



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**Propuesta de diseño geométrico en planta de la carretera
Huayña-Yauyos progresiva km 2+300 a km 3+300 en el Centro
Poblado Yauyos, de la Provincia de Yauyos 2020.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. Hipolito Guerrero, Kenyi Felix (ORCID 0000-0003-2105-8052)

ASESOR:

Mg. Barrantes Mann, Luis Alfonso Juan (ORCID 0000-0002-2026-0411)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

**Construcción Sostenible
Diseño de infraestructura vial**

ATE – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios, por permitir llegar a esta etapa importante de esta hermosa carrera y guiar a diario mis pasos.

A mis padres por ser parte de mi progreso, que siempre me inculco buenos valores y enseñanzas de la vida.

A mis docentes que inculcaron buenos valores, conocimientos que fueron la base para iniciar con mis labores de la carrera profesional.

Agradecimiento

Agradecer en primer lugar al todo poderoso que día a día nos protege, nos guía a tener un mejor día y que nunca nos abandona ni en las buenas ni malas, agradezco también a mis padres, que fueron ellos los impulsores desde un inicio para poder iniciar estudiar esta hermosa carrera, que gracias a su apoyo incondicional hoy día puedo disfrutar en el desarrollo profesional.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	vi
Índice de gráficos.....	vii
RESUMEN.....	viii
Abstract.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	4
CAPITULO III: METODOLOGIA.....	16
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	16
3.2 Variables y operacionalización.....	17
3.3 Población, muestra y muestreo.....	17
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	17
3.5 Procedimientos:.....	18
3.6 Método de análisis de datos:.....	18
3.7 Aspectos éticos:.....	18
CAPITULO IV: RESULTADOS.....	19
4.1. Ubicación.....	21
4.1.1. Ubicación Política.....	21
4.1.2. Ubicación Geográfica.....	21
4.2. Localización del proyecto.....	22
4.3. Diagnostico de la situación Actual.....	22
4.4. Índice Medio Diario Anual.....	28
4.5. Clase de carretera.....	32
4.6. Diseño Geométrico en Planta.....	32
4.6.1. Velocidad Directriz.....	32
4.6.2. Ancho de Calzada.....	33
4.6.2. Pendiente Máxima:.....	33
4.6.3. Bermas.....	33

4.6.4. Ancho de Plataforma	33
4.6.4. Tipo de Superficie	33
4.6.5. Bombeos	33
4.6.6. Sobreancho en Curvas Horizontales.	34
4.6.7. Radios de Giros.	35
4.6.8. Peralte.	36
CAPITULO V: DISCUSIÓN	39
CAPITULO VI: CONCLUSIÓN.....	45
CAPITULO VI: RECOMENDACIÓN	46
REFERENCIAS.....	47
ANEXO	1

Índice de tablas

Tabla nº 1: Velocidad de Diseño KM/H de acuerdo a la deflexión máxima aceptable sin curva circular	12
Tabla nº 2: Longitudes de tramos en tangente	112
Tabla nº 3: Nomenclatura de los elementos de la curva circular	13
Tabla nº 4: Bombeos De La Calzada	36
Tabla nº 5: Radios Mínimos y Peraltes Máximos Para Diseño De Carreteras	36
.Tabla nº 6: Valores de peralte máximo.....	37

Índice de gráficos

Figura nº 1: Fases de un proyecto de inversion vial.....	13
Figura nº 2: Simbología de la curva circular	21
Figura nº 3: Ubicación del proyecto	23
Figura nº 4: Localización del proyecto.....	24
Figura nº 5: Componentes de plataforma.....	27
Figura nº 6: Plazoleta en planta	30
Figura nº 7: Plazoleta en corte.	31
Figura nº 8: Volumen de Tráfico Promedio Diario	31
Figura nº 9: Porcentaje del tráfico vehicular de acuerdo al tipo de vehículo	32
Figura nº 10: Cálculo del IMD.....	32
Figura nº 11: Clasificación Vehicular IMD	13
Figura nº 12: Variación Diaria de Vehículos.....	33
Figura nº 13: Vías de acceso	34
Figura nº 14: Simbología utilizada.....	37
Figura nº 15: Detalle Bombeo	39

RESUMEN

La siguiente investigación tiene como objetivo evaluar si el diseño geométrico en Planta del tramo indicado cumple con la norma técnica vigente. De acuerdo al Manual Diseño Geométrico de Carreteras G-18 (2018), se debe realizar una recopilación de la información de la situación actual de la obra vial seleccionada, clasificar la carretera de acuerdo a su demanda o por su orografía; registrar las características de la vía en la cual se detallará los elementos geométricos en planta y, por último, determinar si lo proyectado como el diseño geométrico en planta seleccionada cumple con los criterios técnicos normativos. La evaluación se desarrollará con la aplicación de una herramienta digital AutoCAD Civil 3D, integrado el sistema Vehicle Tracking, configurando con los datos recopilados en campo, para finalmente realizar un modelamiento en dicha herramienta digital obteniendo una evaluación vial si cumple o no con el diseño que manda las normativas. En consecuencia, en caso no cumpla los parámetros de normativa, se planteará una propuesta técnica mediante el uso del programa AutoCAD Civil 3D - Vehicle Tracking con el fin de simular los cálculos referentes para el diseño geométrico en planta acordes para el tramo vial analizado.

Vehicle Tracking: Un sistema, complemento del AutoCAD Civil 3d para realizar seguimiento de vehículos con datos ingresados en el mismo.

Diseño Geométrico: Es el diseño geométrico en planta, al alineamiento horizontal, que está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable.

Carreteras: según Cárdenas (2013), define la carretera como una infraestructura acondicionada, especialmente, para el transporte

Abstract

The objective of the following investigation is to evaluate whether the geometric design in the Plan of the indicated section complies with the current technical standard. According to the Geometric Design Manual of Roads G-18 (2018), a compilation of information on the current situation of the selected road work must be made, classify the road according to its demand or by its orography; record the characteristics of the road in which the geometric elements in plan will be detailed and, finally, determine if the projected as the geometric design in the selected plan meets the regulatory technical criteria. The evaluation will be developed with the application of an AutoCAD Civil 3D digital tool, integrated the Vehicle Tracking system, configuring with the data collected in the field, to finally carry out a modeling in said digital tool obtaining a road evaluation if it complies or not with the design that sends the regulations. Consequently, in case it does not comply with the regulatory parameters, a technical proposal will be made using the AutoCAD Civil 3D - Vehicle Tracking program in order to simulate the reference calculations for the geometric design on the ground according to the analyzed road section.

Vehicle Tracking: A system, complement to AutoCAD Civil 3d to track vehicles with data entered in it.

INTRODUCCIÓN

Los diferentes usuarios (conductores, pasajeros y peatones) del tránsito terrestre requieren para el desarrollo de sus actividades en general, de una adecuada infraestructura vial que les permita la transitabilidad eficaz y eficiente; en ese sentido una adecuada vía, diseñada apropiadamente contemplando entre otros factores de seguridad convenientes hará carreteras y pistas más seguras para el conjunto de usuarios que las requieran.

Una infraestructura vial que cuente con un diseño inadecuado aumenta la **probabilidad de los accidentes** de tránsito de la población usuaria que transitan en la vía determinada. Ello se puede patentizar, entre otros, en que la curvatura de diferente tramo en la vía no ha sido planteado como corresponde, incrementando el nivel de riesgo y/o peligro.

En consecuencia, se resalta la importancia que existe un adecuado diseño geométrico de una infraestructura de carretera, ya que, al no realizar un estudio adecuado sobre el tráfico participante, así como también otros factores o condicionantes que influyen en el mismo diseño, que como consecuencia puede traer accidentes, minimizando el nivel de comodidad y seguridad de los usuarios.

La **justificación del problema** se enmarca que en el tramo señalado presenta problemas en el tránsito pesado, debidamente comprobado por los diversos accidentes ocasionados en dicha zona, con pérdidas humanas y materiales, debido al poco radio de curvatura que presentan las curvas pertenecientes al tramo indicado.

De tal manera, que, con la propuesta de mejora, desarrollaré las curvas convenientes con sus radios apropiados, para permitir la transitabilidad con fluidez y seguridad, ambos fundamentales para beneficio de la población usuaria.

En efecto, surge la necesidad de realizar una evaluación del diseño geométrico en planta de la Carretera Huayña-Yauyos progresiva 2+300 a km 3+300 km del

Centro Poblado Yauyos, de la provincia de Yauyos 2020, posterior a ello formular una propuesta de mejora de los proyectos de vías como en el caso presente Huayña-Yauyos progresiva km 2+300 a km 3+300 en el centro poblado Yauyos, de la provincia de Yauyos 2020.

Esta vía revierte un carácter de importancia nacional, toda vez que por su ubicación geográfica se ha vuelto una vía estratégica de carácter alternativa a la carretera central; vía nacional por la cual transcurre todo el tránsito entre la capital de la república y la sierra central y sus alrededores por ser la principal vía de penetración a la sierra y selva de nuestro país. Cabe mencionar que la es prioridad contar con una vía alternativa a la carretera central con el propósito de no interrumpir la transitabilidad entre Lima y las diferentes partes del centro del país, por problemas de interrupción que se producen en la carretera central en distintas épocas del año a raíz de precipitaciones, tanto de huaycos secos como de huaycos húmedos, que producen interrupción de la vía. Identificando de esta manera el siguiente **problema general**: ¿Cómo el nuevo diseño geométrico en planta de los radios de curvatura del tramo indicado asegurará la transitabilidad adecuada y segura de la población usuaria?

Es pertinente señalar, que identificamos a la población usuaria, al referirnos a los peatones, así como también, a los pobladores itinerantes (conductores y pasajeros) que utilizan la vía para trasladarse de la costa a la sierra o viceversa, por ser una vía alternativa a la carretera central.

Dicha interrogante, es la base para la configuración de un **objetivo principal** para la siguiente investigación: “Proponer una mejora del Diseño Geométrico en planta de la carretera Huayña-Yauyos progresiva KM 2+300 a KM 3+300 en el centro poblado Yauyos, de la provincia de Yauyos 2020”.

A partir de ahí, surgen los siguientes **objetivos específicos**: “Proponer un diseño vial adecuado y conveniente para el tránsito pesado que utilizará el tramo en estudio considerando que es una alternativa conveniente al flujo de tránsito de la carretera central, que por su vulnerabilidad se ve cerrada recurrentemente por la ocurrencia de huaycos secos y huaycos húmedos”; además también se formula el segundo objetivo “Diseñar las curvas circulares simples y compuestas

apropiadas para el flujo de tránsito pesado en la vía señalada”. Así mismo, como tercer objetivo es “lograr construir una plataforma vial apropiada y segura para el flujo vehicular pesado que se espera pasara por esta vía alterna, sin que se interrumpa el tránsito entre Lima y el centro del país”.

Para el presente año, el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, específicamente, Provías Nacional, ha concebido 15 proyectos de inversión en la cual 2 proyectos consiste en mejoramiento de la carretera en Zúñiga – DV. Yauyos – Ronchas (Provincia de Cañete) y el corredor vial 13 Cañete - Lunahuana – Dv. Yauyos – Ronchas – Chupaca – Huancayo – DV. Pampas (343,9 km.). El primer proyecto busca el óptimo nivel de competitividad de la vía para brindar mayor seguridad, optimice el tiempo de viaje y los costos de transporte de los usuarios que transitan por la Carretera Zúñiga - Dv. Yauyos - Ronchas.

En consecuencia, la evaluación sobre el estudio de dicho tramo; es un proyecto de inversión para el mejoramiento y mantenimiento de la misma en la cual debe convertirse en un modelo a seguir para cumplir con lo establecido en la normativa técnica. Además, los beneficiarios están conformados por los habitantes cuya actividad es la agricultura, agropecuaria, principalmente agricultura, tienen una economía de subsistencia sin mayores márgenes de capitalización y requieren de vías aptas para el desarrollo socioeconómico.

La **hipótesis general** de la presente tesis es: El diseño geométrico en planta de la carretera Huayña – Yauyos del tramo indicado del centro poblado Yauyos, de la provincia de Yauyos, según el diseño propuesto asegura la transitabilidad de vehículos pesados por la indicada vía.

En tanto, las **hipótesis específicas** del presente proyecto son: “La propuesta de diseño vial cumple con la normatividad vigente”.

“El tramo indicado cuenta con adecuado diseño de las curvas circulares simples y compuestas apropiadas para el flujo de tránsito pesado en la vía señalada”. Con la construcción del tramo señalado, según la propuesta de diseño vial asegura el flujo normal de vehículos ligeros y pesados.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

Como antecedentes **Internacionales** de la investigación se tiene en el desarrollo diferentes autores, como es uno de ellos, Llopis (2017), realizó una investigación titulada: “Desarrollo de una metodología para el diseño y mejora de carreteras convencionales a partir del análisis de la seguridad vial mediante modelos de consistencia” con el fin de desarrollar dos nuevas propuestas de consistencia del diseño geométrico de carreteras convencionales, uno local y otro global, basados en la definición básica de consistencia. Mediante el análisis y verificación de conocimiento sobre el rubro de seguridad en vías, también diseño del mismo y tramificación; llega a la conclusión de que el cálculo sobre las operaciones inerciales ofrece un mejor resultado que sólo considerar la longitud de un tramo. Además, con dicho cálculo va a resultar cuantificar eficientemente las expectativas de los conductores mediante un promedio. Finalmente, el periodo de tiempo estimado que es con finalidad de determinar las perspectivas de los itinerantes (conductores) debe ser de 15 segundos. Lo mencionado, permite el adelanto y verificación de la variante de velocidad de operaciones inercial. Por su parte, se establecen como tres criterios de umbrales de consistencia: buena (menor a 2,75 km/h), aceptable (entre 2,75 km/h a 4,5 km/h) y pobre (superior a 4,5 km/h). Dichos criterios están caracterizados por la tasa de crecimiento o reporte de victimas en zonas de trochas carrozables homogéneo. Por último, para establecer un modelo local se debe considerar el los índices (ICI), que se identifica por la variación de velocidad (V_i) y también la de operación, dejando una conclusión de que mientras las diferencias sean superiores habrá más incremento de accidentes, es decir es directamente proporcional. Por su parte, se establecen como tres criterios de umbrales de consistencia: buena (igual que 5 km/h), aceptable (entre 5 km/h a 12,5 km/h) y pobre (superior a 12,5 km/h). El intervalo que enlaza al porcentaje de siniestro, la segunda disminuye a la medida en la medida que el riesgo incrementa.

Para el mismo año, Cabezas (2017), realizó una investigación titulada: “Funciones de software comercial en Colombia para el diseño geométrico de vías terrestres en la formación académica de la ingeniería civil” en la cual tuvo como objetivo la identificación de múltiples eventos que realiza los software en el país vecino de Colombia en relación a diseño viales, para determinar la prioridad de

incorporar los cursos dentro de las mallas curriculares en las instituciones relacionados a la Ingeniería Civil. Los softwares permiten facilitar el trabajo con respecto a cálculos geométricos y explicaciones en los proyectos viales. Asimismo, permite elevar la eficiencia del profesional en el manejo de recursos tecnológicos para obtener diseños más precisos y seguros con anticipación a una obra vial. Finalmente, incorporar las capacitaciones de manejo en las formaciones de profesionales de la Ingeniería convierte al futuro ingeniero a ser más competitivo en el ámbito laboral.

Por último, Rodríguez (2018), realizó una investigación titulada: “Diseño Geométrico, Altimétrico de la vía para la UNESUM desde el Auditorio Ing. Clemente Vásquez Hasta El Tanque La Mona Abscisa (0+000 - 1+120)” en la cual busca desarrollar un estudio de la vía alterna para la vía mencionado. Para establecer las características geométricas y topográficas fue mediante un software de ubicación satelital. Por su parte, para la realización diseño geométrico de la vía se llevó a cabo mediante un software de diseño vial para los cálculos de las curvas. Por último, para demostrar las pendientes del diseño geométrico se detallaron datos como las pendientes, curvas de nivel, cortes y relleno y volúmenes. Posterior a los resultados obtenidos, se concluyó que las características geotécnicas y topográficas de la zona donde se ubica la vía son adecuadas para implementar la obra planteada. Por su parte, los materiales indicados para dicha obra son adecuados. Finalmente, las especificaciones técnicas de la vía alterna desde el auditorio Clemente Vásquez hasta el Tanque La Mona son óptimos.

