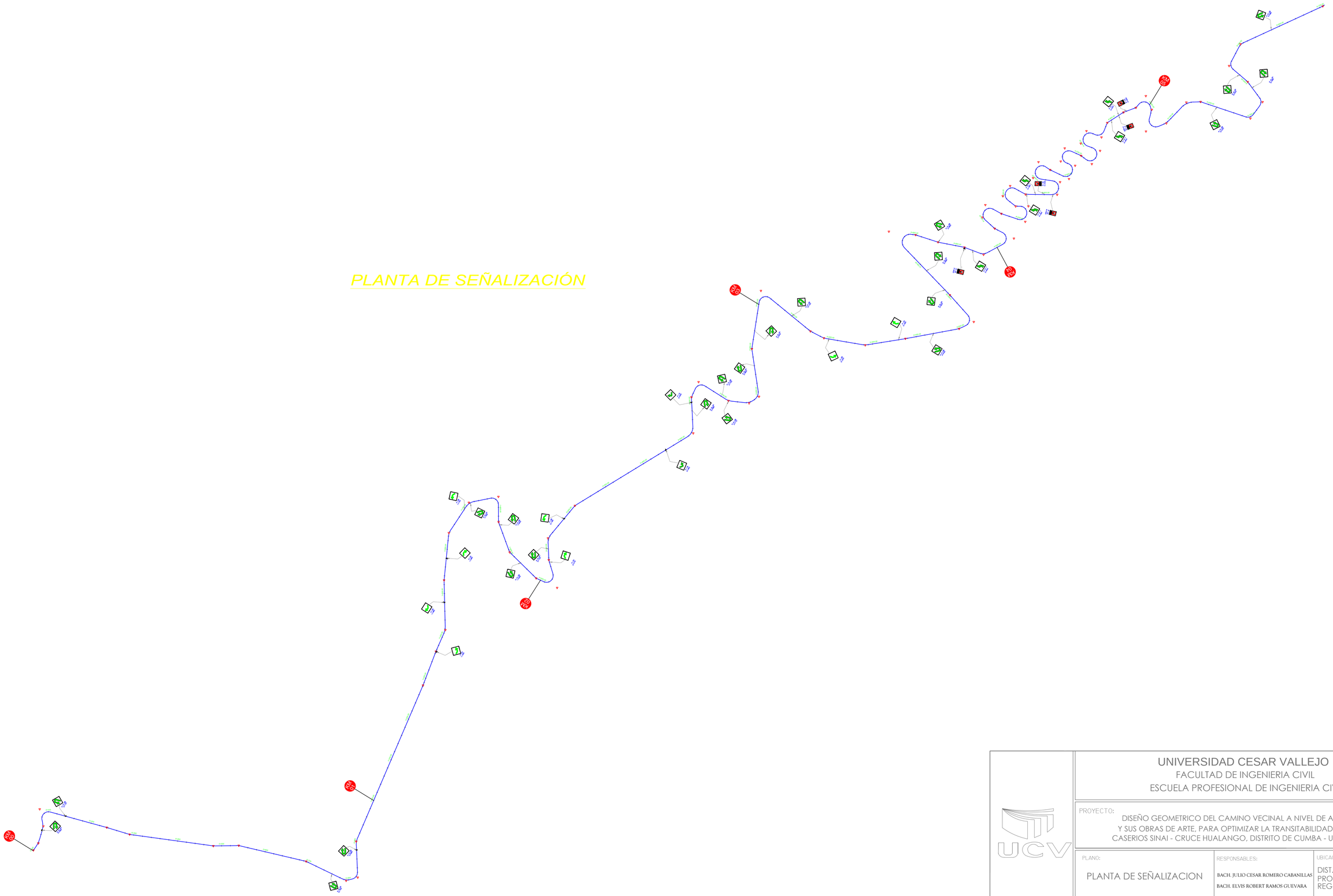
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE, PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA - UTCUBAMBA

PLANO:	RESPONSABLES:	UBICACION:
PLANO DE CANTERAS	BACH. JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS BACH. ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA	DIST. CUMBA PROV. UTCUBAMBA REG. AMAZONAS

