



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño del mejoramiento de la carretera a nivel de afirmado en el tramo
Panamericana Norte km 720 – Anexo Santa María, Pacanga, Chepén - La Libertad

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Br. López Guzmán, Carlos Michell (ORCID: 0000-0002-3652-4346)

Br. Tumbajulca Chacón, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0001-6570-0516)

ASESORES:

Mg. Horna Araujo, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

Dr. Gutiérrez Vargas, Leopoldo Marcos (ORCID: 0000-0003-2630-6190)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO - PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios que me ha dado la vida y fortaleza para terminar este proyecto de tesis.

A mis padres: Elena y Gonzalo

A mi madre, por su apoyo en todo momento, por sus consejos y valores que me ha permitido ser una persona y un profesional de bien.

A mi padre, porque desde el inicio sé que me ha apoyado y me ha guiado por el camino del bien con sus consejos.

A mi esposa por el amor, comprensión y por su apoyo incondicional en todo el transcurso de mi segunda carrera profesional.

A mis hermanos: Por todo su apoyo moral.

Carlos Michell López Guzmán

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar con mis metas, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico en primer lugar mi tesis a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mis padres los cuales han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles de mi vida y a mis dos hermanos que siempre han estado a mi lado apoyándome en las buenas y malas.

Carlos Alberto Tumbajulca Chacón

AGRADECIMIENTO

A Dios, por habernos guiado por el camino del bien.

A la Universidad Cesar Vallejo, que nos dio la oportunidad de formarnos como profesionales en la carrera de Ingenieros Civiles.

A nuestros Asesores: Ing. Leopoldo Marcos Gutiérrez Vargas e Ing. Luis Alberto Horna Araujo, por todo el apoyo brindado y el tiempo disponible que nos ha ofrecido para hacer posible el desarrollo del presente proyecto de tesis.

El agradecimiento a nuestros queridos docentes, quienes nos han ayudado con sus sabias enseñanzas y conocimientos.

A la Municipalidad Distrital de Pacanga, por permitirnos ejecutar el desarrollo de nuestra tesis.

A mi Esposa, por haberme brindado su apoyo en los momentos difíciles de este proyecto y así poder concluir satisfactoriamente mi tesis.

A mis compañeros de tesis y amigos, que nos brindaron su apoyo y nos animaron a seguir adelante a pesar de las dificultades.

Carlos Michell López Guzmán

Carlos Alberto Tumbajulca Chacón

PÁGINA DEL JURADO

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Carlos Michell López Guzmán con DNI N° 42612174 y Carlos Alberto Tumbajulca Chacón con DNI N° 445650725, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes considerada en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejos,

Facultad de Ingeniería, Escuela académico profesional de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que toda la información que se acompaña es veraz y auténtica.

Asimismo, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la actual tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, 26 diciembre del 2019



Carlos Michell López Guzmán

DNI: 42612174



Carlos Alberto Tumbajulca Chacón

DNI: 44565047

ÍNDICE

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad	vi
Índice.....	vii
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Trabajos previos	2
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	5
1.4. Formulación del problema.....	9
1.5. Justificación del estudio.....	9
1.6. Hipótesis	9
1.7. Objetivos.....	10
1.7.1. <i>Objetivo general</i>	10
1.7.2. <i>Objetivos específicos</i>	10
II. METODOLOGÍA.....	11
2.1 Diseño de investigación	11
2.2 Variables, operacionalización.....	11
2.2.1 <i>Identificación de variables</i>	11
2.2.2 <i>Operacionalización</i>	12
2.3 Población y muestra	13
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	13
2.5 Procedimiento.....	13
2.5.1 <i>Estudio topográfico</i>	13
2.5.2 <i>Estudio de Mecánica de Suelos y Canteras</i>	16
2.5.3 <i>Estudio de Tráfico</i>	25
2.5.4 <i>Estudio Hidrológico y Obras de Arte</i>	26
2.5.5 <i>Información hidrometeorológica y cartográfica</i>	27
2.5.6 <i>Diseño geométrico de la carretera</i>	31
2.5.7 <i>Hidráulica y drenaje</i>	48

2.5.8	<i>Diseño de pavimento</i>	49
2.6	Métodos de análisis de datos	50
2.7	Aspectos éticos	50
III.	RESULTADOS	51
3.1.	Topografía	51
3.2.	Mecánica de suelos	53
3.3.	Estudio de tráfico.....	55
3.4.	Hidrología.....	58
3.5.	Cunetas	68
3.6.	Diseño geométrico	73
3.7.	Señalización.....	74
3.8.	Diseño de afirmado.....	75
3.9.	Estructura del afirmado	77
IV.	DISCUSIÓN	79
V.	CONCLUSIONES	82
VI.	RECOMENDACIONES	84
	REFERENCIAS	85
	ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables	12
Tabla 2: Sustento de Calicatas	16
Tabla 3: Sustento de Calicatas	17
Tabla 4: Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía	32
Tabla 5: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carretera	33
Tabla 6: Longitudes de tramos en tangente.	35
Tabla 7: Longitud mínima de curva de transición	37
Tabla 8: Radios para prescindir de curvas de transición en carreteras de tercera clase.....	38
Tabla 9: Pendientes máximas (%).....	39
Tabla 10: Anchos mínimos de calzada en tangente	42
Tabla 11: Ancho de bermas	44
Tabla 12: Valores del bombeo de la calzada.....	45
Tabla 13: Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V).....	46
Tabla 14: Talaudes referenciales en zonas de relleno (terrapienes).....	46
Tabla 15: Puntos Topográficos	51
Tabla 16: Normativa de EMS	53
Tabla 17: Estudio de Mecánica de Suelos de calicatas.....	54
Tabla 18: Volumen vehicular, por día, dirección y tipo de vehículo.....	55
Tabla 19: Participación por tipo y descripción de vehículo.....	56
Tabla 20: Cálculo de ESAL de diseño	58
Tabla 21: Precipitación estación Talla	59
Tabla 22: Precipitación estación Cayalti.....	61
Tabla 23: Precipitación probable en la estación Talla	64
Tabla 24: Precipitación probable en la estación Cayalti	64
Tabla 25: Tiempo de concentración.....	65
Tabla 26: Lluvias Máximas	66
Tabla 27: Intensidades máximas	66
Tabla 28: Cuadro de Caudales	67
Tabla 29: Diseño de Cuneta	68
Tabla 30: Inclinaciones máximas de talud (V: H) Interior de Cuneta	69
Tabla 31: Sección Hidráulica.....	69