Como antecedentes **nacionales** de la investigación se tiene en el desarrollo diferentes autores, como es uno de ellos, Faustino (2017), realizó una investigación titulada: “Diseño De La Carretera Entre El Sector Shañuque Y Uchupampa, Distrito De Pampas-Provincia De Pallasca departamento de Ancash” busca definir los datos geométricos del proyecto en mención. Por ello, realizó un levantamiento topográfico y evaluó las características físicas y químicas a través de un estudio de suelos. A su vez, evaluó las fuentes de agua, realizó un diseño geométrico de acuerdo a la norma y, por último, realizó un estudio ambiental para concluir con un presupuesto para el proyecto. Se hace hincapié que para la formulación de la geometría de vía se efectuó un trazado a

fin de definir la viabilidad, considerando varios factores como socio económico y medio ambiental. Posterior a lo registrado, concluyó que, de acuerdo a lo establecido en la norma, la topografía identificada estaba en una clasificación accidentada por los % de pendiente en las secciones transversales. Por su parte, se describe como una carretera de tercera clase en la cual tiene un ancho de 6.00 m y berma de 0.50m, con pendiente de bombeo en calzada 3%, 30km/h fue el establecido como Vel. de diseño, radios de curvatura de 25m y pendiente en zonas as criticas llegan hasta un 10%, es decir, son características propias para una zona rural. Con respecto al tema ambiental, por un lado, brindará empleo a personal técnico y personal de la zona y, por otro, puede ocurrir movimientos de tierras generando el abandono del proyecto.

En el mismo año, Torrez (2017), realizó una investigación titulada: “Diseño De La Carretera Tunaspampa – El Chito – El Chileno – Cantera La Colorada, Distrito De Ninabamba, Provincia De Santa Cruz, Departamento De Cajamarca, 2017” busca encontrar un resultado sustentado del (IMDA) que tiene la vía en estudio. Por ello, realizó el estudio de tráfico; llegando a identificarse el periodo más transitado durante la semana, consecuentemente llegar analizar los factores de tráfico en la vía de estudio. Posterior al levantamiento topográfico, se efectuó trabajo en gabinete para diseñar geoméricamente como en planta, perfil y sección transversal de la vía guiado por la norma establecida en el Manual de carreteras diseño geométrico DG – 2018. Se concluyó que, los resultados obtenidos se observaron datos geoméricos como radios de hasta 15m, pendiente longitudinal hasta 12%, ancho de calzada de 7m. Además, se realizó estudios de suelos, estudio de canteras, estudios hidrológicos y un diseño de micro pavimento asfáltico de e=1” cm, conformado por una base de 15 cm y la capa inferior de subbase con e=25 cm para realizar un presupuesto del proyecto para cotizar los materiales necesarios para llevar a cabo dicha obra. A su vez, se realizó una programación de obra proyectada para 19 meses para construir la carretera mencionada.

Asimismo, Ruíz (2018), realizó una investigación titulada: “Diseño geométrico del camino vecinal Buenos Aires – sector gobernador (00+000 km- 05+037.71 km), en el distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, Región San Martín” busca realizar un cálculo geométrico en dicho camino vecinal para permitir un

transporte rápido y seguro de los productos de la zona y minimizar el costo actual de distribución. Por tal razón, realizó estudios topográficos para el diseño del tramo propuesto. Luego, calculó el índice y el tipo de tráfico en dicho tramo y, por último, calculó el diseño geométrico de curvas en gabinete. Posterior a los resultados obtenidos, podemos decir que se concluye que se movilizan un promedio de 64 vehículos por día entre los cuales 79.69% son vehículos ligeros y un 20.31% son vehículos pesados. Por su parte, en el tramo en su totalidad, se deben realizar trabajos de mejoramiento de sub rasante con el material granular existente en la plataforma ya que se observa irregularidades del mismo basado en el estudio topográfico. Asimismo, para lograr seguridad, comodidad y estética necesarios para que el diseño geométrico obtenga niveles de vida útil se deben realizar dichas mejoras.

Por último, Ramírez & Villanueva (2018), realizó una investigación titulada: “Evaluación del diseño geométrico del ovalo de tortugas ubicado en el km 396 de la Panamericana Norte – Propuesta de Mejora – Casma – 2018” en la cual busca evaluar datos geométricos de la rotonda de tortugas que se encuentra en el km 396 de la pista Panamericana Norte. Posterior a los resultados obtenidos, indicó que lo observado comparan con lo establecido por la entidad competente siendo el MTC, en base que se obtuvo un 4% hacia afuera de la vía, por su parte, la norma precisa que debe tener de 6% como dato máximo hacia adentro de la vía. Sin embargo, propone un nuevo diseño de pavimento.

Carreteras según Cárdenas (2013), define la carretera como una infraestructura acondicionada, especialmente, para el transporte. La misma tiene forma de una faja que ha sido denominada como “derecho de vía” con el fin de permitir la circulación de vehículos de forma continua en el tiempo y espacio.(p. 1).

Además, Según Cárdenas (2013), las **carreteras se clasifican** según su función, según el tipo de terreno, según su competencia y según sus características. Las carreteras según su función se dividen en tres tipos. Primera, las vías primarias, es aquel que conectan a las zonas de producción y de consumo de un país. Son vías troncales, transversales y de acceso principal. Su característica clave es que siempre están pavimentadas. Segunda, las vías de segundo orden, se definen que se ubican en las municipales o localidades y se conectan con una carretera primaria. Este tipo de carreteras pueden estar

pavimentadas o simplemente en afirmado. Por último, las vías de tercera clase se describe como las vías municipales y enlaza diversas vías del mismo orden. Las mismas funcionan en afirmado (p. 3).

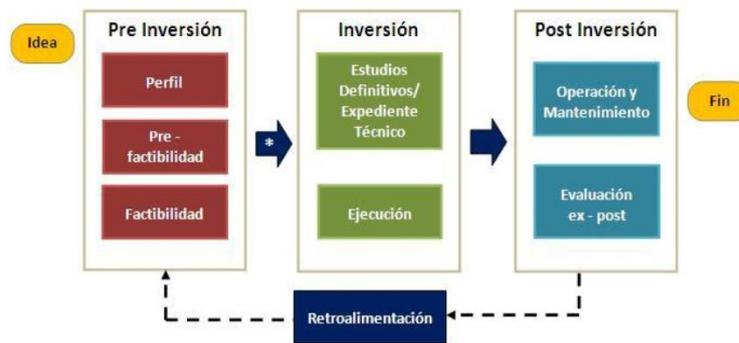
Por su parte, las carreteras según el tipo de terreno se dividen en cuatro tipos. Primera, las carreteras en terreno plano se combinan con alineamientos horizontal y vertical en la cual circulan vehículos ligeros y pesados en la misma velocidad. Sus pendientes longitudinales son normalmente menores a 3% y no requieren movimientos de tierra considerable para la construcción. Segunda, las carreteras en terreno ondulado se combinan con alineamientos horizontal y vertical en la cual circulan vehículos pesados con menor nivel de velocidad que los vehículos ligeros. La pendiente comprende dentro de un 3% al 6%. Tercera, las vías en superficie montañoso se combinan con alineamientos horizontal y vertical que obliga al vehículo pesado a una velocidad sostenible en pendiente en duración frecuente. La misma requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción. Por último, las carreteras en terreno escarpado, a diferencia del terreno montañoso, los vehículos pesados deben conducirse a menor velocidad sostenido en pendiente y a intervalos frecuentes. Las pendientes son superiores al 8% y como consecuencia se tendrá una mayor inversión por el mayor incremento de explanación en las fases de trazado (p. 4).

No obstante, de acuerdo a lo establecido en la norma descrita en el Manual Diseño Geométrico de Carreteras, define las vías según la demanda y en función de orografía, es decir, depende del terreno en la cual se realizará el trazado. Cuando se habla de las carreteras según la demanda se dividen en: primero, las autopistas de primera clase con el paso de aproximadamente 6000 vehículos por día y de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 metros. Además, cuentan con carriles de 3.60 metros de ancho como mínimo y es pavimentada. Segundo, las autopistas de segunda clase se caracterizan por el paso de 4001 a 6000 vehículos por día y de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 metros hasta 1.00 metros y pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. Mayormente son pavimentadas. Tercero, las carreteras de primera clase se caracterizan por el paso de 2001 a 4000 vehículos por día y poseen puentes peatonales. También suele ser pavimentadas. Cuarto, las carreteras de

segunda clase circulan entre 400 a 2000 vehículos por día con una calzada de dos carriles de 3.30 metros de ancho como mínimo. Dichas carreteras son pavimentadas. Quinto, las carreteras de tercera clase son aquellas en donde circulan aproximadamente 400 vehículos al día y con calzada de dos carriles de 3.00 metros de ancho como mínimo. Suele aplicarse un micro pavimento o en afirmado. Por último, las trochas carrozables son aquellas vías transitables y no superan los 200 vehículos por día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 metros, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce con unos 500 metros. Las mismas pueden ser afirmada o no.

Las fases de un proyecto de vía según Cárdenas, (2013), expone que, para los proyectos de carreteras primarias, ocurren fases o etapas para la ejecución del mismo. La primera etapa se denominada “prefactibilidad” en la cual se realiza el primer diseño y se recurren a proyectos similares para comparar presupuestos y establecer la evaluación económica. Paralelamente, se establecen los beneficios que ofrecerá dicho proyecto. Por tal razón, los indicadores claves para determinar la viabilidad económica puede ser calculada a través de la relación Beneficio/Costo o la Tasa Interna de Retorno. Si en ninguno de los cálculos arroja una evaluación económica satisfactoria; se debe afinar detalles sobre lo propuesto o simplemente se archiva como modelo de ejemplo para las próximas propuestas (p. 15). Luego, se inicia la etapa denominada “factibilidad” en la cual se debe establecer los criterios mediante la norma técnica específica para comprobar su cumplimiento de acuerdo a las especificaciones geométricas tanto del perfil longitudinal, las secciones transversales y de la obra completa. A partir de ahí, se decide continuar o no con la propuesta. La rentabilidad más los criterios técnicos establecidos definidos, se prosigue a la siguiente etapa. Paralelamente, suelen emplear algún tipo de software con el concepto tridimensional de la vía propuesta. La tercera etapa denominada “Diseños definitivos” se elaboran los diseños precisos tanto geométrico como de la obra en su totalidad para materializar dicho proyecto (p. 16,17).

Figura n° 1: Fases de un proyecto de inversión vial



Fuente: MEF

Diseño Geométrico según Cárdenas, (2013), expone que la geometría es el proceso clave que relaciona los elementos físicos y las características de la operación vehicular calculado mediante las matemáticas, la física y la geometría. En consecuencia, una carretera geoméricamente óptima está definida por el trazado de su eje en planta, en perfil y su sección transversal (p. 1).

Por otro lado, **Diseño geométrico en Planta** según Cárdenas (2013), define el diseño geométrico en planta o también denominado “alineamiento horizontal” como la proyección horizontal de su eje real o espacial de una carretera. El mismo está dividido en partes alineados clasificado como “tangentes” (p. 37).

Asimismo, el Manual de Carreteras G-18 (2018) describe la constitución de un diseño geométrico. El mismo se conforma por alineaciones de curvas y sus grados con el fin de establecer la fluidez obstruida de los vehículos ya que así configura un evento disminuido al recorrer de alineamientos rectos a curvas o contrarios (p. 125).

Cabe destacar que, el tipo de relieve del terreno determinará los componentes geométricos, teniendo en cuenta además la distancia de visibilidad que es un factor primordial en el diseño que los valores máximos y mínimos se encuentran normado. Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazo conforma la combinación de radios geométricos y tangentes no extensas (p. 134).

Tabla nº 1: *Velocidad de Diseño KM/H de acuerdo a la deflexión máxima aceptable sin curva circular*

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2° 30'
40	2° 15'
50	1° 50'
60	1° 30'
70	1° 20'
80	1° 10'

Fuente: **Manual de Carreteras G-18 (2018).**

Por su parte, para ángulos de deflexión pequeño, las curvas deberán ser lo adecuadamente largas para evitar una mala apariencia. Las curvas deberán tener una longitud mínima de 150 metros para un ángulo central de 5° y la longitud mínima deberá aumentarse 30 metros por cada grado de disminución del ángulo central. La longitud mínima para curvas horizontales en carreteras principales $L_c \text{ min}$, es decir, deberá ser del orden de tres veces mayor que la velocidad de diseño expresado en km/h, es decir $L_c \text{ min} = 3V$ (p. 126).

En infraestructuras para alta velocidad y de acceso controlado que cuentan con curvatura abierta, por razones estéticas, la longitud mínima adecuada para curvas deberá ser del orden del doble de la longitud mínima de $L_c \text{ rec} = 6V$. Es recomendable no diseñar longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros. Por otro lado, no es recomendable realizar curvas compuestas siempre cuando entre si existe un tramo en tangente. Por ello, los valores geometricos sucesivas en sentidos opuestos, dadas de radios de transición, deberán tener sus extremos separados en distancias disminuidas (p. 126).

Con respecto a los tramos en tangente, de acuerdo a los parámetros referidos longitudes mínimas y máximas que va en relación a la velocidad de diseño, se resume de una manera como se aprecia a continuación:

Tabla nº 2: Longitud de tramos en tangente

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: Manual de Carreteras G-18 (2018).

La distancia con valor mínima (m) destinado con trazados en "S" es un vector recto entre alineamientos. Por su parte, la longitud mínima (m) para el resto de casos es un alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido (L mín.o). Por último, la longitud deseable es la longitud máxima (L máx) (p. 136).

Las **Curvas Simples** según Cárdenas, (2013), se describe que las curvas horizontales circulares simples se clasifica como aquellas curvas conformado por un único radio que enlaza tangentes consecutivas. En tal modo, las circunferencias no son precisamente circulares. Dicha curva se expresa su radio en R o por su grado G (es el valor del ángulo central subtendido por un arco o cuerda, generalmente entre 5 a 20 metros, definido como arco unidad s o cuerda de unidad c). Cabe destacar que, matemática y geoméricamente, a mayor curvatura menor radio y a menor curvatura mayor radio. Lo mencionado, se expresa de la siguiente manera:

$$Curvatura = \frac{1}{R}$$

La conformación de la **curva circular** de acuerdo al DG (2018), son los siguientes:

Tabla nº 3: *Nomenclatura de los elementos de la curva circular*

Nomenclatura	Definición
P.C.	Punto de inicio de la curva
P.I.	Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas
P.T.	Punto de tangencia
E	Distancia a externa (m)
M	Distancia de la ordenada media (m)
R	Longitud del radio de la curva (m)
T	Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)
L	Longitud de la curva (m)
L.C.	Longitud de la cuerda (m)
Δ	Ángulo de deflexión (°)
ρ	Peralte (%)
Sa	Sobreechancho (m)

Fuente: Manual de Carreteras G-18 (2018).

Lo mencionado, se expresa gráficamente de la siguiente manera:

Figura nº 2: Simbología de la curva circular

Sin embargo, existen casos excepcionales en la cual se pueden emplear curvas compuestas de tres centros definida como “policéntrica” se debe considerar lo siguiente:

- Una de las curvas debe considerar un radio no mayor a 1.5 de la otra.
- La transición de peralte debe existir una armonía entre los valores del peralte y el sobre ancho.
- Cada circunferencia geométrica debe tener la longitud que garantice permitir una variación de velocidad adecuada (p. 160).

El sobre ancho se puede definir como un área adicional a la vía en ciertos tramos requeridos, que son requeridos para un adecuado y garantizar la seguridad del tránsito, permitiendo así desarrollar los neumáticos correctamente en función a su velocidad. Este sobre ancho principalmente son requeridos en las curvas ya que por la fuerza centrípeta los vehículos tienen una reacción de ampliar su recorrido, como tal están contemplados en el DG 2018, lo cual su cálculo se define con la siguiente formula y será calculado del mismo modo:

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

- Sa : Sobreancho (m)
- N : Numero de Carriles
- Rc : Radio de curvatura circular (m)
- L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
- V : Velocidad de diseño (Km/h)

Peralte de transición

En la evaluación de la vía 2+300 – 3+300 Km, tramo 2+740 Km, utilizando la herramienta digital Vehicle Tracking se evidencia un desfase del ancho de la plataforma con el recorrido del vehículo de 3 ejes, basándose en datos recopilados en campo, cabe mencionar que el tramo indicado no cumple con la normativa vigente de acuerdo al diseño requerido.

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Generalidades:

De acuerdo al Manual de Carreteras G-18 (2018), se debe realizar lo siguiente:

1. Se recopiló la información de la situación actual de la obra vial seleccionada.
2. Se clasificó la carretera de acuerdo a su demanda o por su orografía.
3. Se registró las características de la vía en la cual se detallará los elementos geométricos en planta:
 - a. Las curvas horizontales
 - b. Peralte (%)
 - c. Longitud de transición
 - d. Radio Máximo
 - e. Radio Mínimo
4. Se determinó que lo proyectado como el diseño geométrico en planta seleccionada no cumple con los criterios técnicos normativos y se proponer una solución a la mejora.

Tipo de investigación:

Asimismo, es una investigación de tipo “Aplicada” en la cual pretende responder un problema específico para responder una necesidad particular. Asimismo, tiene un nivel descriptivo para detallar los procesos involucrados en el fenómeno a estudiar.

El desarrollo que contempla de la presente investigación es de tipo no experimental transversal descriptivo, lo que constará de recopilar información en campo y aplicar con datos obtenidos.