PATROCINADOR:	DISEÑADO POR:	FECHA:	LAMINA:
ING. OSCAR CUBAS DELGADO	J & R	SEPTIEMBRE 2015	PC-01
REVISADO POR:	DIBUJO CAD.:	ESCALA:	
	J & R		

PLANTA DE SEÑALIZACIÓN



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

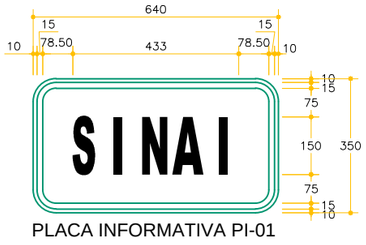
PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE, PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA - UTCUBAMBA

PLANO:	RESPONSABLES:	UBICACION:
PLANTA DE SEÑALIZACION	BACH. JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS BACH. ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA	DIST. CUMBA PROV. UTCUBAMBA REG. AMAZONAS

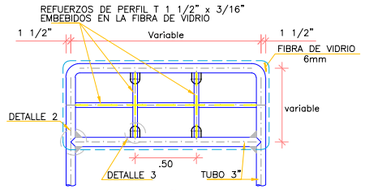
PATROCINADOR:	DISEÑADO POR:	FECHA:	LAMINA:
ING. OSCAR CUBAS DELGADO	J & R	SEPTIEMBRE 2015	SÑ-01
REVISADO POR:	DIBUJO CAD.:	ESCALA:	
	J & R		