Tabla 32: Caudales proyectados	69
Tabla 33: Caudal aportante del pavimento	70
Tabla 34: Dimensiones de alcantarilla 24’’	70
Tabla 35: Dimensiones de alcantarilla 36’’	71
Tabla 36: Flujo de Alcantarilla por tramo.....	72
Tabla 37: Resumen y consideraciones de diseño.....	74
Tabla 38: Resumen de señalizaciones.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1: Mapa político de La Libertad.....	14
Ilustración 2: Departamento de La Libertad	14
Ilustración 3: Provincia de Chepén	15
Ilustración 4: Zona de Estudio	15
Ilustración 5: Plano de ejecución de calicatas.....	17
Ilustración 6: Simbología de la curva circular	36
Ilustración 7: Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas	40
Ilustración 8: Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas.....	41
Ilustración 9: Curva a la Derecha (P-2ª)	47
Ilustración 10: Postes kilométricos (I-8).....	48
Ilustración 11: Plano Topográfico.....	52
Ilustración 12: Tipo de vehículo	57
Ilustración 13: Periodo de Retorno estación Talla	64
Ilustración 14: Periodos de retorno estación Cayalti	65
Ilustración 15: Curvar I.D.F.....	66
Ilustración 16: Hidrograma Unitario.....	67
Ilustración 17: Sección típica de cuneta triangular	68
Ilustración 18: Plano de obras de arte	73
Ilustración 19: Elementos de Curva	73
Ilustración 20: Catálogo de capas de Afirmado	76
Ilustración 21: Diseño de Afirmado.....	77
Ilustración 22: Diseño de Pavimento	77
Ilustración 23: Secciones Transversales	78
Ilustración 24: Elevación en planta y perfil	78

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de diseñar la estructura del pavimento de la carretera a nivel de afirmado en el tramo Panamericana Norte km 720 – Anexo Santa María, Pacanga, Chepén - La Libertad.

El tipo de estudio fue descriptivo, con una muestra constituida por 12.400 km del tramo del Anexo Santa María. Para la recolección de datos se aplicó estudio topográfico y mecánica de suelos. Para el análisis de datos se utilizó el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018) y el manual de Hidráulica, Hidrología y Drenaje del MTC.

Los resultados obtenidos demostraron que el mejoramiento a nivel de afirmado con slurry seal, incrementa la durabilidad de la carretera.

Con base en lo mencionado, podemos concluir que la estructura del pavimento de la carretera a nivel de afirmado con un espesor de 25 cm, aplicándole un revestimiento anti-erosivo, así mismo en las obras de arte revestidas con el mismo material.

Palabras claves: afirmado, slurry seal, diseño geométrico.

ABSTRACT

The present research work was carried out with the objective of designing the road pavement structure at the level of affirmed road in the Panamericana Norte km 720 - Annex Santa María - Pacanga. Chepén, La Libertad.

The type of study was descriptive; with a sample of 12,400 km of the section of the Santa María Annex. To collect data, topographic and mechanical study of soils was applied. For the data analysis, the Geometric Road Design Manual (DG-2018) and the MTC Hydraulics, Hydrology and Drainage manual were used.

The results obtained showed that the improvement at the level of affirmed road with slurry seal, increases the durability of the road.

Based on the aforementioned, we conclude that the structure of the pavement of the road at the level of affirmed road with a thickness of 25 cm, applying an anti-erosive coating, likewise in works of art coated with the same material.

Keywords: affirmed, slurry seal, geometric design

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El presente estudio realizado entre el tramo Panamericana Norte km 720 y el Anexo Santa María, existe una estrecha relación social, cultural y económica entre la población, debido principalmente al intercambio y comercialización de productos, actualmente la inadecuada delimitación geométrica de la vía en cuanto a las curvas horizontales, así como el ancho de la plataforma (4.50m), no cumplen con las disposiciones determinadas por el MTC en su “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (D.G.-2018)”, este problema se acrecienta, debido al mal estado de conservación en el que se encuentra la plataforma, presentando a lo largo del tramo (Km 12+400) ahuellamientos, tramos encala minados, y en general una superficie de rodadura endeble propiciando que la circulación tanto vehicular como peatonal expelan partículas finas (polvo) que afectan de la salud de los pobladores aledaños a la vía, gestando evidentemente la expansión de enfermedades infectocontagiosas primordialmente respiratorias, adicionalmente las condiciones insalubres que esto vislumbra.

Se enfoca principalmente en resolver los inconvenientes actuales del camino vecinal en el tramo Panamericana Norte km 720 – anexo Santa María, a través de una propuesta concreta la cual es diseño del mejoramiento de carretera a nivel de afirmado el tramo Panamericana Norte km 720 – anexo Santa María, Pacanga, Chepén - La Libertad. Utilizando un planteamiento adecuado de diseño geométrico, de este camino vecinal, empleando todas las metodologías descritas en el Manual de Carreteras (DG-2018).