3.2 Variables y operacionalización

La variable que cuenta el estudio es: Diseño geométrico en planta, siendo una variable dependiente en la categoría de cuantitativa.

- **Definición conceptual:** El diseño geométrico en planta (DG-2018) define al diseño geométrico en planta, al alineamiento horizontal, que está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable.
- **Definición operacional:** Se encarga de establecer las características geométricas de una vía, de modo que garantice la comodidad y la seguridad vehicular y peatonal.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población:

Se seleccionó es el km de estudio, correspondiente al tramo comprendido 2+300 a km 3+300 de la carretera Huayña-Yauyos, en el Centro Poblado Yauyos, de la Provincia de Yauyos 2020.

- **Criterios de inclusión:** Curvas simples y compuestas
- **Criterios de exclusión:** Tramos tangentes

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Se empleó la metodología de observación y análisis documental en la cual se describirá la situación actual de la obra vial seleccionada. Posteriormente, se clasificó la misma de acuerdo a su demanda o por su orografía. Luego, se registrarán cada uno de los elementos que configuran el diseño geométrico en planta. Finalmente, se determinó con el apoyo de una herramienta digital Vehicle tracking que en dicha obra vial existe tramos con deficiencia y se propone un diseño geométrico en el tramo indicado de la vía.

Realizamos varias inspecciones oculares con el propósito de tomar un diagnóstico veraz de la zona en estudio de la carretera señalada, identificando de esta manera, los problemas que se presenta en el tránsito de la vía, tales

como radios de curvatura no apropiados para el tráfico pesado que utiliza la vía en mención.

Se utilizó herramientas de ingeniería tales como: GPS, estación total, prismas, jalones, trípode, wincha metálica; para el trabajo de campo, lo cual permitió realizar un levantamiento topográfico que ha permitido identificar tanto el problema como dar base a la posible solución.

3.5 Procedimientos:

Se empleó un análisis descriptivo en la cual los datos recolectados del proyecto vial llevado a cabo en el km 2+300 a km 3+300 de la carretera Huayña-Yauyos, en el Centro Poblado Yauyos, de la Provincia de Yauyos 2020 serán procesados en Excel. Seguidamente, la simulación del diseño y se realizará con el software AutoCAD Civil 3D incorporado el sistema Vehicle Tracking.

3.6 Método de análisis de datos:

Se recopiló información, para luego emplear los cálculos requeridos con fórmulas y consideraciones del diseño geométrico de carreteras, posterior se desarrolló un recorrido vehicular con la herramienta digital Civil 3D, incorporado la extensión Vehicle Tracking, obteniendo resultados tanto positivos y negativos en el diseño empleado en la vía seleccionada para el estudio, es así que finalmente se identificó los puntos críticos de diseño que requiere una mejora, proponiendo un diseño adecuado cumpliendo la normativa vigente.

3.7 Aspectos éticos:

Como investigador garantizo la veracidad de los datos y de los resultados para dicho estudio planteado. Asimismo, el proyecto es autoría propia, innovadora, citaré correctamente la información de autores y licencias de programas a utilizar, todo ello llevado a cabo en el km 2+300 a km 3+300 de la carretera Huayña-Yauyos, en el Centro Poblado Yauyos, de la Provincia de Yauyos 2020.

CAPITULO IV: RESULTADOS

Para la evaluación del diseño geométrico de la 2+300 km de carretera afirmada desde Hayña a Yauyos del centro poblado de la provincia de Yauyos se registró lo siguiente:

A) Clasificación de carretera:

a. Índice Medio Diario Anual

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLERS				TOTAL	PORC. %	
			PICK UP	PANEL	RURAL (Combi)		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
LUNES																						
MARTES																						
MIERCOLES																						
JUEVES																						
VIERNES																						
SABADO																						
DOMINGO																						
TOTAL																						
IMD																						
%																						

b. Clasificación por Demanda:

Definición	Revisión
Autopista de 1era Clase	No corresponde
Autopista de 2da Clase	No corresponde
Carretera de 1era Clase	No corresponde
Carretera de 2da Clase	No corresponde
Carretera de 3era Clase	No corresponde
Trochas Carrozables	Si corresponde

c. Clasificación por Orografía:

Definición	Revisión
Terreno plano (tipo 1)	No corresponde
Terreno ondulado (tipo 2)	No corresponde
Terreno accidentado (tipo 3)	Si corresponde
Terreno escarpado (tipo 4)	No corresponde

B) Clasificación del Proyecto vial:

Tipo de Proyecto	Revisión
Proyecto de nuevo trazo	No corresponde
Proyecto de mejoramiento puntual de trazo	Si corresponde
Proyectos de mejoramientos de trazos	No corresponde

C) Registro del tráfico

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																						
	E																					
	S																					
	E																					
	S																					
	E																					
	S																					
	E																					
	S																					

FORMATO A UTILIZAR

D) Características Generales de la vía:

Peralte de la Vía	
Sobreechancho	
Pendiente	
Superficie de rodadura-calzada	
Ancho de Berma	
Bombeo	
Velocidad Directriz (Km/hr)	
Radio mínimo de curva	
Radio mínimo excepcional	
Ancho de Plataforma	

FORMATO A UTILIZAR

4.1. Ubicación

La zona de ubicación de intervención para el estudio de la carretera vecinal entre el Sector Huayña - Yauyos, encontrándose en el distrito de Yauyos, Provincia de Yauyos - Lima, su recorrido contempla un solo tramo correspondiente es de 10+480.00 km y empieza en el sector denominado Huayña – llegando al distrito de Yauyos, provincia Yauyos. En resumen, en la totalidad del tramo desde el sector Huayña - provincia de Yauyos.

4.1.1. Ubicación Política

- Lugar: Huayña - Yauyos.
- Distrito: Yauyos.
- Provincia: Yauyos.
- Departamento: Lima.

4.1.2. Ubicación Geográfica

Figura n° 3: Ubicación del proyecto

HUAYÑA

Norte : 8622725.62
Este : 404398.29
Altitud : 2475 m.s.n.m.

YAUYOS

Norte : 8622598.90
Este : 400435.19
Altitud : 2890 m.s.n.m.



4.2. Localización del proyecto

La referida labor de la carretera vecinal Huayña y el Distrito de Yauyos, se encuentra en la región de Lima, Provincia de Yauyos - Yauyos (Ver Figura n°4).

Figura n° 4: Localización del proyecto



Región: Lima

Departamento: Lima

Provincia: Yauyos

Distrito: Yauyos

Lugar: Huayña - Yauyos.

Zona: Rural

Región Natural: Sierra

Altitud: 2885 m.s.n.m.





La longitud total de la carretera vecinal comprende desde el sector denominado Huayña hasta el distrito de Yauyos todo el tramo sigue una longitud progresiva, con una longitud acumulada de diseño de 10 + 480.00 Km, la ubicación geográfica de los puntos de inicio y final son los siguientes respectivamente; coordenadas UTM; el inicio en Huayña con coordenadas Norte: 8622787, Este: 404411.26, Altitud: 2523 m.s.n.m.; y final en Distrito de Yauyos con coordenadas: Norte: 8622716, Este: 399816, Altitud: 3032 m.s.n.m.

En relación a las coordenadas geográficas; el inicio en Huayña con coordenadas Latitud: 12°27'24"S, Longitud: 75°52'52"O, Altitud: 2523 m.s.n.m.; y final en Distrito de Yauyos con coordenadas Latitud: 12°27'25"S, Longitud: 75°55'18"O, Altitud: 3032 m.s.n.m.

La zona de intervención comprende desde el sector Huayña, Yauyos, Provincia de Yauyos - Lima.

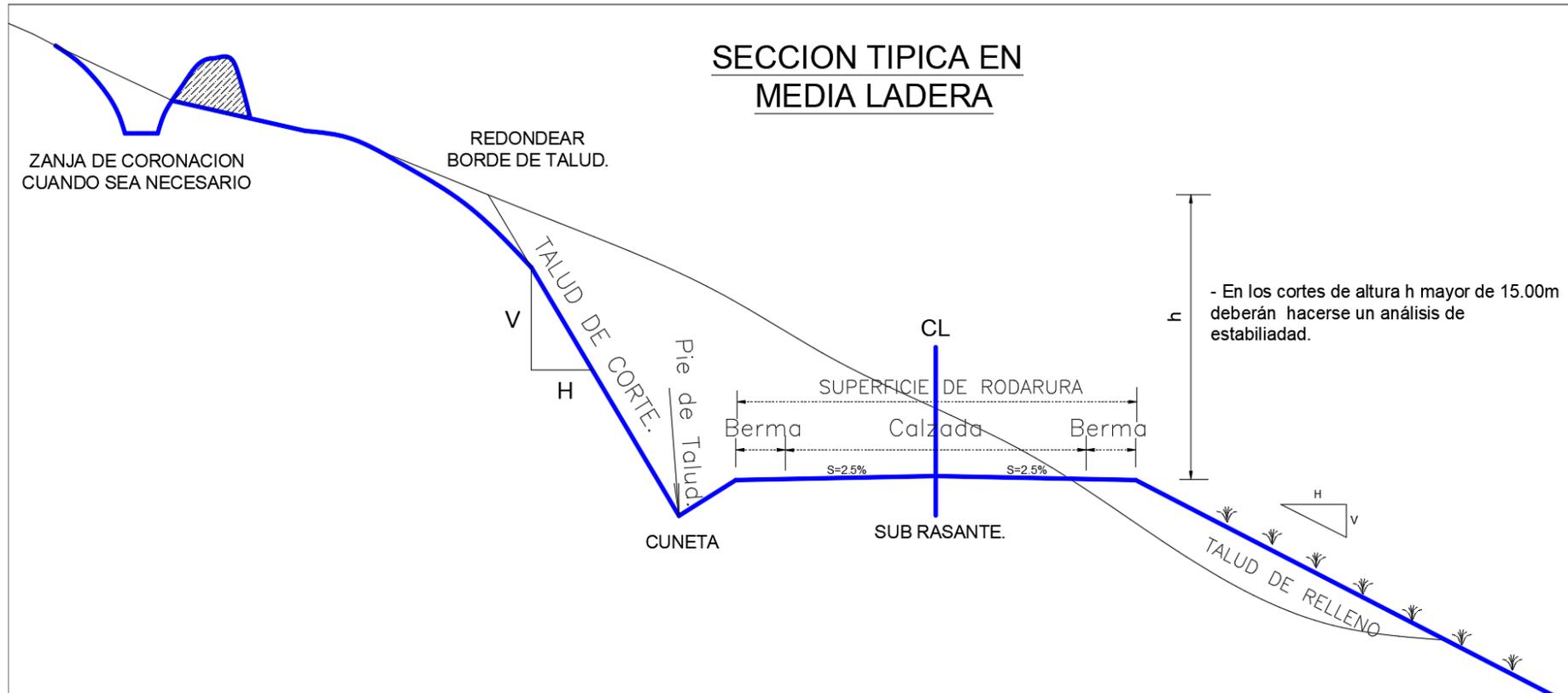
4.3. Diagnóstico de la situación actual

El mejoramiento de la carretera vecinal en el sector de Huayña y el distrito de Yauyos, Provincia de Yauyos, Departamento de Lima, actualmente existe la carretera vecinal en su totalidad de regular estado de transitabilidad, pero de

difícil acceso y transcurre por terrenos de topografía accidentada, agreste y ondulada. Su apertura se realizó sin los criterios mínimos de diseño en la mayoría de puntos de la longitud existente, dentro de las cuales podemos puntualizar los siguientes:

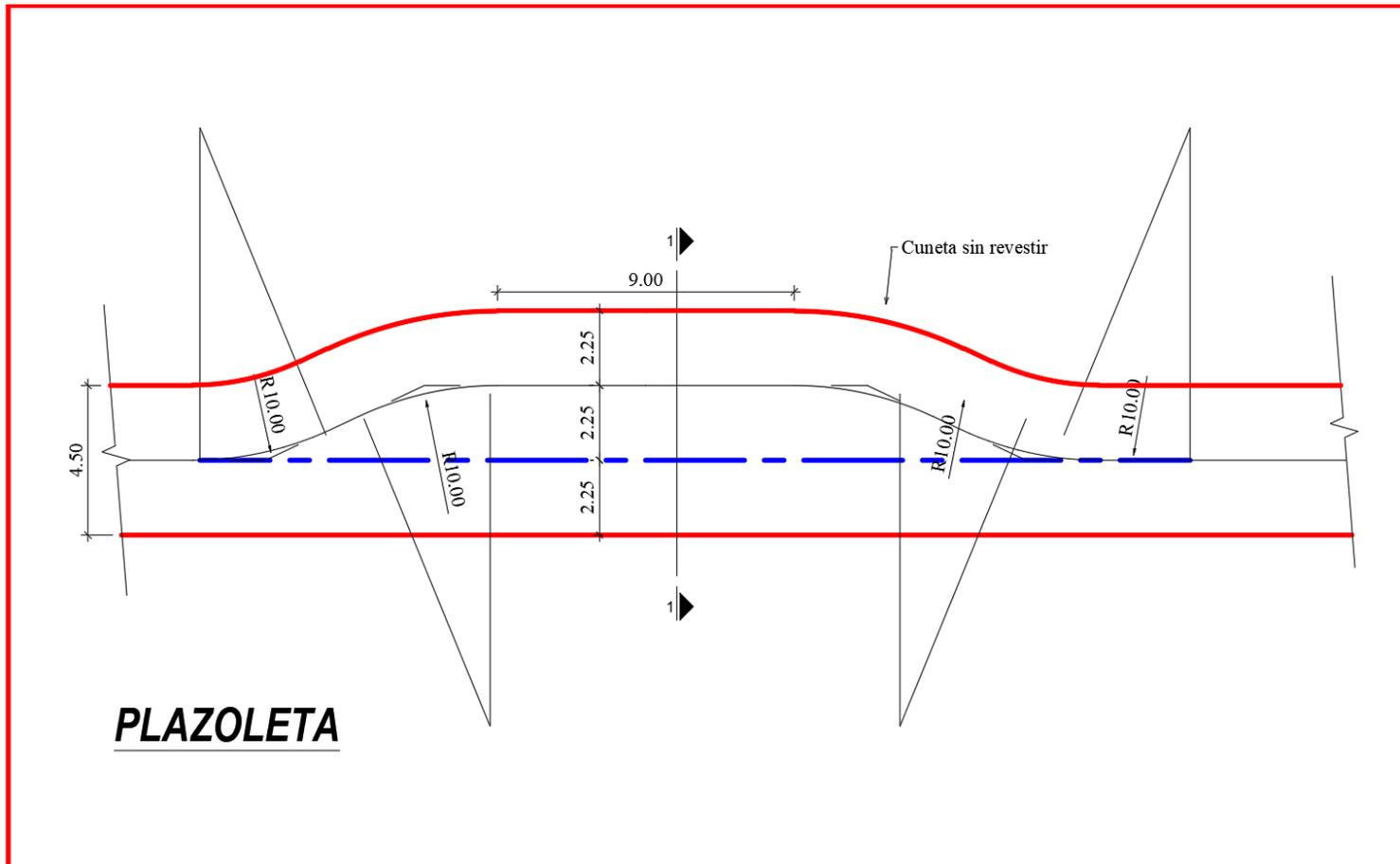
- Plataforma mínima de transitabilidad 4.00 m.
- Inexistencia de bermas para el tránsito humano y pecuario.
- Radios excesivamente mínimos encontrándose hasta de 8.00 m en curvas de volteo o desarrollo.
- Inexistencia de plazoletas, que corresponde según su clasificación.
- Inexistencia de cunetas en la mayor longitud del tramo, así como de desfogues hacia las avenidas naturales de riachuelos.