SEÑALES INFORMATIVAS

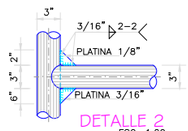
PLACA INFORMATIVA PI-02



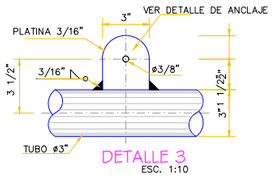
PLACA INFORMATIVA PI-01



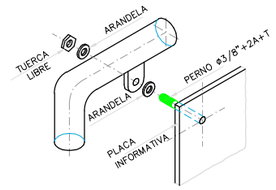
REFUERZO DE SEÑAL INFORMATIVA
ESC. 1:50



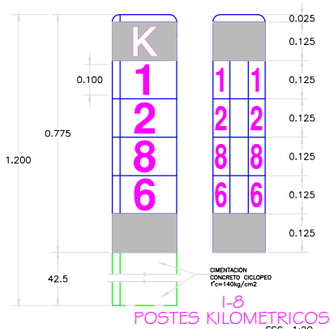
DETALLE 2
ESC. 1:20



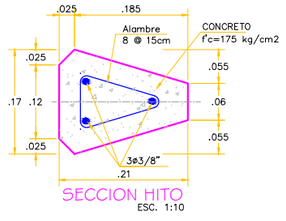
DETALLE 3
ESC. 1:10



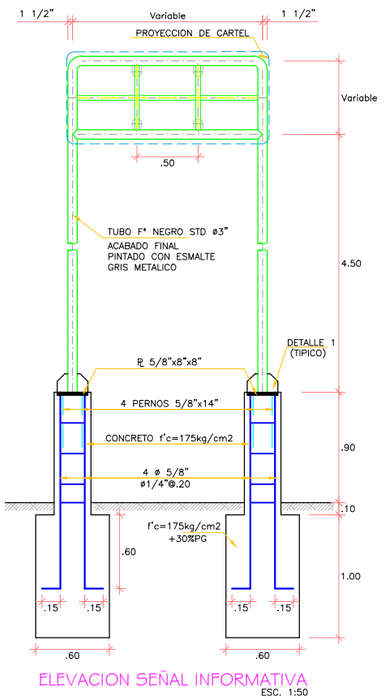
DETALLE DE ANCLAJE
ESC. 1:20



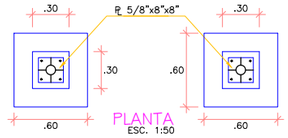
I-8
POSTES KILOMETRICOS
ESC. 1:20



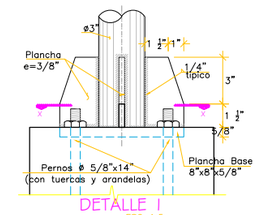
SECCION HITO
ESC. 1:10



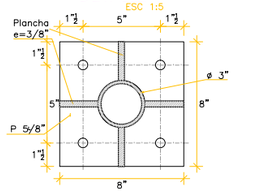
ELEVACION SEÑAL INFORMATIVA
ESC. 1:50



PLANTA
ESC. 1:50

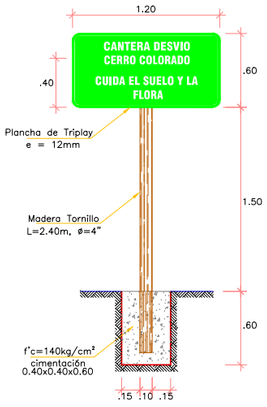


DETALLE 1
ESC. 1:5



SECCION X-X
ESC. 1:10

PLANCHA BASE EN PEDESTAL



CARTEL TIPICO
SEÑALIZACION AMBIENTAL
ESC. 1:50

SEÑALES INFORMATIVAS **ESPECIFICACIONES TECNICAS**

1.– EL COLOR SERA DE FONDO VERDE, LETRAS, SIMBOLOS Y MARCO BLANCO.
2.– SE COLOCARAN AL LADO DERECHO DEL SENTIDO DE LA VIA.
3.– LOS POSTES Y/O SOPORTES TENDRAN UNA ALTURA MINIMA DE 3000mm.

HITOS KILOMETRICOS

1.– CONCRETO : 175 kg/cm2
2.– ARMADURA : ACERO DE REFUERZO ∅3 ESTRIBOS DE ALAMBRE
N° 8 A 0.15 LONG. 1.20m.
3.– INSCRIPCION : EN BAJO RELIEVE DE 12mm. DE PROFUNDIDAD.
4.– PINTURA : LOS POSTES SERAN PINTADOS DE BLANCO
CON BANDAS NEGRAS DE ACUERDO AL DISEÑO
5.– CIMENTACION : 0.50x0.50 EN CONCRETO CICLOPEO

OTRAS ESPECIFICACIONES

ACERO: VARILLAS ASTM A–615, GRADO 60', fy=4200 kg/cm2 (CIMENT.)
PLATINAS ASTM A–36, fy=3600 kg/cm2
TUBOS DE ACERO SCHEDULE 40 (GALVANIZADO)
SOLDADURA: ELECTRODO AWS–E–6011, ESPESOR MINIMO 3/16"
PINTURA: ESMALTE EPOXICO
ANTICORROSIVO EPOXICO

ESQUEMA DE PINTADO:

CAPA BASE	WASH PRIMER VINILICO	1 CAPA	0.5 mils
CAPA INTERMEDIO:	EPOXY	2 CAPA	3.0 mils
CAPA ACABADO:	POLIURETANO	1 CAPA	2.0 mils

NOTA :

(**) LAS SEÑALES, SE UBICARAN EN CAMPO, DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO POR EL MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRANSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS

CUADROS DE CALCULO DE LONGITUD DE PALABRAS

LETRAS	ANCHO (cm)	ESPAC. (cm)
H=15.0 SERIE "E"		
C	6.3	2.3
R	6.3	2.8
U	5.6	2.3
C	6.3	2.3
E	5.6	9.4
H	8.0	2.3
U	5.6	2.3
A	8.0	2.3
L	5.6	2.3
A	8.0	2.3
N	6.3	2.3
G	8.0	2.3
O	6.8	
TOTAL	121.10	

LETRAS	ANCHO (cm)	ESPAC. (cm)
H=15.0 SERIE "E"		
S	6.3	1.5
I	1.9	2.3
N	6.3	2.3
A	6.8	2.3
I	1.9	
TOTAL	31.60	

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE, PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA - UTCUBAMBA