En la actualidad la vía de acceso al Anexo Santa María – Panamericana Km 720 es un camino de trocha, que se encuentra en mal estado, presentando bastantes huecos en toda su longitud lo cual imposibilita el tránsito vehicular, dificultando el ingreso de productos de primera necesidad para los pobladores del anexo Santa María.

Es por ello, que la Municipalidad Distrital de Pacanga se encuentra comprometida con el mejoramiento de dicha vía y en compromiso asumido con sus ciudadanos con la finalidad de brindarles una mejor calidad de vida y aliviar en parte todos los problemas que ocasiona esta vía en mal estado, dentro de sus objetivos, la municipalidad realizará la ejecución de esta importante carretera.

1.2. Trabajos previos

Se han considerado los siguientes estudios como antecedentes sobre mejoramiento de carretera y nivel de afirmado:

Los autores (Oikonomou & Eskioglou, 2007), en la investigación “Alternative fillers for use in slurry seal”, tiene como objetivo aplicar sello de lodo para pavimentación de bajo costo y mantenimiento de superficies. Se utilizan agregados, emulsión de asfalto, agua y rellenos como Portland para crear sellado de lechada cemento (principalmente), cal y otros materiales. Este artículo presenta el uso de rellenos alternativos en lugar de costosos y de alto consumo cemento energético. El uso de estos subproductos minimizará sus depósitos y, de forma paralela, disminuir el uso de la cantidad correspondiente de cemento ahorrando materias primas y energía consumido para su producción.

(Iñiguez, 2015) en su tesis “Criterios socio-económicos para la apertura de caminos de acceso rural y su efecto en la producción agrícola (altiplano norte de Bolivia)” con el objetivo principal el tratar de contribuir con criterios adecuados que se requiere para la solución de los graves problemas de atraso y estancamiento que durante siglos soporta estoicamente el pueblo todo y muy especialmente el campesino boliviano, a cuyo nombre se elaboran numerosos y carísimos "proyectos" denominados de "desarrollo", sin haberse modificado significativamente BU situación cuantitativa o cualitativa. Mostrar que se puede estimular incrementos en el flujo de inversiones dirigidas a la generación de infraestructura rural, particularmente para la construcción, mejoramiento, rehabilitación y/o mantenimiento de caminos rurales a través del estudio, revisión y aplicación práctica y objetiva de metodologías sugeridas por organismos financiadores de este tipo de proyectos (B.I.D., U.S.A.I.D., NN. UU, B.M., etc.), que exigen indicadores vigentes de rentabilidad. Proponer que las decisiones sean que la ejecución de estas obras necesariamente emplee la mano de obra local comunitaria, actualmente desocupada o subempleada, a cambio de un salario justo que resultó ser mayor que el actual agrario; que indirectamente cumple uno de los objetivos principales de gobierno de distribuir equitativamente el ingreso nacional. Salario que por su carácter extraordinario tiene entre otras, la posibilidad de incrementar la producción agraria en el área determinada como la de influencia. Adicionalmente el hacer participar a las comunidades locales del área en la ejecución de estas obras acrecentará la necesaria

conciencia que todo beneficiario debe tener para el cuidado y conservación de esta infraestructura vital para BU bienestar y desarrollo. Finalmente el tratar las variables inherentes a la economía rural relacionada con la de los transportes, ambas tan particulares y sujetas a variables complejas, permiten estimar cuantitativamente en forma parcial algunos de los muchos beneficios atribuibles a una inversión vial (ahorros en: costos de operación, tiempo, pérdidas, etc.), El lograr estos objetivos permitiré racionalizar la tradicional dispersión y despilfarro de recursos humanos y financieros logrando borrar la imagen ganada de "país extremadamente pobre pero constructor de catedrales en los desiertos", Finalmente en el campo de las motivaciones, el no haber encontrado estudios similares, hace suponer el sentido pionero que pueda tener el presente trabajo, que servirá como estímulo para futuras investigaciones.

(Aules, 2015) en su tesis “Estudio de la rehabilitación y ampliación de vía la boca – las gilces ubicada en la provincia de Manabí, longitud 3.6km” Con el objetivo Se ha recalado que la rehabilitación inmediata de esta vía, favorece un ahorro de tiempo y economía, en acceso rápido y cómodo para algunos sectores de la región, y que, además, contribuye al mejoramiento paisajístico del entorno para las comunidades propias y cercanas a la vía. Con las conclusiones, Existen otros tipos de ensayos en la actualidad que permiten determinar la vida útil de una obra vial existente y con esto una mejor intervención y reducción en los costos de rehabilitación, La realización de estas mejoras beneficiara el desarrollo de las comunidades adyacentes a la vía y a las que se encuentran vinculada a ella de manera indirecta, Las actividades empleadas para este tipo de trabajos tienen un carácter similar a los empleados en una vía nueva.

(Villacais, 2015) en su tesis “Manual de optimización práctica para la revisión del estudio de diseño de pavimentos”. El propósito del procedimiento descrito en el manual se presenta en la primera sección. Es una base teórica en la que contempla todos los aspectos dentro de un diseño de pavimentos, que van desde el diseño del suelo para la cimentación, hasta el diseño del pavimento por capas. Se incluye el caudal en gramos del diseño del pavimento, lo que facilita la comprensión y la contribución al diseño de diferentes tipos de pavimento. Toda esta investigación ha sido compilada para hacer esto. Útil para todos aquellos que, de una manera u otra, están conectados a diferentes actividades y etapas de un proyecto de pavimento.

(Bautista, 2018) en su tesis “Diseño del pavimento bicapa de la carretera entre Palo Blanco y Alto Perú, para mejorar la transpirabilidad - Motupe”. Con el objetivo para lograr mejorar la transitabilidad según los requisitos que se va solicitar, considerando la DG vial. La población está constituida por los centros poblados que se va a realizar el diseño de la pista, y se tendrá como resultado el diseño consolidado. Finalmente, como conclusión, enfatiza que la topografía es plana, el estudio de suelos evidencia la posibilidad de diseñar un pavimento con una estructura de bicapa.