Figura nº 5: Componentes de plataforma



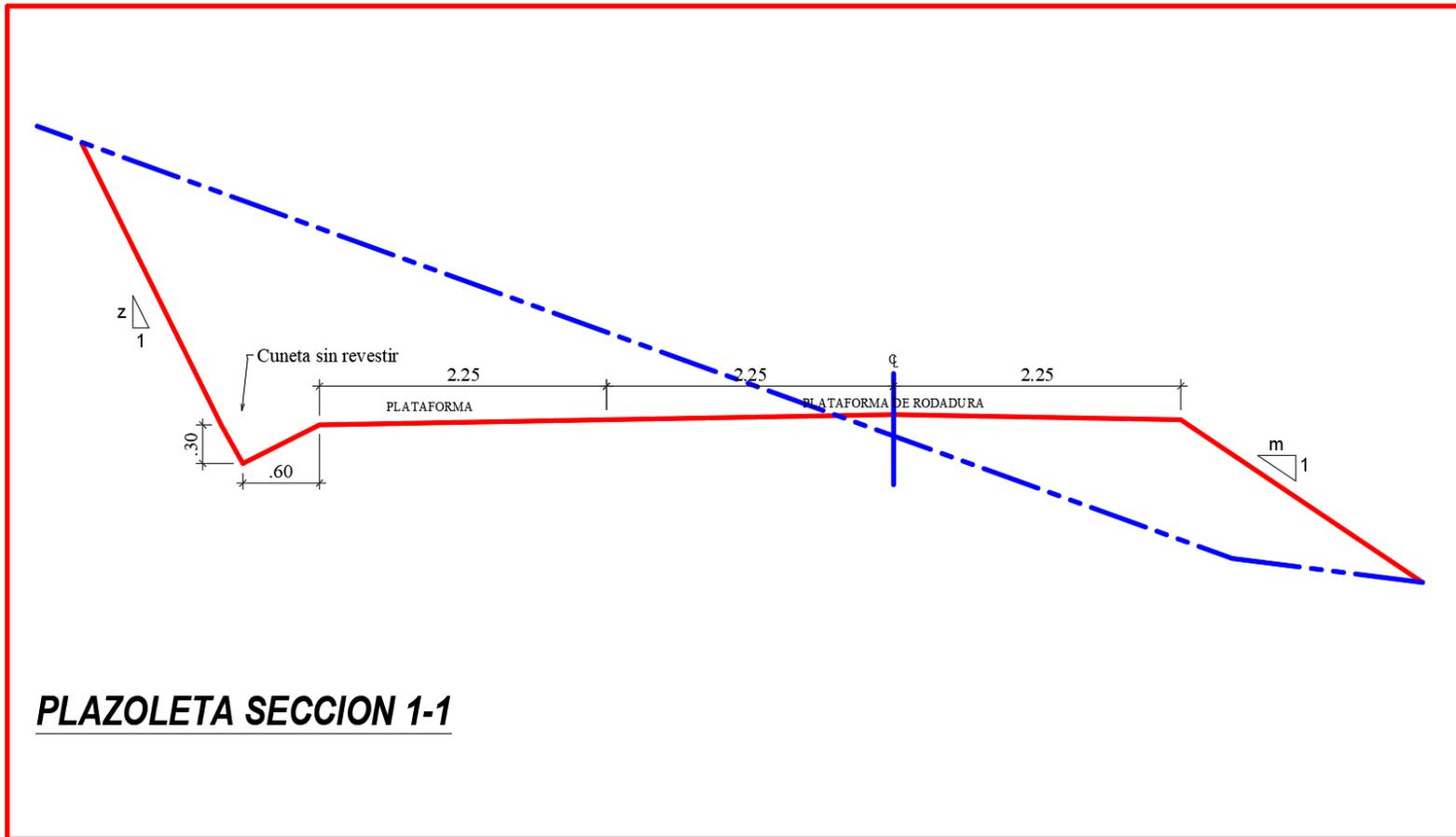
Fuente: Elaboración propia

Figura nº 6: Plazoleta en planta



Fuente: Elaboración propia

Figura nº 7: Plazoleta en corte



Fuente: Elaboración propia

4.4. Índice Medio Diario Anual

El estudio de tráfico, se observó lo siguiente:

Figura nº 8: Volumen de Tráfico Promedio Diario

HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMITRAYLER				TRAYLERS				TOTAL	PORC. %
			PICK UP	PANEL	RURAL (Combi)		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
LUNES	6	4	2	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	10.74
MARTES	7	4	1	0	3	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	12.75
MIERCOLES	7	3	3	1	3	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	14.77
JUEVES	4	4	2	1	0	5	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	14.09
VIERNES	6	7	2	0	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	14.77
SABADO	6	5	2	0	4	2	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	16.78
DOMINGO	8	7	2	1	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	16.11
TOTAL	44	34	14	3	17	10	3	0	18	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149	100.00
IMD	6	5	2	0	2	1	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	
%	29.53	22.82	9.40	2.01	11.41	6.71	2.01	0.00	12.08	4.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	

Fuente: Elaboración Propia.

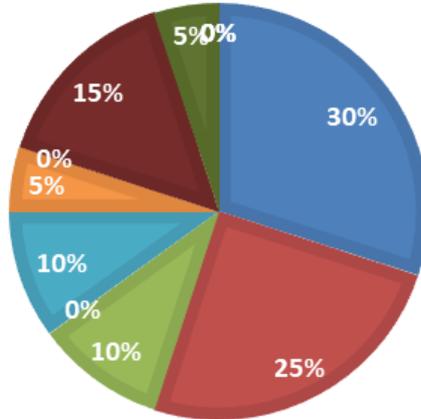
El tráfico vehicular se caracteriza por el paso de autos en un 30% seguido de Station Wagon con un 25%. En segundo lugar, con un 15% representa el paso vehicular de Camión 2E. En tercer lugar, con un 10% representa el paso vehicular por Camioneta Pick Up; las llamadas “Combi”. Por último, con un 5% representa el paso vehicular de Camión 3E y el Micro (Ver Figura nº 8).

Figura nº 9: Porcentaje del tráfico vehicular de acuerdo al tipo de vehículo

Tipo de Vehículos	IMD	Distrib.
		%
Autos	6	30.0%
Station Wagon	5	25.0%
Camioneta Pick Up	2	10.0%
Panel	0	0.0%
Rural (Combi)	2	10.0%
Micro	1	5.0%
Omnibus 2E y 3E	0	0.0%
Camión 2E	3	15.0%
Camión 3E	1	5.0%
Camión 4E	0	0.0%
Semi trayler	0	0.0%
Trayler	0	0.0%
TOTAL IMD	20	100.0%

Fuente: Elaboración Propia.

- Autos
- Station Wagon
- Camioneta Pick Up
- Panel
- Rural (Combi)
- Micro
- Omnibus 2E y 3E
- Camión 2E
- Camión 3E
- Camión 4E
- Semi trayler
- Trayler



Fuente: Elaboración Propia.

Por su parte, se realizó el cálculo de IMD en la cual indicó que la frecuencia de vehículos ligeros es de 1.00 y de vehículos pesados es de 0.87 al día. Finalmente, el IMD es de 19 Veh/Día y se estima que el IMD anual es de 7 veh/año (Ver figura nº 10).

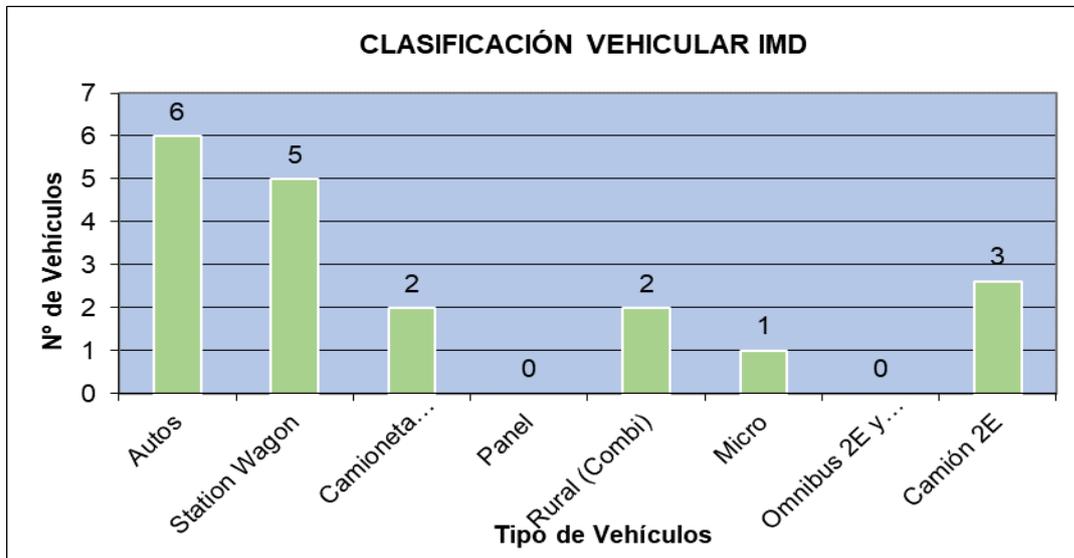
Figura nº 10: Cálculo del IMD

CALCULO DEL IMD Resumen de Metodologia	
$IMD = \frac{VS}{7}$	
VS = Volumen Promedio Semanal	
Fc Veh. Ligeros =	1.00000
Fc Veh. Pesados =	0.87306
IMD =	19 Vehiculos por dia 7,115 V. x año

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de la clasificación vehicular en el IMD, se estima que el mayor número de vehículos que circulan son autos seguido del tipo Station Wagon (Ver figura nº11).

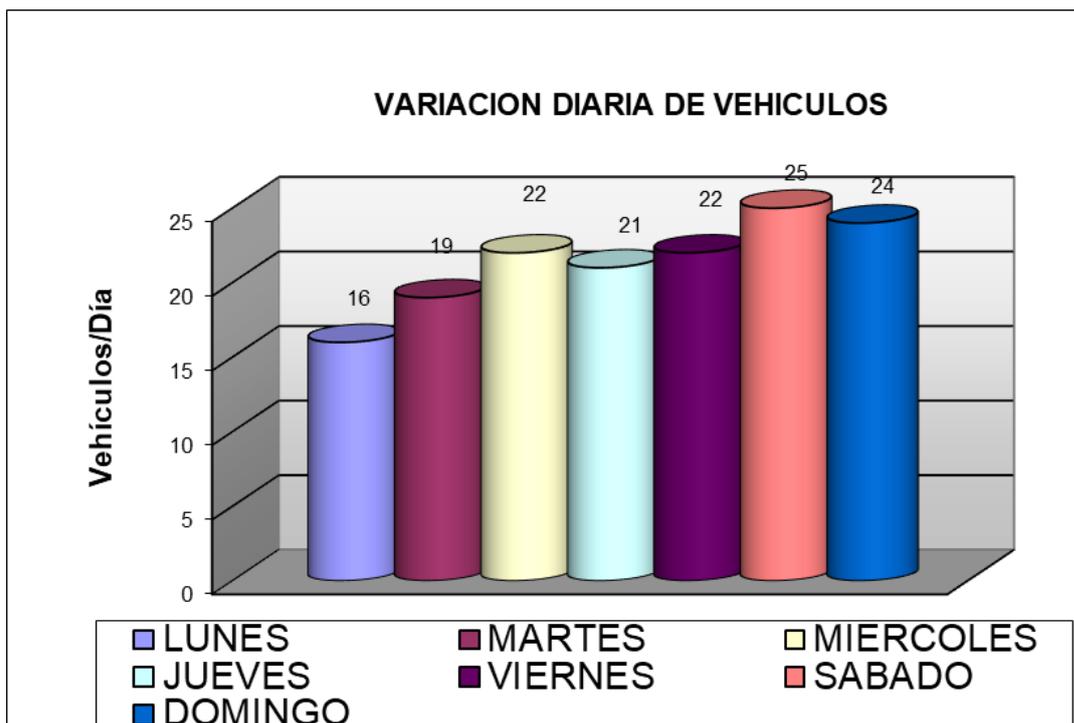
Figura nº 11: Clasificación Vehicular IMD.



Fuente: Elaboración Propia.

Por último, se aprecia que la variación diaria de vehículos aumenta los días sábados y domingos. En cambio, los días lunes disminuye el paso de vehículos (Ver figura nº 12).

Figura nº12: Variación Diaria de Vehículos



Fuente: Elaboración Propia.

4.5. Clase de carretera

En el análisis se concluyó que lo observado se clasifica una trocha carrozable en la cual que, tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Además, por su tipo de orografía, se observó que pertenece a un Terreno Escarpado (tipo 4) (Ver Figura nº 9).

Figura nº 13: Vías de acceso

RUTAS	TRAMO	DISTANCIA KM)	TIPO
NACIONAL	Lima – Cañete – Magdalena – Huayña – Yauyos	288+000	ASFALTADO
NACIONAL	Huancayo – Huayña	147+000	ASFALTADO
DISTRITAL	Huayña – Yauyos	10+480	TROCHA

Fuente: Elaboración Propia.

4.6. Diseño Geométrico en Planta

Para la evaluación del diseño de la 10+480 km de carretera afirmada desde Hayña a Yauyos del centro poblado de la provincia de Yauyos se resume lo siguiente de acuerdo a la DG-2018:

4.6.1. Velocidad Directriz

La velocidad directriz será la máxima que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada del camino, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño. Dentro del presente Proyecto y diseño, las características geométricas (radio mínimo de las curvas horizontales y verticales, distancias de visibilidad de parada y de sobrepaso, etc.) están relacionadas con la velocidad directriz.

La selección de la velocidad directriz está influenciada directamente por el relieve del terreno, tipo de la carretera a construirse, volúmenes y tipo de tránsito que se espera y de consideraciones de orden económico. Determinándose para este Proyecto la Velocidad Directriz de 20 km/hr.

4.6.2. Ancho de Calzada.

Para la evaluación de la vía en estudio se determinó un ancho de la calzada de 4.00 m. en toda la longitud del proyecto.

4.6.2. Pendiente Máxima:

Para la evaluación de la Carretera en Estudio se determinó una pendiente máxima de 10% en toda la longitud del proyecto.

4.6.3. Bermas.

Se considera la construcción de berma de 0.50 m. en ambos extremos de la calzada.

4.6.4. Ancho de Plataforma

Para la construcción se determinó un ancho de plataforma de 5.00 m. en toda la longitud del proyecto, ello en virtud a qué velocidad directriz nos condiciona a ese ancho.

4.6.4. Tipo de Superficie

La superficie de la vía seleccionada es de tipo afirmado.

4.6.5. Bombeos

En las direcciones longitudinales de la vía se deberá de contar con pendientes ortogonal a la vía con pendientes que se debe cumplir según parámetros establecidos en la norma, ello cumple el objetivo de eliminar las aguas provenientes de diferentes eventualidades de la vía, a zonas extremas de calzada como cunetas o talud.

La Tabla nº 4 resalta esos valores.

Tabla nº 4: *Bombeos De La Calzada*

Tipo de Superf.	Bombeo (%)	
	Precipit.: < 500 mm/año	Precipit.> 500 mm/año
Pavimento Asfáltico y/o concreto	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	2,5 (*)	2,5 – 3,0
Afirmado	3,0 – 3,5 (*)	3,0 – 4,0

(*) Nota: En climas definitivamente desérticos se pueden rebajar los bombeos hasta un valor límite de 2%. En el presente proyecto se considerará un bombeo de 2 %

Fuente: DG-2018 (pág. 195)

4.6.6. Sobreechanco en Curvas Horizontales.

La calzada en las curvas horizontales tiene un sobreechanco para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes.

En las curvas, el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos, asimismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril.

Para el cálculo del sobre ancho se utilizará la fórmula:

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

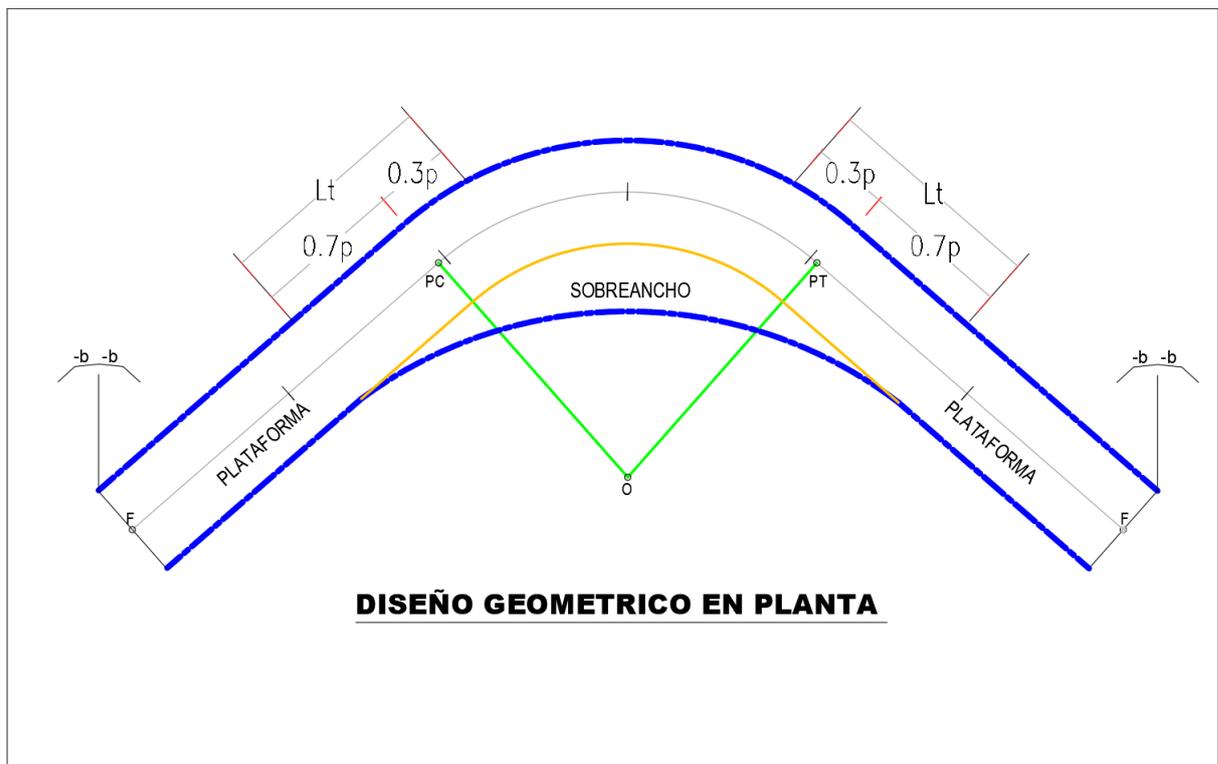
- Sa : Sobreancho (m)
- N : Numero de Carriles
- Rc : Radio de curvatura circular (m)
- L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
- V : Velocidad de diseño (Km/h)

4.6.7. Radios de Giros.

4.6.7.1. Radios Mínicos Absolutos

Los radios mínimos que se usarán en las diferentes carreteras serán función de la Velocidad Directriz y del Peralte, de acuerdo a los valores que se indican en la tabla nº 6.