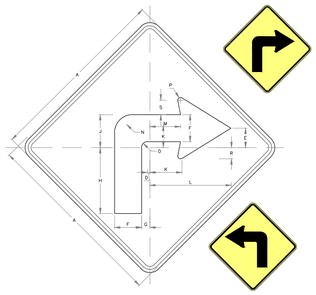
PLANO: PLANO SEÑALIZACION	RESPONSABLES: BACH. JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS; BACH. ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA	UBICACION: DIST. CUMBA, PROV. UTCUBAMBA, REG. AMAZONAS
PATROCINADOR: ING. OSCAR CUBAS DELGADO	DISEÑADO POR: J & R	FECHA: SEPTIEMBRE 2015
REVISADO POR:	DIBUJO CAD.: J & R	ESCALA: V: I/ 100 H: I/ 1000

LAMINA: SÑ-01

SEÑALES PREVENTIVAS

ESC 1:20

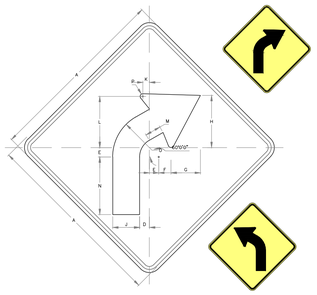
P-1A CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA



P-1B CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA

P-1A / P-1B	DIMENSIONES (milímetros)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
600x600	600.0	10.0	10.0	30.0	65.0	90.0	50.0	220.0
	J	K	L	M	N	O	P	
	110.0	80.0	248.5	77.0	60.0	20.0	9.0	

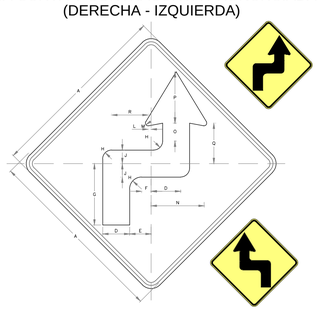
P-2A CURVA A LA DERECHA



P-2B CURVA A LA IZQUIERDA

P-2A / P-2B	DIMENSIONES (milímetros)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
600x600	600.0	10.0	10.0	34.0	34.0	38.0	100.0	176.0
	J	K	L	M	N	O	P	
	90.0	22.6	172.0	53.0	190.0	158.0	9.0	

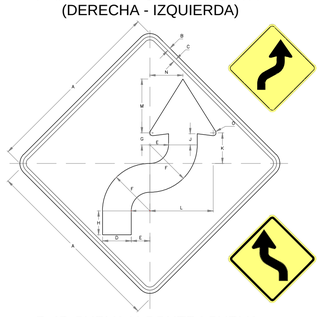
P-3A CURVA Y CONTRACURVA PRONUNCIADAS (DERECHA - IZQUIERDA)



P-3B CURVA Y CONTRACURVA PRONUNCIADAS (IZQUIERDA - DERECHA)

P-3A / P-3B	DIMENSIONES (milímetros)											
	A	B	C	D	E	F	G					
600x600	600.0	10.0	10.0	90.0	70.0	40.0	205.0					
	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R		
	30.0	45.0	75.0	30.0	9.0	160.0	60.0	171.5	137.5	100.0		

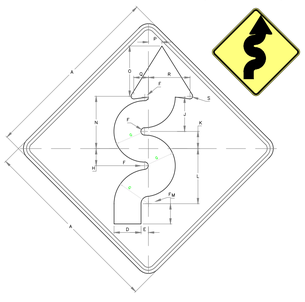
P-4A CURVA Y CONTRACURVA (DERECHA - IZQUIERDA)



P-4B CURVA Y CONTRACURVA (IZQUIERDA - DERECHA)

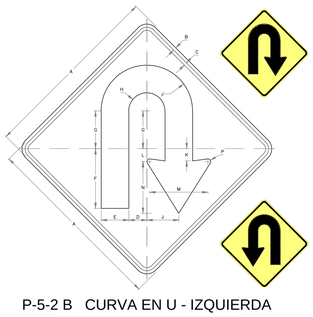
P-4A / P-4B	DIMENSIONES (milímetros)						
	A	B	C	D	E	F	G
600x600	600.0	10.0	10.0	90.0	58.5	148.5	38.0
	H	J	K	L	M	N	O
	75.0	35.0	96.5	198.0	168.5	103.5	9.0