(Aguilar. 2016) en su tesis “Diseño geométrico y pavimento flexible para mejorar accesibilidad vial en tres centros poblados, Pomalca, Lambayeque – 2016”. Con el objetivo de mejorar el diseño y la línea geométrica para la accesibilidad de carreteras y peatones en el área de intervención. Los pueblos están conectados por la red vecinal del distrito de Pomalca. Cumplir con las 208 viviendas de estas 3 comunidades de la ciudad de Pomalca. Como resultado, la topografía es plana con pocas pendientes. Y con la conclusión del trabajo de campo consta de 6 pozos de prueba.

(Peña. 2017) en su tesis "Diseño de los tramos de carretera: Alto Huayatan - Cauchalda - Rayambara, distrito de Santiago de Chuco, departamento de la libertad". Con el objetivo de diseñar la ruta para las ciudades de Alto Huayatan - Rayambara - Cauchalda, utilizando la DG-2014. La población en el proyecto en estudio y toda el área de influencia de sí misma. En consecuencia, en los diferentes capítulos específicos, se conocen dos características para la totalidad del camino, de menos de 7,018 km de largo, desde la aldea de Alto Huayatan hasta la de Rayambara, cada uno de los estudios se llevó a cabo teniendo en cuenta de los manuales y normativas vigentes. En conclusión, la topografía de la zona de influencia indica que se trata de un terreno montañoso, ya que su orografía se compone de 80% de pendientes superiores al 53%., A partir del estudio de la mecánica del suelo hasta 7 pozos tomados del piso de la carretera, la carretera está clasificada como una carretera de tercera clase.

(García & Vásquez, 2018) En investigación denominada “Estudio definitivo del camino vecinal empalme SM - 569 (Puente Yuracyacu) - Sector Limones, a nivel de afirmado distrito de Moyobamba - San Martín”, se ejecutó con el objetivo de dar solución a la problemática vigente en esta zona rural de Moyobamba, por su elevado problema de transitabilidad. Se planteó dar solución técnica utilizando metodología de normas vigentes para el diseño de la vía, que diseña la carretera con estudios que van desde la topografía hasta el diseño del pavimento a nivel de afirmado. Llegando a la conclusión

que este proyecto ayuda al desarrollo socioeconómico de la zona pues realiza el intercambio comercial y cultural de los caseríos vecinos.

(Valencia, 2017) en su tesis “Diseño para el mejoramiento de la carretera ruta 127, tramo: dv .li- 119 – Áncash – Las piedras – José Faustino Sánchez Carrión, distrito y provincia Julcán – departamento La Libertad”. Mantiene como objetivo diseñar el mejoramiento de una vía que permitirá mejorar la condición de vida de su población aledaña, e integrar al sistema vial, utilizando las normativas actuales. La población beneficiada es de 13012 habitantes. La carretera a mejorar es de 7.33 Kms. El mejoramiento a ser a nivel de afirmado, contó con las siguientes capas: 0.15 m de sub-base y 0.20 m de base.

(Reyes, 2017) en su tesis “Diseño de la carretera en el tramo, el progreso – Tiopampa, distrito de Chugay, provincia de Sánchez Carrión, departamento la libertad”. Presentó como objetivo diseñar la vía dentro de este sector con el fin de reducir los tiempos de viaje. La población beneficiada es toda la perteneciente a Tiopampa. Y tuvo como resultado que la vía diseñada presenta las características necesarias bajo la normativa vigente y se une a la red vecinal, lo que permite el progreso del sector. Se concluye, que se realiza un total de 5 calicatas para el estudio de mecánica de suelos, la topografía presenta un área accidentada, mientras que, en el impacto ambiental, los positivos superan los negativos, llegando estos a existir una vez terminada la carretera.

1.3. Teorías relacionadas al tema

Conjuntamente, en este trabajo recogemos conceptos como:

Carreteras

Para Cárdenas, una carretera es una vía de transporte terrestre cuyo propósito es interconectar pueblos con el fin de realizar un intercambio económico, social y cultural. (Cárdenas Grisales, 2013).

Estudio Topográfico

Son trabajos de campo que se realizan con el fin de representar de manera gráfica en un plano la superficie, relieve y forma de un terreno determinado, ello con el fin de realizar en ese sector posteriores trabajos de ingeniería que permitan el desarrollo humano. (Franquet & Querol, 2010).

Estudio de mecánica de suelos

Es aquel documento técnico que representa los estudios realizados sobre un suelo en una determina área de campo y que son analizados en un laboratorio y posteriormente procesados en gabinete, cuya finalidad es analizar las características de los suelos para determinar cuanta carga puede soportar. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Estudio Hidrológico y Drenaje

Contempla estudiar y analizar las precipitaciones en una zona determinada a través de estudios meteorológicos que permitan establecer periodos de diseño de las estructuras para periodos a futuro. (Puelles Maza, 2015)

Diseño Geométrico

Contempla las formas con la que se tienen que diseñar las vías terrestres en un territorio, dependiente la topografía, el suelo y condiciones hidrológicas, clasificando las vías según su importancia. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Impacto Ambiental

Es la consecuencia de la actividad humana sobre el medio ambiente durante la ejecución de una obra de construcción. Los impactos al medio ambiente pueden ser positivos o negativos, y la viabilidad de los proyectos radica en conocer cuál de estos dos impactos se impone sobre el otro y trae beneficios. Además, conocer el impacto ambiental, es clave para elaborar planes de contingencia y medidas de mitigación en los proyectos ejecutados, con el fin de no dañar el medio ambiente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

Costos y Presupuesto

Es aquel estudio en el que se estima los costos que significa ejecutar proyectos durante un periodo determinado y que enlaza los metrados de un proyecto con el costo unitario de cada uno de los insumos que contempla ejecutar las actividades. Estos costos son los llamados costos directos, además, se contempla también costos indirectos al proyecto, los cuales son los costos administrativos de las actividades. El objetivo principal es estimar el costo de ejecución del proyecto. (Del Río, 2002).