Figura nº 14: Simbología utilizada



Fuente: elaboración propia.

Tabla nº 5: *Radios Para Diseño De Carreteras*

Velocidad directriz (Km/h)	P máx%	Valor Límite de fricción fmax.	Calculado Radio Mínimo (m).	Redondeo Radio Mínimo (m)
20	4,00	0.18	14.99	15
30	4,00	0.17	33.70	35
40	4,00	0.17	60.00	60
50	4,00	0.16	98.40	100
60	4,00	0.15	149.10	150
70	4,00	0.14	214.20	215
80	4,00	0.14	279.80	280

Fuente: elaboración propia.

En el proyecto se utilizará un Radio Min. de 10.00 m. y un radio Mín de 10.00 m.

4.6.8. Peralte.

Con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas.

Los valores máximos del peralte, son controlados por algunos factores: Condiciones climáticas, orografía, zona (rural o urbana) y frecuencia de vehículos pesados de bajo movimiento, en términos generales se utilizarán como valores máximos los siguientes:

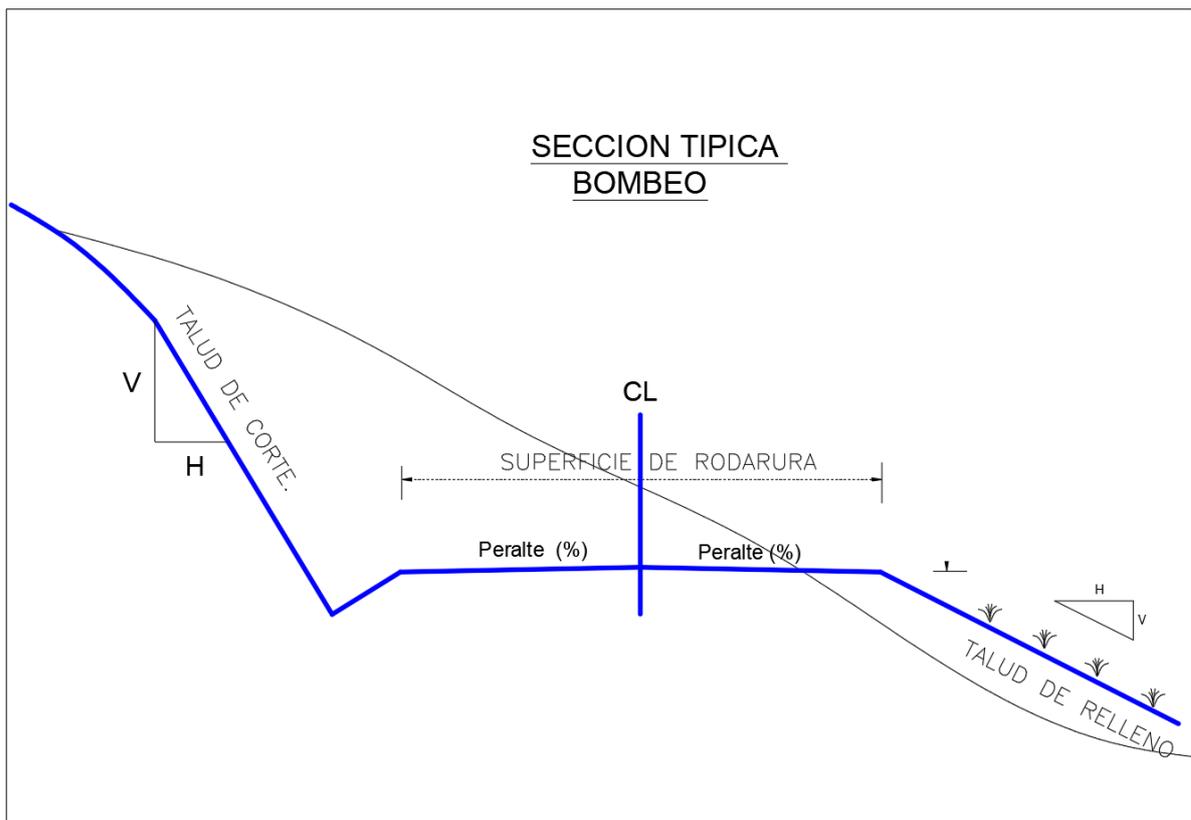
Tabla nº 6: Valores de peralte máximo

	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Cruce de Áreas Urbanas	6,0 %	4,0 %
Zona rural (Tipo 1, 2 ó 3) *	8,0 %	6,0 %
Zona rural (Tipo 3 ó 4)	12,0 %	8,0 %
Zona rural con peligro de hielo	8,0 %	6,0 %

(*) Nota: El tipo corresponde a la clasificación vial según condiciones orográficas

Fuente: elaboración propia.

Figura nº15: Detalle Bombeo



Fuente: elaboración propia.

El proyecto se consideró el peralte mínimo de 2.5%.

Verificando el plano en planta se desarrolla el cálculo para verificar el Radio de curvatura y sobreebanco que requiere según su geometría en planta la vía seleccionada, elaborando una hoja de cálculo, así obteniendo los siguientes resultados.

CALCULO DE SOBREENCHOS

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

- Sa : Sobreebanco (m)
- n : Número de carriles
- R : Radio (m)
- L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
- V : Velocidad de Diseño (Kph)

Datos de entrada	en curvas	en curvas de volteo
Número de carriles :	1.00	1.00
Longitud :	10.55 m	7.00
Velocidad de diseño :	20.00 Km/hora	15.00

OBSERVACIONES	PI	PI (Km)	Radio	Sobre ancho de diseño	Radio de Curvatura
	1	02+373.630	40	1.00	
	2	02+374.230	30	2.00	
	3	02+504.850	20	3.00	
	4	02+536.180	30	2.00	
	5	02+585.120	25	2.00	
	6	02+611.010	25	2.00	
	7	02+630.760	24	2.00	
	8	02+677.310	30	2.00	
curva-volteo	9	02+729.160	15	4.00	No cumple
	10	02+755.280	30	2.00	
	11	02+843.850	30	2.00	
	12	02+885.040	30	2.00	
	13	02+917.450	15	4.00	No cumple
	14	02+950.370	15	4.00	No cumple
	15	02+971.450	15	4.00	No cumple
	16	03+009.370	30	2.00	
	17	03+054.330	20	3.00	
	18	03+087.940	25	2.00	
	19	03+147.850	60	1.00	

CAPITULO V: DISCUSIÓN

En la evaluación del tramo de estudio se verificó que existen 19 curvas, entre simples y compuestas, para la correcta evaluación se empleó el programa Civil 3D, incorporado la herramienta digital Vehicle Tracking, en todas ellas encontrando algunas y diferentes deficiencias de diseño, para ello se elaboró una hoja de cálculo en excel, como se verificó en el cuadro anterior.

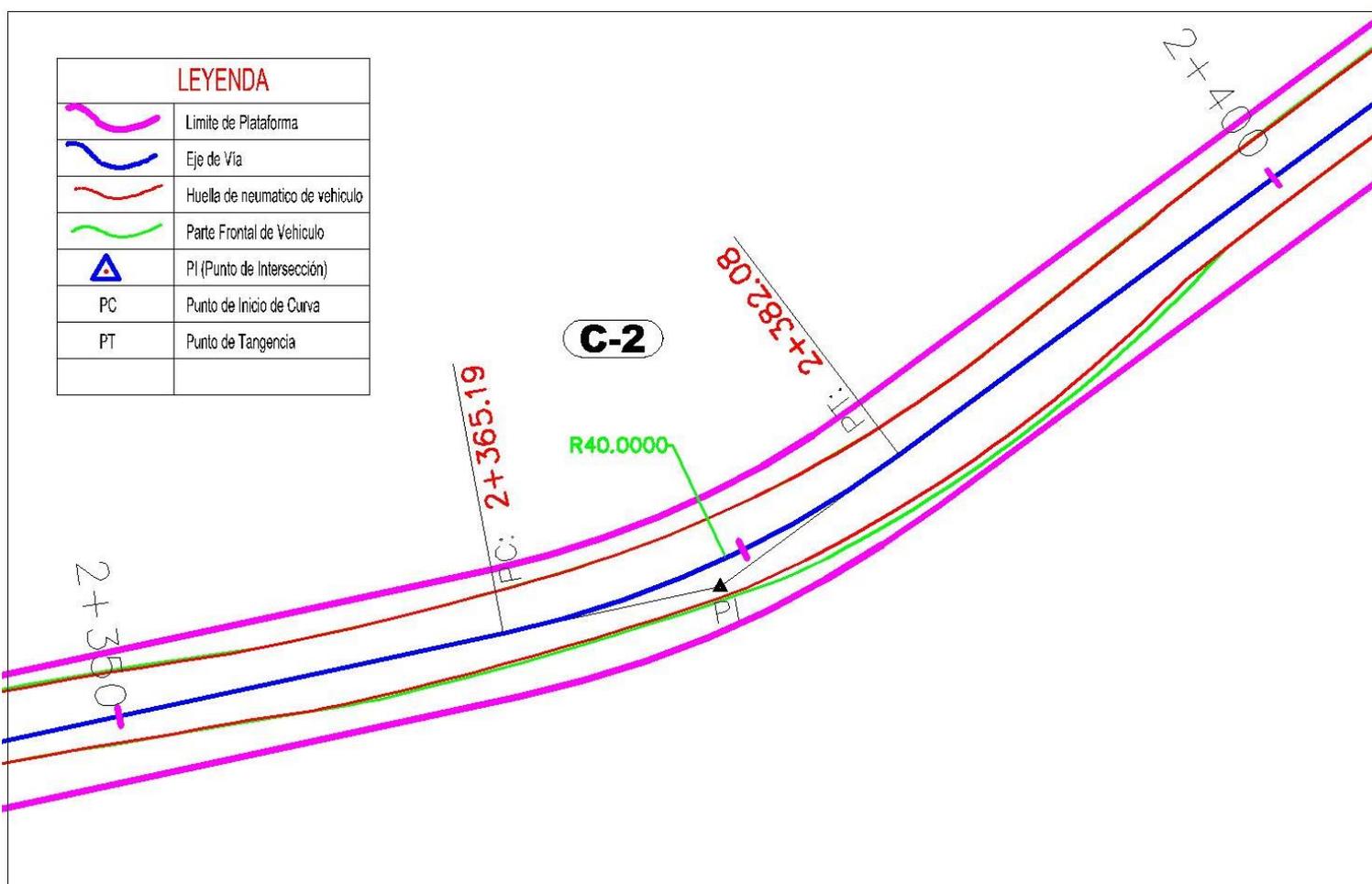
Una de las grandes deficiencias encontradas como se aprecia es el radio de giro y también que las curvas no cuentan con sobreeanchos calculados ni ejecutados; para ello se empleó radios mínimos en donde no se cumple y cálculo de sobreeanchos en todo el tramo de estudio, para ello fue necesario calcular la longitud mínima de transición para el desarrollo de los sobreeanchos, así efectivamente obtener un tránsito fluido y continuo de la vía.

PI	PI (Km)	Radio	Pf	Pf (%)	Observación
1	02+373.630	40	0.09	9%	
2	02+374.230	30	0.07	7%	
3	02+504.850	20	0.01	1%	
4	02+536.180	30	0.07	7%	
5	02+585.120	25	0.04	4%	
6	02+611.010	24	0.04	4%	
7	02+630.760	20	0.01	1%	
8	02+677.310	30	0.07	7%	
9	02+729.160	15	0.04	4%	R. Reformulado
10	02+755.280	30	0.07	7%	
11	02+843.850	30	0.07	7%	
12	02+885.040	30	0.07	7%	
13	02+917.450	15	0.04	4%	R. Reformulado
14	02+950.370	15	0.04	4%	R. Reformulado
15	02+971.450	15	0.04	4%	R. Reformulado
16	03+009.370	30	0.07	7%	
17	03+054.330	20	0.01	1%	
18	03+087.940	25	0.04	4%	
19	03+147.850	60	0.12	12%	

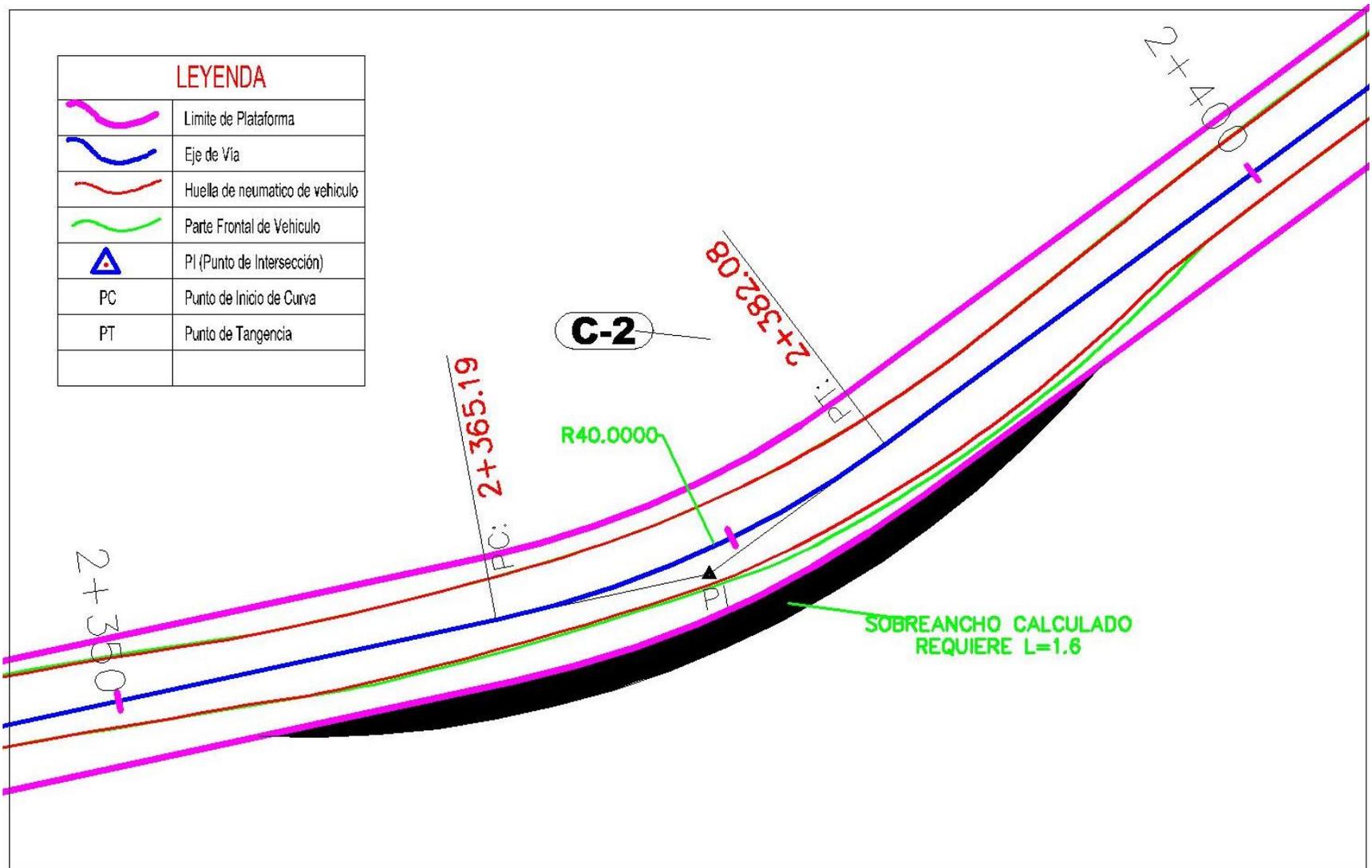
Una vez calculado y reformulado los radios de curvatura y sobreesanchos, se requiere calcular la longitud de transición, para incorporar la longitud de transición en los sobreesanchos, según como indica la normativa.