P-5-1 CAMINO SINUOSO (DERECHA)



P-5-1	DIMENSIONES (milímetros)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	J
600x600	600.0	10.0	10.0	90.0	44.0	22.0	112.0	97.0	134.0
	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	37.0	237.0	25.0	174.0	168.5	45.0	54.0	144.0	9.0

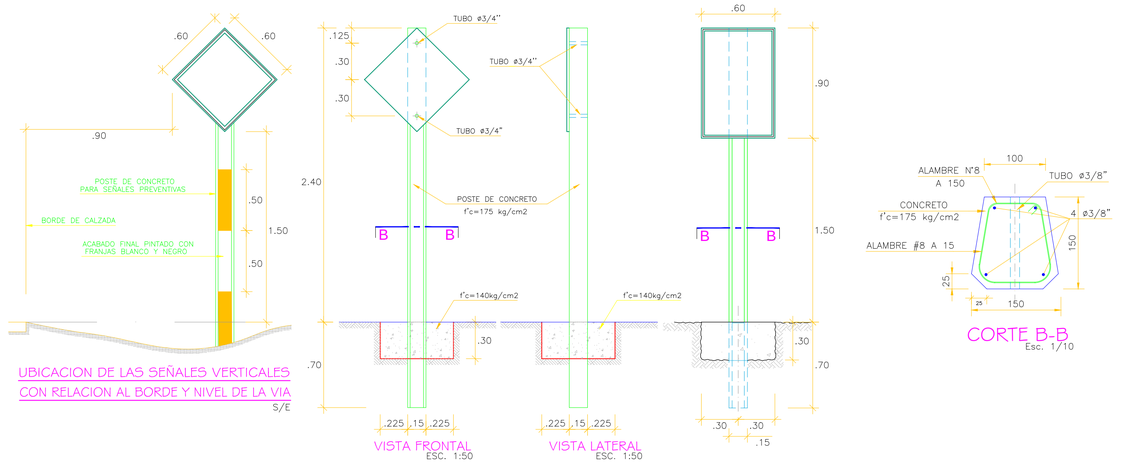
P-5-2 A CURVA EN U - DERECHA



P-5-2 B CURVA EN U - IZQUIERDA

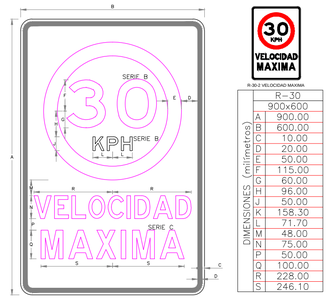
P-5-2 A / P-5-2 B	DIMENSIONES (milímetros)						
	A	B	C	D	E	F	G
600x600	600.0	10.0	10.0	10.0	90.0	195.0	122.8
	H	J	K	L	M	N	P
	59.1	149.1	40.3	42.6	190.1	68.8	9.0

DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS POSTES DE CONCRETO PARA SEÑALIZACION PREVENTIVA Y REGLAMENTARIA



SEÑALES REGLAMENTARIAS

ESC 1:20



R-30 VELOCIDAD MAXIMA

DIMENSIONES (milímetros)	R-30
	900x600
A	900.00
B	600.00
C	10.00
D	20.00
E	50.00
F	115.00
G	60.00
H	96.00
J	50.00
K	158.30
L	71.70
M	48.00
N	75.00
P	50.00
Q	100.00
R	228.00
S	246.10

R-30 VELOCIDAD MAXIMA

NOTA :

(**) LAS SEÑALES, SE UBICARAN EN CAMPO, DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO POR EL MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRANSITO AUTOMOTOR PARA CALLES Y CARRETERAS