Levantamiento Planimétrico

Es el estudio, en el que se recoge información del área métrica donde se ejecutará una obra.

Perfil Longitudinal

Representa las diferencias de altura de un punto a otro, reflejándose las pendientes de terreno y distancias máximas de trayecto. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

Pendientes

Es el grado de inclinación del terreno, medido en porcentaje. (Antonio Comino, Tim Brzezinski).

Vista de planta

Desde arriba, donde los elementos del techo se proyectan hacia abajo, de modo que, si miras lo que está a la derecha desde abajo, aparecerá en planta a la izquierda.

Granulometría

Es un ensayo de laboratorio cuyo fin es determinar el tamaño y diámetro de las partículas de suelo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Contenido de humedad

Es el porcentaje de agua que contiene una muestra de suelo, al ser transitada de estado natural ha estado seco controlado en un horno a temperatura estable de 105°C. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Limite líquido

Es el contenido de humedad del suelo, llevado a condición plástica y líquida, utilizando la herramienta de Copa de Casagrande. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

Limite plástico

Es el contenido de humedad del suelo, llevado a un estado plástico y semisólido, realizando cortes de suelo del tamaño de una tinta de lapicero. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

Proctor modificado

Ensayo de laboratorio que permite conocer la densidad máxima del suelo y el óptimo contenido de humedad, realizando esfuerzos de compactación. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Ensayo de C.B.R.

Es la capacidad de soporte del suelo, llevado a estados de compactación, saturación y penetración. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

Caudal

Es la cantidad en unidad de volumen con el que se mide un fluido que atraviesa e en un tiempo determinado en un área determinada.

Cuencas

Es el área de terreno donde se reúnen las aguas que caen de quebradas y que se juntan para formar un río mayor, lago o mar.

Velocidad de diseño

Es aquella con la que se diseña una vía, y que es la máxima con la que un vehículo puede transitar según los parámetros de diseño. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Peralte

Es la inclinación de terreno transversal que se presenta en las carreteras en los tramos de curva, cuyo objetivo es contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Sobre ancho

Es aquel ancho adicional diseñado en los tramos de curva de una vía, cuyo objetivo es brindar al vehículo un espacio de seguridad al girar. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

Bombeo

Es aquella inclinación transversal que presenta la carretera cuyo objetivo es facilitar el drenaje superficial producto de precipitaciones. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

Derecho de vía

Es la faja de terreno de ancho variable, dentro del cual se encuentran todas las partes de una carretera, desde la calzada hasta las obras de complemento o servicio o mantenimiento. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

Señalización

Es un estudio dentro del diseño geométrico, en el que se colocan dispositivos de tránsito con el fin de regular, reglamentar e informar al usuario, manteniendo la seguridad y comodidad en el tránsito. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008).

Metrado

Es la cuantificación a detalle de las actividades que se tienen que ejecutar en una actividad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008)

1.4. Formulación del problema

¿En qué medida el diseño a nivel de afirmado satisface las necesidades de tránsito de la carretera en el tramo Panamericana norte km 720 – anexo Santa María Pacanga, Chepén - La Libertad?

1.5. Justificación del estudio

La presente investigación se justifica ya que su ejecución brindara el crecimiento económico, social, ambiental y cultural de la población del anexo Santa María, ante la necesidad de contar con una vía en perfectas condiciones que les permita tener mejor acceso a la zona y trasladar mejor a sus productos, reducir el tiempo de llegada al anexo Santa María, reducir la contaminación ambiental, los accidentes de tránsito y tener una mejor calidad de vida. En el ámbito social, su importancia reside en mejorar el estado de la vía del ámbito vecinal, lo que beneficiará en el desarrollo económico, social y cultural. Económicamente, los habitantes del anexo Santa María tendrán más oportunidades de trabajo e incrementar así su economía, mejorando las ventas de sus productos agrícolas, mejorando el comercio en general; mientras que ambientalmente, se disminuirá el mal estado de la carretera que origina polvo en suspensión afectando la salud de los pobladores y la alta contaminación ambiental que existe actualmente en la zona, uno de los agentes contaminantes es el polvo, el cual causa bastantes enfermedades respiratorias y ópticas a los transeúntes. Por último, la justificación técnica radica en que el estudio permitirá ahondar y reforzar los conocimientos adquiridos, referente al diseño geométrico y construcción vial, mejorando la carretera (km. 16+400) en cuanto a pendientes de bombeo, curvas horizontales, así como el ancho de la plataforma y mermar el problema que tiene la superficie de rodadura, haciendo uso de la normatividad peruana vigente (DG-2018) principalmente, así como las teorías relacionadas al tema.

1.6. Hipótesis

El diseño de la carretera a nivel de afirmado satisfecerá la necesidad de transitabilidad vial en el tramo Panamericana Norte km 720 – Anexo Santa María Pacanga, Chepén - La Libertad para el volumen de vehículos proyectado.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Diseñar la estructura del pavimento de la carretera a nivel de afirmado en el tramo Panamericana Norte km 720 – Anexo Santa María Pacanga, Chepén - La Libertad.