PI	PI (Km)	Radio	Pf (%)	Lmin	Observación
1	02+373.630	40	7%	11.25	
2	02+374.230	30	7%	10.00	
3	02+504.850	20	1%	3.12	
4	02+536.180	30	7%	10.00	
5	02+585.120	25	4%	4.75	
6	02+611.010	24	4%	3.44	
7	02+630.760	20	1%	3.12	
8	02+677.310	30	7%	10.00	
9	02+729.160	15	4%	3.74	R. Reformulado
10	02+755.280	30	7%	10.00	
11	02+843.850	30	7%	10.00	
12	02+885.040	30	7%	10.00	
13	02+917.450	15	4%	3.74	R. Reformulado
14	02+950.370	15	4%	3.74	R. Reformulado
15	02+971.450	15	4%	3.74	R. Reformulado
16	03+009.370	30	7%	10.00	
17	03+054.330	20	1%	3.12	
18	03+087.940	25	4%	4.75	
19	03+147.850	60	7%	11.25	

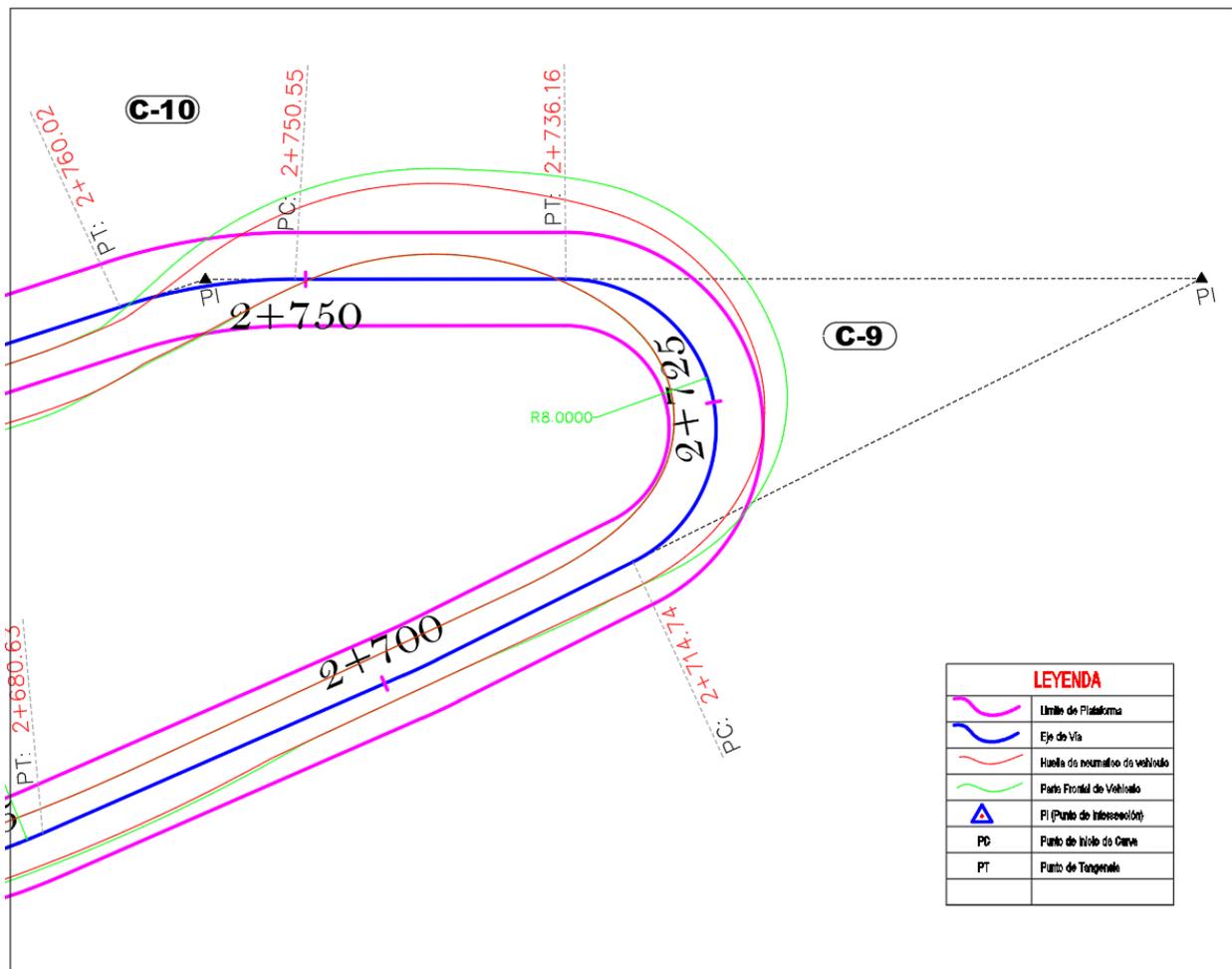
De los cálculos obtenidos se puede decir lo siguiente, en el tramo con PC 2+365.19 – PT 2+382.08, existe una curva simple, cuenta con un radio de curvatura 40.00m, analizando con el radio de curvatura mínima según el diseño geométrico de carretera, cumple con lo requerido, sin embargo se aprecia que no cuenta con un sobreesancho de diseño, siendo esto un problema principal que vulnera el tránsito de vehículos pesados, además se realizó el recorrido con el vehículo de diseño con el aplicativo vehicle Tracking y se aprecia que la holgura se disminuye por falta de sobre ancho, en la siguiente imagen se aprecia lo redactado.



Como propuesta de diseño en el tramo indicado se plantea calcular el sobrancho para incrementar la holgura y disminuir riesgos en el tránsito de vehículos pesados, como se muestra en la siguiente imagen.

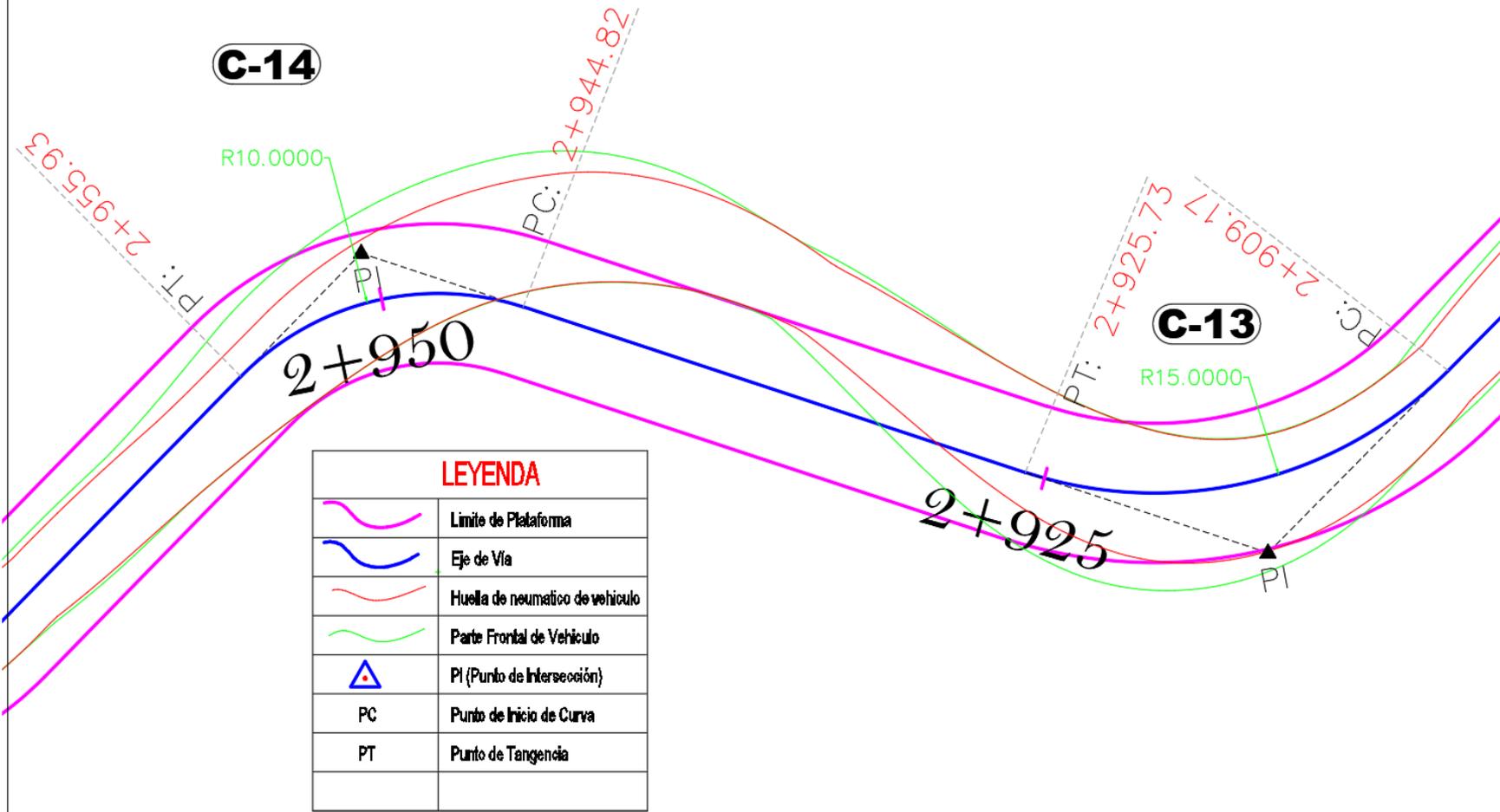


En la progresiva 2+714.74 siendo PC y 2+736.16 siendo PT, existe una curvatura, lo cual se realizó una verificación de radio de curvatura siendo este 8m, no cumpliendo con el radio mínimo de diseño, además en el análisis 3D con la extensión Vehicle Tracking se realizó un modelado surgiendo un desfase en la huella de los neumáticos del vehículo de diseño, como se aprecia en la imagen.



En la progresiva 2+909.17 -2+925.73 Km y 2+944.82 – 2+955.93 km, existen 2 curvas simples, formando una curva compuesta, siendo esto una curva con deficiencias, no cumpliendo el radio mínimo, no cuenta con el sobreebanco requerido, siendo necesario la reformulación de las curvas, implementación de sobreebanco, con los datos obtenidos en la hoja de cálculo adjunto.

PROGRESIVA 2+909 - 2+955 KM



CAPITULO VI: CONCLUSIÓN

La vía seleccionada cuenta con 19 curvas, siendo ello las mismas deficiencias que no cumplen con el diseño geométrico en planta del DG-2018, es así que se requiere, mejorar la vía con los datos obtenidos, como se muestra en la siguiente tabla.

CALCULOS GEOMETRICOS QUE DEBEN CUMPLIR LA VÍA

OBSERVACIONES	PI	PI (Km)	Radio	Sobre ancho de diseño
	1	02+373.630	40	1.00
	2	02+374.230	30	2.00
	3	02+504.850	20	3.00
	4	02+536.180	30	2.00
	5	02+585.120	25	2.00
	6	02+611.010	25	2.00
	7	02+630.760	24	2.00
	8	02+677.310	30	2.00
curva-volteo	9	02+729.160	15	4.00
	10	02+755.280	30	2.00
	11	02+843.850	30	2.00
	12	02+885.040	30	2.00
	13	02+917.450	15	4.00
	14	02+950.370	15	4.00
	15	02+971.450	15	4.00
	16	03+009.370	30	2.00
	17	03+054.330	20	3.00
	18	03+087.940	25	2.00
	19	03+147.850	60	1.00

Cabe mencionar que la vía también debe contar con plazoletas de cruce, cada 500 metros, tomando las consideraciones necesarias de su ubicación y geometría.

CAPITULO VI: RECOMENDACIÓN

- Se recomienda realizar más investigaciones sobre el diseño geométrico de carreteras ya que es un punto clave para la gestión de proyectos de infraestructura vial.
- La ingeniería vial ante el permanente cambio e innovación, se deben crear más herramientas para el análisis previo sobre el diseño geométrico de carreteras para aumentar la seguridad vial de los ciudadanos.
- En los proyectos de infraestructura vial que se ejecutan en el país debe reforzarse con detenimiento lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones como requisito técnico para las propuestas viales.
- Así como el tramo seleccionado de la vía, en la determinada ubicación geográfica, existen kilómetros y kilómetros de trochas carrozables que unen ciudades importantes, donde transitan vehículos pesados, es así que el MTC debería realizar un monitoreo de los diseños geométricos de las vías más importantes, siendo ello la principal causa para los accidentes constantes que suceden.
- La residencia y supervisión en los proyectos de inversión, en la fase de ejecución marca un punto relevante, lo cual depende de ello la calidad de obra que se pueda obtener, es así que se debe fortalecer en capacitaciones y concientización a los profesionales que somos los ingenieros civiles especialista en diferentes rubros.
- En el marco de la investigación realizada, se recomienda a la entidad que administra la vía pueda mejorar las curvas, implementando las características geométricas que requiere.

REFERENCIAS

- Cabeza, A. (2017). *Funciones de software comercial en Colombia para el diseño geométrico de vías terrestres en la formación académica de la ingeniería civil* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/16392/2/RAE.pdf>
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Recuperado de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=1t03DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=definicion+de+carreteras&ots=v2vrMIOHVB&sig=cODZmzbnH9teIVmZID9qxBN_5fM#v=onepage&q&f=false
- Cueva, O. (2018). *Evaluación De Las Características Geométricas De La Carretera Paccha Iglesia Pampa Centro Poblado Laurel Pampa Km 00.0+00 – Km 05.5 +00 De Acuerdo Con Las Normas De Diseño Geométrico De Carreteras Dg 2013*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/2000/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Faustino, J. (2017). *Diseño De La Carretera Entre El Sector Shañuque Y Uchupampa, Distrito De Pampas-Provincia De Pallasca departamento De Ancash*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Trujillo. Recuperado de <http://181.224.246.201/handle/UCV/22892>
- García, A., Pérez, A. & Camacho, F. (2012). Introducción al Diseño Geométrico de Carreteras: Concepción y Planteamiento. *Repositorio Institucional UPV*. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16911/Introducci%C3%B3n%20al%20dise%C3%B1o%20geom%C3%A9trico%20de%20carreteras.pdf?sequence=1>
- Ley N° 28296. Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación. Publicada en El Peruano Plan 94, del 21 de julio de 2004. Perú.

- Llopis, D. (2017). *Desarrollo de una metodología para el diseño y mejora de carreteras convencionales a partir del análisis de la seguridad vial mediante modelos de consistencia* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de <https://riunet.upv.es/handle/10251/100271>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones, RENAC. (2019). *Registro Nacional de Carreteras*. Recuperado de <https://portal.mtc.gov.pe/transportes/caminos/renac.html>
- Ministerio del Transporte y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras. Diseño Geométrico. DG-18*. Recuperado de http://transparencia.mtc.gov.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf
- Perú, Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial*. Recuperado de http://transparencia.mtc.gov.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf
- Perú, Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2019). *Proyectos de Inversión. Región Junin*. Recuperado de <https://www.pvn.gov.pe/wp-content/uploads/2019/04/am-junin-mar-2019-1.pdf>
- Ramírez, J. & Villanueva E. (2018). *Evaluación del diseño geométrico del ovalo de tortugas ubicado en el km 396 de la Panamericana Norte – Propuesta de Mejora – Casma – 2018*. (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima. Recuperado de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/31437>
- Rodríguez, C. (2018). *Diseño Geométrico, Altimétrico de la vía para la UNESUM desde el Auditorio Ing. Clemente Vásquez Hasta El Tanque La Mona Abcisa (0+000 - 1+120)* (Tesis de pregrado). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1706/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-38.pdf>
- Ruiz, E. (2018). *Diseño geométrico del camino vecinal Buenos Aires – sector gobernador (00+000 km- 05+037.71 km), en el distrito de Moyobamba, provincia de Moyobamba, Región San Martín*. (Tesis de pregrado).

Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto, Tarapoto. Recuperado de <http://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2894/CIVIL%20-%20Edson%20Alonso%20Ruiz%20Pezo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Torrez, J. (2017). *Diseño De La Carretera Tunaspampa – El Chito – El Chileno – Cantera La Colorada, Distrito De Ninabamba, Provincia De Santa Cruz, Departamento De Cajamarca, 2017*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo, Chiclayo. Recuperado de <http://54.165.197.99/handle/20.500.12423/1814>

ANEXO

Anexo 1: Matriz de Consistencia

EVALUACIÓN DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA DE LA 10+480 KM DE CARRETERA AFIRMADA DESDE HAYÑIAYUYOS DEL CENTRO POBLADO DE LA PROVINCIA DE YAUYOS						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General				Tipo de Investigación: Aplicativo
¿Cómo el nuevo diseño geométrico en planta de los radios de curvatura del tramo indicado asegurará la transitabilidad adecuada y segura de la población usuaria?	Proponer una mejora del Diseño Geométrico en planta de la carretera Huayña-Yauyos progresiva KM 2+300 a KM 3+300 en el centro poblado Yauyos, de la provincia de Yauyos 2020".	El diseño geométrico en planta de la carretera Huayña – Yauyos del tramo indicado del centro poblado Yauyos, de la provincia de Yauyos, según el diseño propuesto asegura la transitabilidad de vehículos pesados por la indicada vía.				Nivel de la Investigación: Descriptivo
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis Específicos				Población y Muestra: La 10+480 km de carretera afirmada desde Hayña-Yauyos del centro poblado de la provincia de Yauyos.
¿Cómo se evalúa las curvas circulares simples en Planta de la carretera Huayña-Yauyos progresiva KM 2+300 a KM 3+300 en el centro poblado de la provincia de Yauyos de acuerdo a la norma técnica?	Proponer un diseño vial adecuado y conveniente para el tránsito pesado que utilizará el tramo en estudio considerando que es una alternativa conveniente al flujo de tránsito de la carretera central, que por su vulnerabilidad se ve cerrada recurrentemente por la ocurrencia de huaycos secos y huaycos húmedos.	La propuesta de diseño vial cumple con la normatividad vigente	Diseño Geométrico en Planta	Curvas circulares simples	Curvas horizontales (m) Peralte (%) Longitud de Transición Sobrecancho (m) Radio de Giro	Procedimiento: se realizará de acuerdo a lo establecido en la norma técnica de diseño geométrico de carreteras (DG-18).
¿Cómo se evalúa las curvas circulares compuestas en Planta de la carretera Huayña-Yauyos progresiva KM 2+300 a KM 3+300 en el centro poblado Yauyos de acuerdo a la norma técnica?	Evaluar si las curvas circulares compuestas en planta de la carretera Huayña-Yauyos progresiva KM 2+300 a KM 3+300 en el centro poblado de la provincia de Yauyos cumple con la norma técnica.	Las curvas circulares compuestas en planta de la carretera Huayña-Yauyos progresiva KM 2+300 a KM 3+300 en el centro poblado de la provincia de Yauyos cumple con la norma técnica.		Curvas circulares compuestas		

Anexo 3. Normatividad (DG-18)



PERÚ Ministerio de Transportes y Comunicaciones

CAPÍTULO I CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

SECCIÓN 101 Clasificación por demanda

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

101.01 Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.02 Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.03 Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.04 Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

101.05 Carreteras de Tercera Clase

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

Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.

101.06 Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

SECCIÓN 102

Clasificación por orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por dónde discurre su trazo, se clasifican en:

102.01 Terreno plano (tipo 1)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazo.

102.02 Terreno ondulado (tipo 2)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo.

102.03 Terreno accidentado (tipo 3)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo.

102.04 Terreno escarpado (tipo 4)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazo.

CAPÍTULO II CRITERIOS Y CONTROLES BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

SECCIÓN 201 Estudios preliminares para efectuar el diseño geométrico

201.01 Criterios generales

En esta Sección se presentan los criterios, factores y elementos que deberán adoptarse para realizar los estudios preliminares que definen el diseño geométrico de las carreteras nuevas, así como las carreteras que serán rehabilitadas y mejoradas especialmente en su trazo.

Al definir la geometría de la vía, no debe perderse de vista que el objetivo es diseñar una carretera que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto, dentro del marco de la viabilidad económica y cumpliendo lo establecido en la Sección 211: Capacidad y Niveles de Servicio, del presente capítulo.

Asimismo, establece la clasificación e interrelación existente entre los tipos de proyectos, niveles y metodologías de estudio previstas para las obras viales y sintetiza el contenido y alcance de dichos niveles de estudio.

201.02 Información general

Es importante realizar estudios preliminares que permitan establecer las prioridades y recursos para la elaboración de un nuevo proyecto, para lo cual se deberá recopilar toda la información pertinente que esté disponible, complementando y verificando aquellas empleadas en los estudios de viabilidad económica. Se recurrirá a fuentes como son los vértices geodésicos, mapas, cartas y cartografía vial, así como fotografías aéreas, ortofotos, etc.

Aun cuando el reconocimiento en terreno resulta indispensable, su amplitud y/o grado de detalle dependerá, en gran medida, del tipo de información topográfica y geomorfológica existente.

201.03 Niveles de estudios preliminares

Los estudios preliminares deben dar respuesta, básicamente, a tres interrogantes fundamentales, ellas son:

- Definición preliminar de las características y parámetros de diseño.
- Identificación de rutas posibles.
- Anteproyectos preliminares de las rutas posibles.
- Selección de rutas.

Todos los estudios preliminares del diseño geométrico deben estar acorde a la normativa vigente.

201.04 Criterios básicos

a. Proyecto y estudio

El término "proyecto" incluye las diversas etapas que van desde la concepción de la idea, hasta la materialización de una obra civil, complejo industrial o programa de desarrollo en las más diversas áreas. En consecuencia, el proyecto es el objetivo que motiva las diversas acciones requeridas para poner en servicio una nueva obra vial, o bien recuperar o mejorar una existente.

Las materias tratadas en el presente manual están referidas a los diversos estudios preliminares y estudios definitivos requeridos, en sus diferentes fases, todo lo cual será identificado como "Estudios".

No obstante dentro de la amplitud asignada al término "Proyecto", se le identificará bajo el término "Proyectista" a la organización, equipo o persona que asume la responsabilidad de realizar los estudios en sus diferentes fases.

b. Estándar de diseño de una carretera

La Sección Transversal, es una variable dependiente tanto de la categoría de la vía como de la velocidad de diseño, pues para cada categoría y velocidad de diseño corresponde una sección transversal tipo, cuyo ancho responde a un rango acotado y en algunos casos único.

El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:

1. La Categoría que le corresponde (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).
2. La velocidad de diseño (V).
3. La sección transversal definida.

201.05 Clasificación general de los proyectos viales

Los proyectos viales para efectos del diseño geométrico se clasifican de la siguiente manera:

a. Proyectos de nuevo trazo

Son aquellos que permiten incorporar a la red una nueva obra de infraestructura vial. El caso más claro corresponde al diseño de una carretera no existente, incluyéndose también en esta categoría, aquellos trazos de vías de evitamiento o variantes de longitudes importantes.

Para el caso de puentes y túneles, más que un nuevo trazo constituye un nuevo emplazamiento. Tal es el caso de obras de este tipo generadas por la construcción de una segunda calzada, que como tal corresponde a un cambio de trazo de una ruta existente, pero para todos los efectos, dichas obras requerirán de estudios definitivos en sus nuevos emplazamientos.

b. Proyectos de mejoramiento puntual de trazo

Son aquellos proyectos de rehabilitación, que pueden incluir rectificaciones puntuales de la geometría, destinadas a eliminar puntos o sectores que afecten la seguridad vial. Dichas rectificaciones no modifican el estándar general de la vía.

c. Proyectos de mejoramiento de trazo

Son aquellos proyectos que comprenden el mejoramiento del trazo en planta y/o perfil en longitudes importantes de una vía existente, que pueden efectuarse mediante rectificaciones del eje de la vía o introduciendo variantes en el entorno de ella, o



SECCIÓN 202

Vehículos de diseño

202.01 Características generales

El Diseño Geométrico de Carreteras se efectuará en concordancia con los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas en el Reglamento Nacional de Vehículos, vigente.

Las características físicas y la proporción de vehículos de distintos tamaños que circulan por las carreteras, son elementos clave en su definición geométrica. Por ello, se hace necesario examinar todos los tipos de vehículos, establecer grupos y seleccionar el tamaño representativo dentro de cada grupo para su uso en el proyecto. Estos vehículos seleccionados, con peso representativo, dimensiones y características de operación, utilizados para establecer los criterios de los proyectos de las carreteras, son conocidos como vehículos de diseño.

Al seleccionar el vehículo de diseño hay que tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía. Normalmente, hay una participación suficiente de vehículos pesados para condicionar las características del proyecto de carretera. Por consiguiente, el vehículo de diseño normal será el vehículo comercial rígido (camiones y/o buses).

Las características de los vehículos tipo indicados, definen los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobreebancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (vehículos automotores con menos de cuatro ruedas) y M1 (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor).

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O).

La clasificación del tipo de vehículo según encuesta de origen y destino, empleada por SNIP para el costo de operación vehicular (VOC), es la siguiente:

- **Vehículo de pasajeros**
 - Jeep (VL)
 - Auto (VL)
 - Bus (B2, B3, B4 y BA)
 - Camión C2
- **Vehículo de carga**
 - Pick-up (equivalente a Remolque Simple T2S1)
 - Camión C2
 - Camión C3 y C2CR
 - T3S2

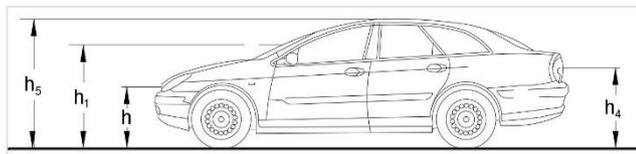
202.02 Vehículos ligeros

La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones, situación poco probable en el proyecto de carreteras. A modo de referencia, se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles:

- Ancho: 2.10 m.
- Largo: 5.80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h : altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- h_1 : altura de los ojos del conductor: 1.07 m.
- h_2 : altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0.15 m.
- h_4 : altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- h_5 : altura del techo de un automóvil: 1.30 m

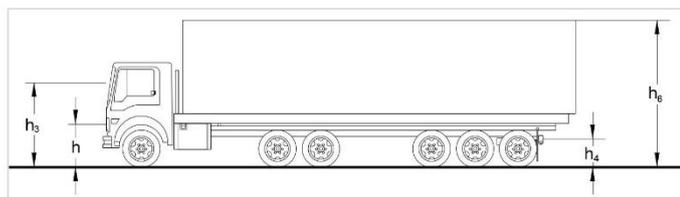


El vehículo ligero es el que más velocidad desarrolla y la altura del ojo de piloto es más baja, por tanto, estas características definirán las distancias de visibilidad de sobrepaso, parada, zona de seguridad en relación con la visibilidad en los cruces, altura mínima de barreras de seguridad y antideslumbrantes, dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento en zonas de estacionamiento, miradores o áreas de descanso.

202.03 Vehículos pesados

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h : altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- h_3 : altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2.50 m.
- h_4 : altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- h_6 : altura del techo del vehículo pesado: 4.10 m



En la **Tabla 202.01** se resumen los datos básicos de los vehículos de diseño.

El vehículo pesado tiene las características de sección y altura para determinar la sección de los carriles y su capacidad portante, radios y sobreeanchos en curvas horizontales, alturas libres mínimas permisibles, necesidad de carriles adicionales, longitudes de incorporación, longitudes y proporción de aparcamientos para vehículos pesados en zonas de estacionamiento, miraderos o áreas de descanso.

Tabla 202.01

**Datos básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras
Según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)**

Tipo de vehículo	Alto	Ancho	Vuelo	Ancho	Largo	Vuelo	Separación	Vuelo	Radio min. rueda exterior
	total	Total	lateral	ejes	total	delantero	ejes	trasero	
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

202.04 Giro mínimo de vehículos tipo

El espacio mínimo absoluto para ejecutar un giro de 180° en sentido horario, queda definido por la trayectoria que sigue la rueda delantera izquierda del vehículo (trayectoria exterior) y por la rueda trasera derecha (trayectoria interior). Además de la trayectoria exterior, debe considerarse el espacio libre requerido por la sección en volado que existe entre el primer eje y el parachoques, o elemento más sobresaliente.

La trayectoria exterior queda determinada por el radio de giro mínimo propio del vehículo y es una característica de fabricación.

La trayectoria interior depende de la trayectoria exterior, del ancho del vehículo, de la distancia entre el primer y último eje y de la circunstancia que estos ejes pertenecen a un camión del tipo unidad rígida o semirremolque articulado.

De esta forma camiones y ómnibus en general, requerirán dimensiones geométricas más generosas que en el caso de vehículos ligeros. Ello se debe a que, en su mayoría, los primeros son más anchos, tienen distancias entre ejes más largas y mayor radio mínimo de giro, que son las principales dimensiones de los vehículos que afectan el alineamiento horizontal y la sección transversal

En las **Figuras 202.01 a 202.54** se ilustran las trayectorias mínimas obtenidas para los vehículos tipo con las dimensiones máximas establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos.

En las **Tablas 202.02 a 202.11** se incluyen los radios máximos y mínimos y los ángulos para las seis trayectorias descritas.

Tabla 202.02
Vehículo ligero (VL) Radios máximos/mínimos y ángulos

Ángulo trayectoria	R _{máx} exterior vehículo (E)	R _{mín} interior vehículo (I)	R _{mín} Interior Rueda (J)	Ángulo máximo dirección
30°	7.76 m	5.14 m	5.28 m	17.8°
60°	7.84 m	4.73 m	4.88 m	24.2°
90°	7.87 m	4.59 m	4.74 m	26.4°
120°	7.88 m	4.54 m	4.69 m	27.3°
150°	7.88 m	4.52 m	4.67 m	27.6°
180°	7.88 m	4.51 m	4.66 m	27.7°

Similar a "Minimum Turning Path for Passenger Car (P) Design Vehicle", en la norma AASHTO.



CAPÍTULO III DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA, PERFIL Y SECCIÓN TRANSVERSAL

SECCIÓN 301 Generalidades

Los elementos geométricos de una carretera (planta, perfil y sección transversal), deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Lo antes indicado, se logra haciendo que el proyecto sea desarrollado con un adecuado valor de velocidad de diseño; y, sobre todo, estableciendo relaciones cómodas entre este valor, la curvatura y el peralte. Se puede considerar entonces que el diseño geométrico propiamente dicho, se inicia cuando se define, dentro de criterios técnico – económicos, la velocidad de diseño para cada tramo homogéneo en estudio.

Existe en consecuencia una interdependencia entre la geometría de la carretera y el movimiento de los vehículos (dinámica del desplazamiento), y entre dicha geometría y la visibilidad y capacidad de reacción, que el conductor tiene al operar un vehículo. Dicho de otra manera, no basta que el movimiento de los vehículos sea dinámicamente posible en condiciones de estabilidad, sino asegurar que el usuario en todos los puntos de la vía, tenga suficiente tiempo para adecuar su conducción a la geometría de ésta, y a las eventualidades que puedan presentarse.

En ese contexto, la presente norma establece los valores mínimos, es decir, las menores exigencias de diseño. Deberán usarse las mejores características geométricas dentro de los límites razonables de economía, haciendo lo posible por superar los valores mínimos indicados, utilizándolos sólo cuando el mayor costo de mejores características sea injustificado o prohibitivo.

Valores mínimos o máximos deseables pueden considerarse aquellos que corresponden a una velocidad de 10 km/h superior a la velocidad de diseño adoptada para la carretera que se esté proyectando.

Así mismo, las presentes normas no serán consideradas inflexibles y podrá hacerse excepciones, diseñando proyectos con características geométricas por debajo de las especificadas, con la condición de obtener previamente la autorización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En los tramos de carreteras que atraviesan zonas urbanas, también puede haber excepciones a la norma, debido a las restricciones de velocidad, condiciones de las rasantes de las calles en las intersecciones, ubicación de las tapas de buzones de las obras de saneamiento y otros.

SECCIÓN 302
Diseño geométrico en planta

302.01 Generalidades

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

En proyectos de carreteras de calzadas separadas, se considerará la posibilidad de trazar las calzadas a distinto nivel o con ejes diferentes, adecuándose a las características del terreno.

La definición del trazo en planta se referirá a un eje, que define un punto en cada sección transversal. En general, salvo en casos suficientemente justificados, se adoptará para la definición del eje:

En autopistas

- El centro del separador central, si éste fuera de ancho constante o con variación de ancho aproximadamente simétrico.
- El borde interior de la vía a proyectar en el caso de duplicaciones.
- El borde interior de cada vía en cualquier otro caso.

En carreteras de vía única

- El centro de la superficie de rodadura.

302.02 Consideraciones de diseño

Algunos aspectos a considerar en el diseño en planta:

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.
- Para las autopistas de primer y segundo nivel, el trazo deberá ser más bien una combinación de curvas de radios amplios y tangentes no extensas.
- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5° , los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

$$L > 30(10 - \Delta), \Delta < 5^\circ$$

(L en metros; Δ en grados)

No se usará nunca ángulos de deflexión menores de $59'$ (minutos).

La longitud mínima de curva (L) será:

Carretera red nacional	L (m)
Autopistas	6 V
Carreteras de dos carriles	3 V

V = Velocidad de diseño (km/h)

- No se requiere curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión, en el siguiente cuadro se muestran los ángulos de inflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal.

Velocidad de diseño Km/h	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2° 30´
40	2° 15´
50	1° 50´
60	1° 30´
70	1° 20´
80	1° 10´

Para ángulos de deflexión pequeño, las curvas deberán ser lo suficientemente largas para evitar una mala apariencia. Las curvas deberán tener una longitud mínima de 150m para un ángulo central de 5° y la longitud mínima deberá aumentarse 30m por cada grado de disminución del ángulo central. La longitud mínima para curvas horizontales en carreteras principales $L_{c \text{ min}}$, deberá ser del orden de tres veces mayor que la velocidad de diseño expresado en km/h, es decir $L_{c \text{ min}} = 3V$.