ESPECIFICACIONES TECNICAS

SEÑALES PREVENTIVAS

1.- SERAN DE FORMA CUADRADA DE 600 x 600mm.
COLOR: FONDO Y BORDE AMARILLO CAMINERO, SIMBOLOS, LETRAS Y MARCO DE COLOR NEGRO.
2.- SE UBICARAN EN EL SENTIDO DEL TRANSITO APROXIMADAMENTE A 1200mm. COMO MINIMO AL BORDE DE LA CALZADA Y A 3000mm. COMO MAXIMO
3.- LOS POSTES Y/O SOPORTES SERAN DE CONCRETO ARMADO. DEBERAN SER PINTADOS DE FRANJAS HORIZONTALES BLANCOS CON NEGROS EN ANCHOS DE 500mm.

SEÑALES REGLAMENTARIAS

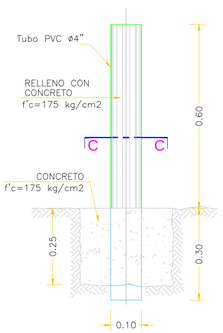
1.- SERAN DE FORMA RECTANGULAR COLOR BLANCO CON SIMBOLO Y MARCO NEGROS; EL CIRCULO DE COLOR ROJO.
2.- LAS DIMENSIONES DE LOS SIMBOLOS Y LETRAS ESTAN DE ACUERDO CON EL CUADRO DE DIMENSIONES.

OTRAS ESPECIFICACIONES

ACERO: VARILLAS ASTM A-615, GRADO 60', fy=4200 kg/cm2 (CIMENT.)
PLATINAS ASTM A-36, fy=3600 kg/cm2
TUBOS DE ACERO SCHEDULE 40 (GALVANIZADO)
SOLDADURA: ELECTRODO AWS-E-6011, ESPESOR MINIMO 3/16"
PINTURA: ESMALTE EPOXICO
ANTICORROSIVO EPOXICO

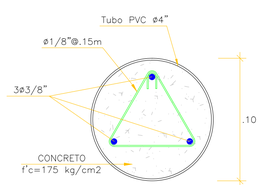
ESQUEMA DE PINTADO:

CAPA BASE	WASH PRIMER VINILICO	1 CAPA	0.5 mils
CAPA INTERMEDIO:	EPOXY	2 CAPA	3.0 mils
CAPA ACABADO:	POLIURETANO	1 CAPA	2.0 mils



POSTES DELINEADORES

ESC. 1:20

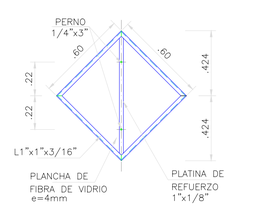


CORTE C-C

Esc. 1/5

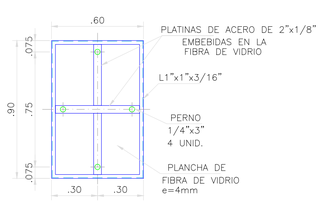
DIMENSIONES DE POSTES SEÑALES PREVENTIVAS Y REGLAMENTARIAS

ESC. 1:100



REFUERZO SEÑAL PREVENTIVA

ESC. 1:40



REFUERZO SEÑAL REGLAMENTARIAS

1:40

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO DEL CAMINO VECINAL A NIVEL DE AFIRMADO Y SUS OBRAS DE ARTE, PARA OPTIMIZAR LA TRANSITABILIDAD ENTRE LOS CASERIOS SINAI - CRUCE HUALANGO, DISTRITO DE CUMBA - UTCUBAMBA

PLANO: PLANO SEÑALIZACION

RESPONSABLES:
BACH. JULIO CESAR ROMERO CABANILLAS
BACH. ELVIS ROBERT RAMOS GUEVARA

UBICACION:
DIST. CUMBA
PROV. UTCUBAMBA
REG. AMAZONAS

PATROCINADOR : ING. OSCAR CUBAS DELGADO

DISEÑADO POR: J & R

FECHA: SEPTIEMBRE 2015

REVISADO POR:

DIBUJO CAD.: J & R

ESCALA: V: 1/ 100 H: 1/ 1000

LAMINA: SÑ-02