1.7.2. Objetivos específicos

Ejecutar los Estudios Topográficos

Estudio de Mecánica de Suelos de subrasante y material de préstamo

Estudio hidrológico

Ejecutar el Estudio de Tráfico actual y proyectado al año 2029

Diseñar las obras de arte

Realizar el diseño geométrico en planta de la carretera

Elaborar la señalización de la carretera

Diseñar la estructura del pavimento a nivel de afirmado

II. METODOLOGÍA

2.1 Diseño de investigación

El tipo de investigación es cuantitativa, ya que existe una secuencia de procesos donde no se puede omitir algún paso, es ahí donde nacen las hipótesis y variables. Asimismo, el alcance que tiene esta investigación es de tipo descriptiva y por lo tanto el esquema a usar será el siguiente: (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010)

2.2 Variables, operacionalización

2.2.1 Identificación de variables

Diseño de la carretera a nivel de afirmado del tramo panamericana norte km 720 – anexo Santa María Pacanga, Chepén, la Libertad.

2.2.2 Operacionalización

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicaciones	Escala de medición
"DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO EN EL TRAMO PANAMERICANA NORTE KM 720- ANEXO SANTA MARÍA, PACANGA, CHEPEN - LA LIBERTAD"	El diseño radica en mejorar, extender los parámetros técnicos e instituir las características geométricas y estructurales de la carretera, con fines de mejorar la transitabilidad.	El diseño de la carretera se enfoca en estudio topográfico, software de análisis topográfico, hidrológico y drenaje, estudio de mecánica de suelos, obras de arte, diseño geométrico, impacto ambiental y el desarrollo del presupuesto del proyecto. DG. 2018: Manual para el Diseño de carreteras no pavimentada de bajo volumen de tránsito.	Estudio topográfico	Levantamiento planímetro	Intervalo
				Perfil longitudinal	Intervalo
				Pendientes	Intervalo
				Vista de planta y secciones	Intervalo
			Estudio de mecánica de suelos	Granulometría	Razón
				Contenido de humedad	Razón
				Límite líquido	Razón
				Límite plástico	Razón
				Proctor modificado	Razón
				C.B.R.	Razón
			Estudio hidrológico y drenaje	Precipitaciones	Intervalo
				Caudal	Intervalo
				Cuecas	Intervalo
			Diseño geométrico	Parámetros básicos de diseño	Intervalo
				Velocidad de diseño	Intervalo
				Radio de curva	Intervalo
				Peralte	Razón
				Longitud transversal	Intervalo
Sobre ancho	Intervalo				
Bombeo	Razón				
Derecho vía	Intervalo				
Señalización	Razón				

Fuente: Elaboración Propia

2.3 Población y muestra

La población del diseño del proyecto está conformada por la carretera del Anexo – Santa María; mientras que la muestra está comprendida por los 12.400 km de carretera y el Anexo -Santa María.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Recolección de datos

Técnica(s): Se utilizará las técnicas de observación, en la obtención de datos de topografía, estudio de suelos, hidrología, etc.

Instrumento(s): De acuerdo con la(s) técnica(s) aplicada(s), el instrumento utilizado será el Manual de carreteras de Diseño Geométrico (DG-2018), el cual recopila procedimientos para diseños de infraestructura vial, con respecto a su idea y desarrollo y según concluyentes parámetros. Incluye la investigación para otros procedimientos, en la fabricación del diseño geométrico, según categoría y nivel de servicio. Este manual fue aprobado por RD. N° 028-2014-MTC/14 (MTC, 2018).

2.5 Procedimiento

2.5.1 Estudio topográfico

2.5.1.1. Generalidades

El presente estudio topográfico consiste en la recopilación de información para poder realizar con sucesión un plano que manifieste el mayor detalle y exactitud viable del terreno en cuestión, estableciendo las posiciones relativas de una cantidad de puntos dentro del plano horizontal, es decir lo que llamamos planimetría, y por otro lado determinar la altura de esos mismos puntos lo que conocemos como altimetría. Así mismo se establecen coordenadas graficas UTM para puntos de referencia requeridos. Representar gráficamente el terreno en cuestión, por medio del estudio topográfico, situando en el mismo, la ruta seleccionada de la carretera a diseñar. Consecuentemente brindar las características del área en estudio.

2.5.1.2.Ubicación

El proyecto se encuentra ubicada a 1 km al norte del Centro Poblado Menor de Pacanguilla en la Panamericana norte km 720 con las coordenadas de inicio $-7^{\circ} 8' 22.47''$ latitud Sur, $-79^{\circ} 27' 37.55''$ longitud Oeste, hacia el anexo Santa María ubicado

con las coordenadas de final $-7^{\circ} 7' 22.70''$ latitud Sur, $-79^{\circ} 33' 49.53''$ longitud Oeste están en la zona de huso 17M de la zona horaria del Perú UTC-5.