En infraestructuras para alta velocidad y acceso controlado que cuentan con curvatura abierta, y debido a razones estéticos, la longitud mínima recomendada para curvas deberá ser del orden del doble de la longitud mínima descrita anteriormente, es decir $L_{c \text{ rec}} = 6V$. Es preferible no diseñar longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

- Al final de las tangentes extensas o tramos con leves curvaturas, o incluso dónde siga inmediatamente un tramo homogéneo con velocidad de diseño inferior, las curvas horizontales que se introduzcan deberán concordar con la precedente, proporcionando una sucesión de curvas con radios gradualmente decrecientes para orientar al conductor. En estos casos, siempre deberá considerarse el establecimiento de señales adecuadas.
- No son deseables dos curvas sucesivas en el mismo sentido cuando entre ellas existe un tramo en tangente. Será preferible sustituir por una curva extensa única o, por lo menos, la tangente intermedia por un arco circular, constituyéndose entonces en curva compuesta. Si no es posible adoptar estas medidas, la tangente intermedia deberá ser superior a 500 m. En el caso de carreteras de tercera clase la tangente podrá ser inferior o bien sustituida por una espiral o una transición en espiral dotada de peralte.
- Las curvas sucesivas en sentidos opuestos, dotadas de curvas de transición, deberán tener sus extremos coincidentes o separados por cortas extensiones en tangente.
En el caso de curvas opuestas sin espiral, la extensión mínima de la tangente intermedia deberá permitir la transición del peralte.
- En consecuencia, deberá buscarse un trazo en planta homogéneo, en el cual tangentes y curvas se sucedan armónicamente.
- No se utilizarán desarrollos en Autopistas y se tratará de evitar estos en carreteras de Primera clase. Las ramas de los desarrollos tendrán la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible, evitando en lo posible, la superposición de ellas sobre la misma ladera.

302.03 Tramos en tangente

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño, serán las indicadas en la [Tabla 302.01](#).

Tabla 302.01
Longitudes de tramos en tangente

V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Dónde:

$L_{\text{mín.s}}$: Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{\text{mín.o}}$: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

$L_{\text{máx}}$: Longitud máxima deseable (m).

V : Velocidad de diseño (km/h)

Las longitudes de tramos en tangente presentada en la [Tabla 302.01](#), están calculadas con las siguientes fórmulas:

$$L_{\text{mín.s}} : 1.39 V$$

$$L_{\text{mín.o}} : 2.78 V$$

$$L_{\text{máx}} : 16.70 V$$

302.04 Curvas circulares

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales.

302.04.01 Elementos de la curva circular

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son los siguientes:

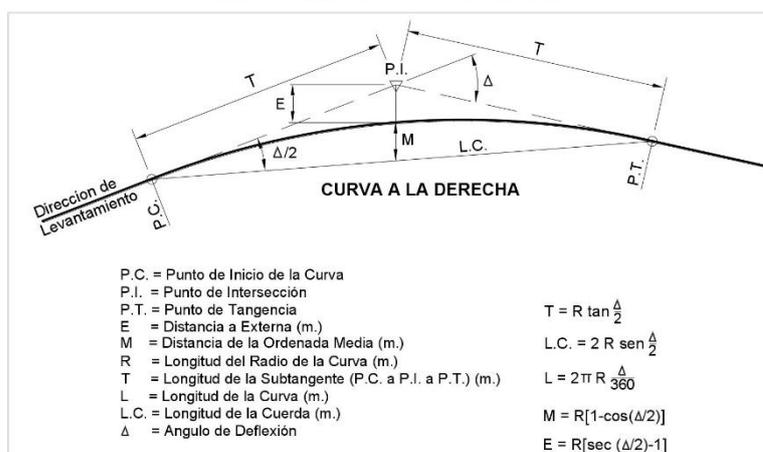
- P.C. : Punto de inicio de la curva
- P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas
- P.T. : Punto de tangencia
- E : Distancia a externa (m)
- M : Distancia de la ordenada media (m)
- R : Longitud del radio de la curva (m)
- T : Longitud de la subtangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)
- L : Longitud de la curva (m)
- L.C : Longitud de la cuerda (m)

- Δ : Ángulo de deflexión ($^{\circ}$)
- p : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)
- Sa : Sobreancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m)

Nota: Las medidas angulares se expresan en grados sexagesimales.

En la **Figura 302.01** se ilustran los indicados elementos y nomenclatura de la curva horizontal circular.

Figura 302.01
Simbología de la curva circular



302.04.02 Radios mínimos

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$R_{\text{mín}} = \frac{V^2}{127 (P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})}$$

Dónde:

- $R_{\text{mín}}$: Radio Mínimo
- V : Velocidad de diseño
- $P_{\text{máx}}$: Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).
- $f_{\text{máx}}$: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V .

El resultado de la aplicación de la indicada fórmula se aprecia en la **Tabla 302.02**.

Tabla 302.02
Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	p máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	875
Área rural (con peligro de hielo)	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
Área rural (plano u ondulada)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
	130	12.00	0.08	665.4	665

En general en el trazo en planta de un tramo homogéneo, para una velocidad de diseño, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo; se tratará de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones críticas.

Tabla 302.03
Fricción transversal máxima en curvas

Velocidad de diseño Km/h	$f_{\text{máx}}$
30 (ó menos)	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Tabla 302.04
Valores del radio mínimo para velocidades específicas de diseño, peraltes máximos y valores límites de fricción.

Velocidad específica Km/h	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{\text{máx}}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

302.04.04 Curvas en contraperalte

Sobre ciertos valores del radio, es posible mantener el bombeo normal de la vía, resultando una curva que presenta, en uno o en todos sus carriles, un contraperalte en relación al sentido de giro de la curva. Puede resultar conveniente adoptar esta solución cuando el radio de la curva es igual o mayor que el indicado en la [Tabla 302.05](#), en alguna de las siguientes situaciones:

- La pendiente longitudinal es muy baja y la transición de peralte agudizará el problema de drenaje de la vía.

- Se desea evitar el escurrimiento de agua hacia el separador central.
- En zonas de transición donde existen ramales de salida o entrada asociados a una curva amplia de la carretera, se evita el quiebre de la arista común entre ellas.

El criterio empleado para establecer los radios límites que permiten el uso del contraperalte se basa en:

- Bombeo considerado = -2.5%
- Coeficiente de fricción lateral aceptable $f = f_{\text{máx}}/2$

Por lo tanto:

$$R \text{ límite contraperalte} = \frac{V^2}{127 \left(\frac{f_{\text{máx}}}{2} - 0.025 \right)}$$

Para velocidades menores a 80 km/h, el radio mínimo con contraperalte se elevó sustancialmente en prevención de velocidades de operación muy superiores a las de diseño. Para las demás velocidades esta eventualidad está ampliamente cubierta por el factor de seguridad aplicado al factor "f_{máx}".

Tabla 302.05
Radio límites en contraperalte vías pavimentadas

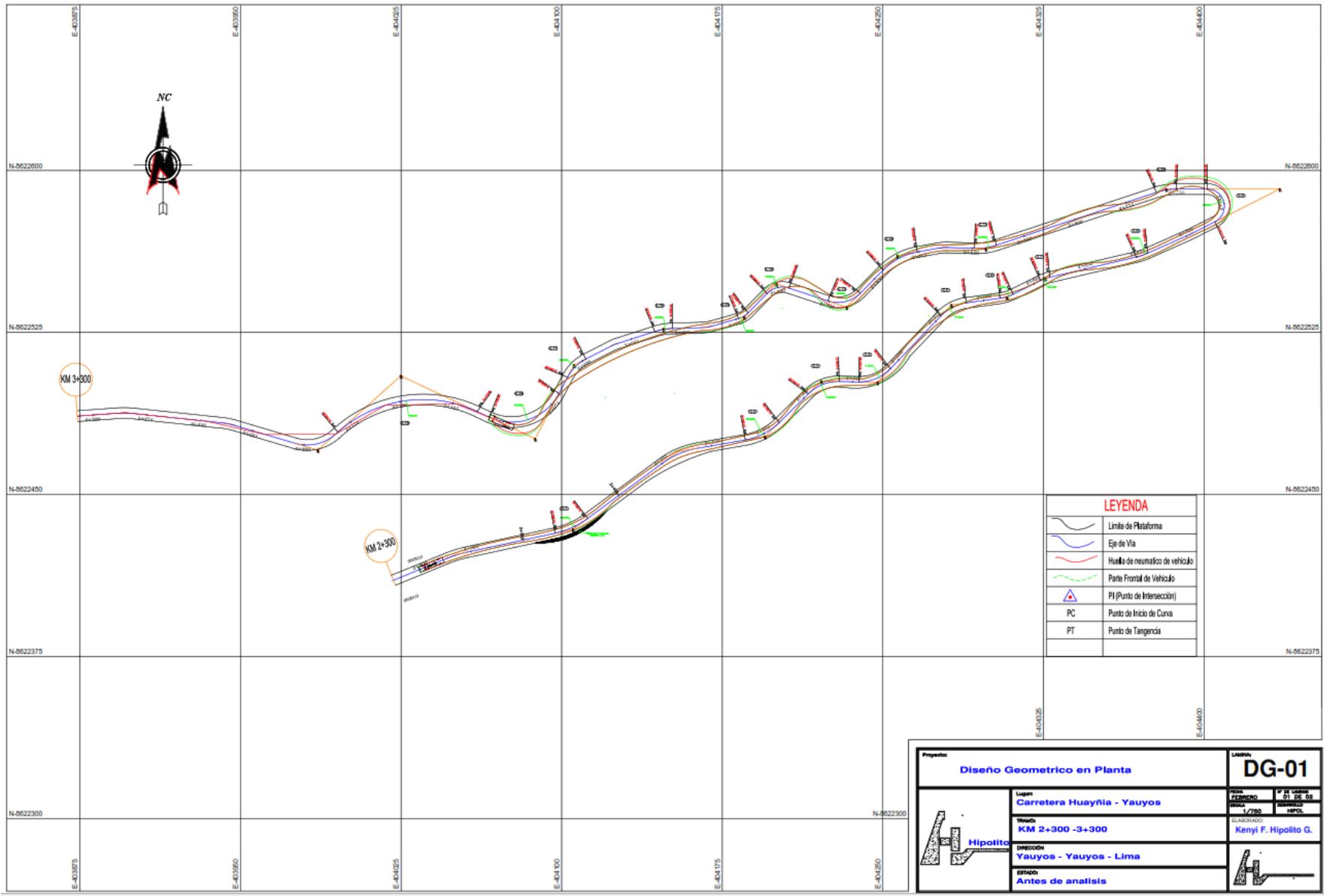
Velocidad (km/h)	60	70	80	90	100	110	120	130
($f_{\text{máx}}/2 - 0.025$)	0.05	0.05	0.045	0.04	0.04	0.035	0.03	0.25
RL Calculado	567	772	1,120	1,560	1,970	2,722	3,780	5,322
RL Adoptado	1,000	1,000	1,200	1,600	2,000	2,800	4,000	5,500

En sectores singulares del trazo, tales como transiciones de dos vías a una vía, o bien, donde se deba modificar el ancho de la mediana para crear carriles auxiliares de tránsito rápido, situaciones que deberán señalizarse con la debida anticipación y con indicación de la velocidad máxima aceptable, se podrán diseñar curvas en contraperalte, pero en ese caso se respetarán los radios iguales o mayores que los especificados en la [Tabla 302.06](#).

Tabla 302.06

Vs	Radio mínimo en contraperalte	
	P = -2.0%	P = -2.5%
Km/h		
60	550	600
70	750	800
80	1100	1200
90	1500	1600
100	1900	2100
110	2600	3000
120	3500	4100
130	4700	5300

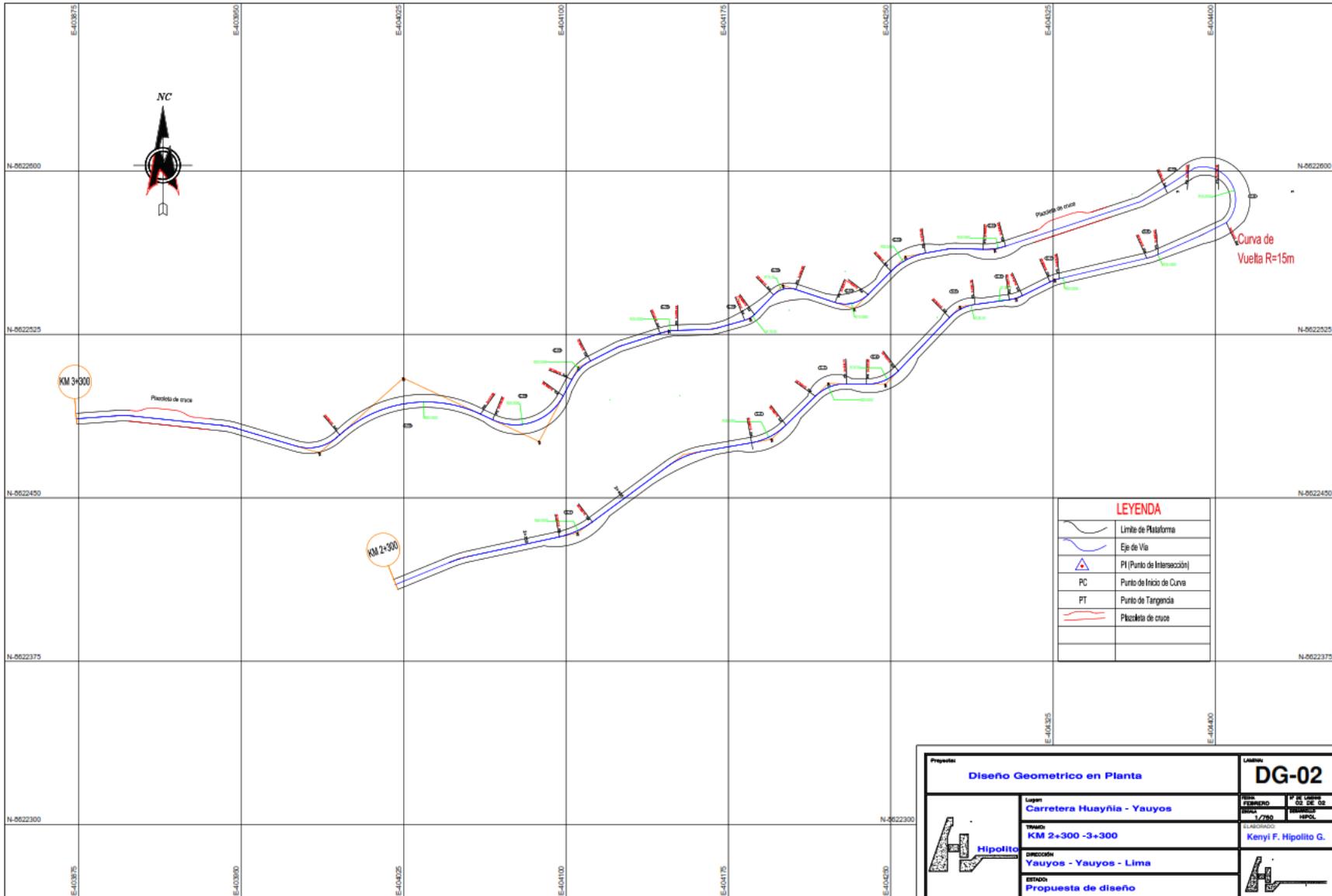
Vs = V señalizada, con Vs mínima = V - 10 km/h



LEYENDA

	Límite de Plataforma
	Eje de Vía
	Huella de neumático de vehículo
	Punto Frontal de Vehículo
	PI (Punto de Intersección)
	PC (Punto de Inicio de Curva)
	PT (Punto de Tangencia)

Diseño Geométrico en Planta		DG-01	
Lugar: Carretera Huayña - Yauyos		Fecha: FEBRERO 01 DE 08	P.º de Hojas: 01 DE 08
Tramo: KM 2+300 -3+300		Escala: 1/750	Autoridad: HPOL
Dirección: Yauyos - Yauyos - Lima		Elaborado por: Kenyl F. Hipolito G.	
Estado: Antes de análisis			





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, HIPOLITO GUERRERO KENYI FELIX estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA DE LA CARRETERA HUAYÑIA-YAUYOS PROGRESIVA KM 2+300 A KM 3+300 EN EL CENTRO POBLADO YAUYOS, DE LA PROVINCIA DE YAUYOS 2020", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
HIPOLITO GUERRERO KENYI FELIX DNI: 70609545 ORCID 0000-0003-2105-8052	Firmado digitalmente por: KEHIPOLITOG el 01-05- 2021 18:57:38

Código documento Trilce: INV - 0163350