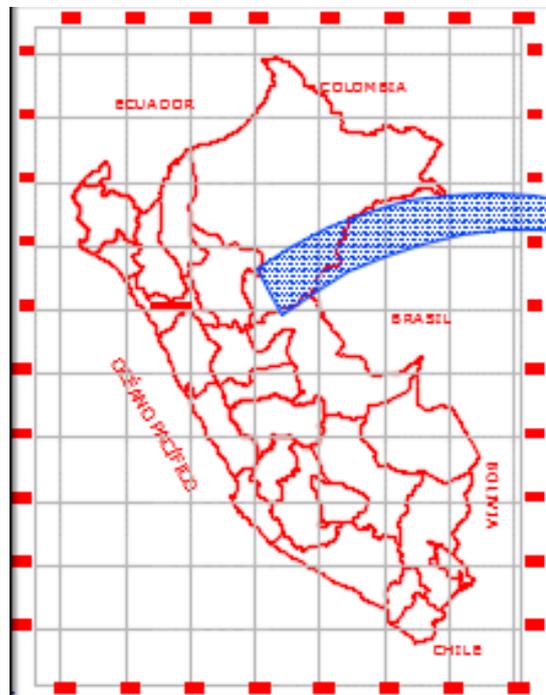


Ilustración 1: Mapa político de La Libertad
Fuente: Elaboración Propia

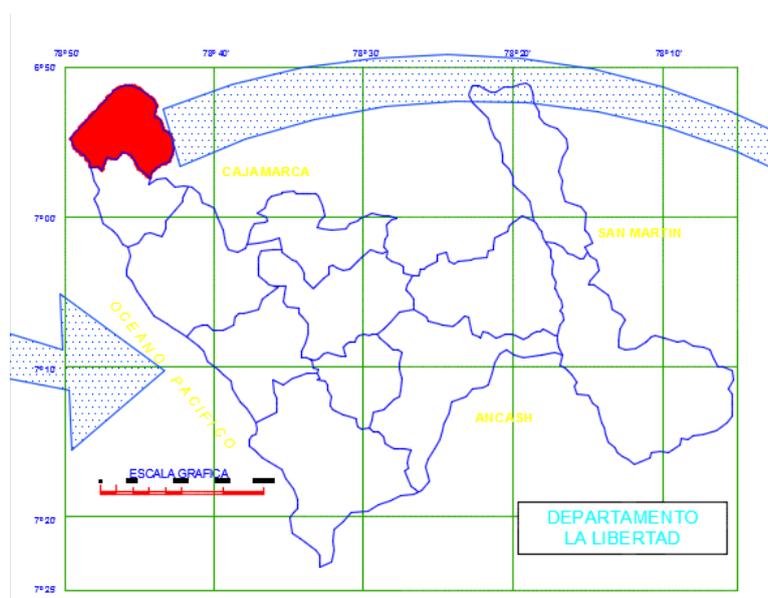


Ilustración 2: Departamento de La Libertad
Fuente: Elaboración Propia

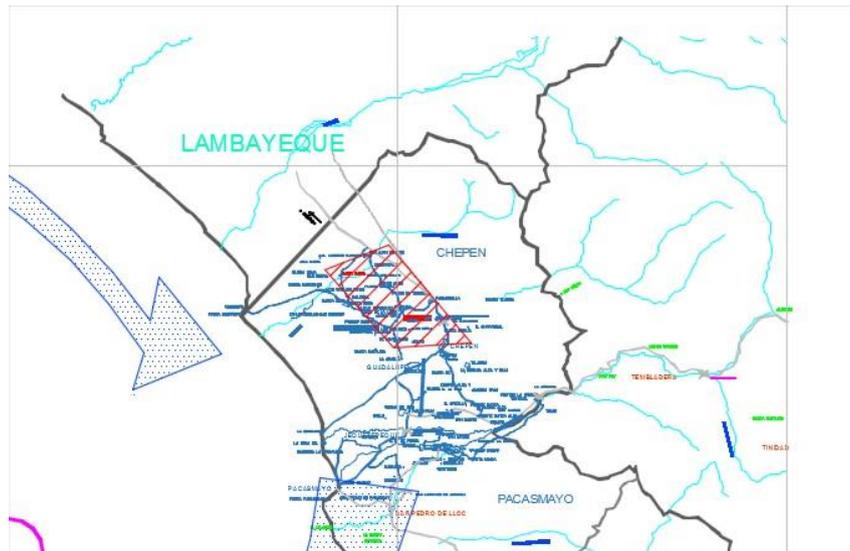


Ilustración 3: Provincia de Chepén
Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 4: Zona de Estudio
Fuente: Elaboración Propia

2.5.1.3. Reconocimiento de la zona

Se realizará objetivamente, recorriendo y verificando toda la extensión del área en estudio recopilando data topográfica utilizando equipos de topografía (Estación Total) se determinará detalles del terreno y la posibilidad de drenes existentes en todo el largo del acceso al Anexo - Santa María.

2.5.1.4. Trabajo de Gabinete

25.1.4.1. Procesamiento de la información de campo y dibujo de planos

El trabajo de gabinete se realizará de la siguiente manera:

- ✓ Se realiza la importación de la data obtenida en campo mediante USB, con formato de extensión libro de Excel (.csv).
- ✓ Se procesan los datos utilizando el Civil 3D 2018.

2.5.2 Estudio de Mecánica de Suelos y Cantera

2.5.2.1. Estudio de Suelo

25.2.1.1. Determinación de calicatas

Numero de calicatas para exploración del suelo

Tabla 2: Sustento de Calicatas

Tipo de carretera	Profundidad (m)	N° min. Calicatas	Observación
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 Vehículo/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub-rasante de proyecto.	1 calicata por km	Se ubicará longitudinalmente y en forma alternada

Fuente: Capítulo IV. Suelos, del manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Sección: Suelos y Pavimentos

252.12. Determinación del Número de CBR

Número de ensayos de CBR

Tabla 3: Sustento de Calicatas

Tipo de carretera	Profundidad (m)	N° CBR	Observación
Carreteras de Bajo Volumen de tránsito: carreteras con un $IMDA \leq 200$ vehículo/día, de una calzada.	Calicata a 1.50 m	Cada 3 Km se realizará un CBR	45 kg de muestra de suelo

Fuente: Capítulo IV. Suelos, del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Sección: Suelos y Pavimentos

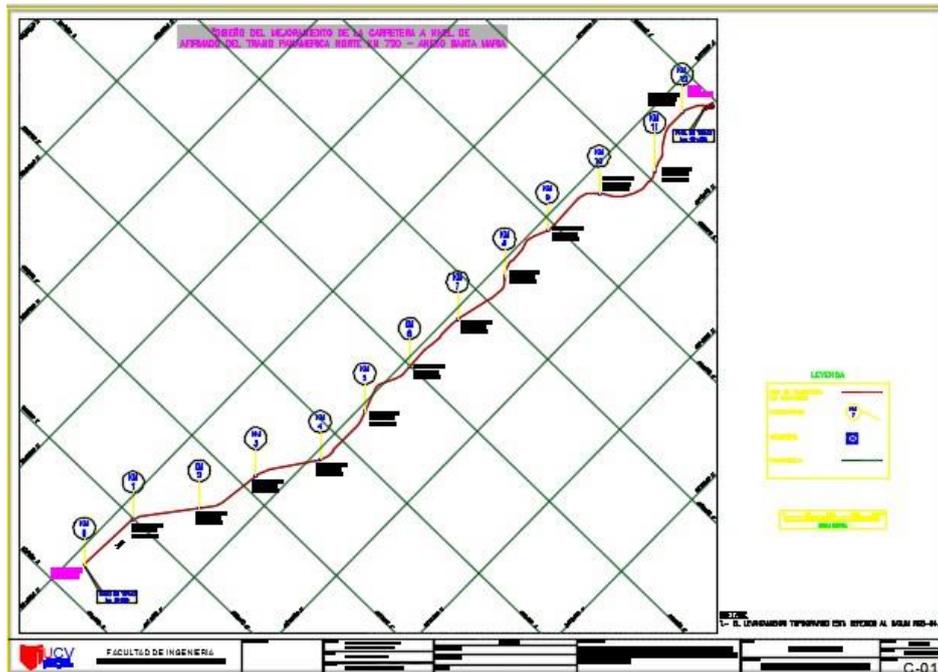


Ilustración 5: Plano de ejecución de calicatas

Elaboración Propia

2.5.2.2. Descripción de los trabajos

Las tareas realizadas en el laboratorio Estudio de suelos con fines de clasificación y determinación de las características físicas y mecánicas del suelo, este se llevó a cabo

realizando 12 exploraciones a tajo abierto con una sección de 1.20 x 1.20 m. y a una profundidad mínima de 1.50 m. esto con el objeto de corroborar la ausencia de agua a esta altura; no obstante, para la extracción de las muestras y efectuar los ensayos de CBR y Proctor modificado estas deben hacerse a 0.60 m. por debajo del nivel de la sub-rasante. Acorde con las recomendaciones por parte del MTC para carreteras de bajo volumen de tránsito indica realizar calicatas para exploración de suelos cada 1 kilómetro, con estudios de CBR cada 3 kilómetros.

(MTC, Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018., 2018).

2.5.2.1. Granulometría por lavado y tamizado (MTC E 202 y MTC E 204)

2.5.2.2.1.1. Procedimientos

Para el procedimiento se llevará a cabo la determinación del material más fino que la malla N°200 y la gradación del suelo en lo retenido.

- i. Análisis granulométrico
 - Secar la muestra de ensayo hasta lograr una masa constante en el horno de secado ($110^{\circ}\text{C} \pm 5$) por 24 horas.
 - Dejar secar y establecer la masa con precisión de 0.1 gr ó 0.1 % de la masa de la muestra original seca y el recipiente.
 - Ubicar la muestra de ensayo en el depósito y añada agua bastante para cubrirla. Ningún detergente, agente dispersante, u otra sustancia deberá ser añadida al agua.
 - Seleccionar las mallas 3/4", 3/8" y N°200 para efectuar el siguiente procedimiento.
 - Agitar la muestra con bastante fuerza que resulte en una completa separación de todas las partículas más finas que el tamiz de $75\mu\text{m}$ (N°. 200) de las partículas más gruesas, consiguiendo la suspensión del material más fino.
 - Inmediatamente vierta el agua de lavado con los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices armados, arreglados con el tamiz más grueso en la parte superior.
 - Repetir el procedimiento anterior, hasta obtener un agua de lavado clara.
 - Secar la muestra lavada hasta una aglomeración constante en el horno de secado ($110^{\circ}\text{C} \pm 5$) por 24 horas.
 - Anotar peso final como peso de muestra decantada seca.

ii. Análisis granulométrico por tamizado

Utilizado para hallar la gradación de la arena retenida en la malla N°200 en el tamizado por lavado.

- Utilizar la muestra original seca como peso total de la muestra a analizar.
- Seleccionar tamices (2", 1 ½", 1", ¾", 3/8", 4, 10, 20, 40, 60, 100, 200 y fondo).
- Colocar los tamices de forma ordenada, de abertura gruesa a fina.
- Colocar los tamices en un agitador eléctrico (Opcional).
- Colocar la muestra sobre el tamiz superior y dejar zarandear por 5 minutos de forma mecánica o usando el agitador.
- Pesar muestras retenidas en cada tamiz.

2.5.2.2.1.2.

2.5.2.2.1.3. Reporte de cálculos

i. Análisis granulométrico por lavado

Reportar los cálculos obtenidos para la fracción de material más fino que la malla N°200(0.075mm), de la siguiente manera.

$$A = \left(\frac{B - C}{B} \right) \times 100$$

Donde:

A: Porcentaje de material más fino que la malla N°200 (0.075mm)

B: Muestra original seca

C: Muestra final decantada seca

2.5.2.2.2. Contenido de Humedad (MTC E 108)

2.5.2.2.2.1. Procedimientos

- Para el previo muestreo, seleccionar la cantidad de muestra para hallar el contenido de agua. Utilizar un mínimo de 20 gr para cualquier tamaño de partícula.
- Establecer y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- Ubicar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza.

- Mover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta conseguir una masa constante. Conservar el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se defina otra temperatura. El tiempo solicitado para mantener peso constante variar dependiendo del tipo de material, dimensión de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. Con un mínimo de 16 horas y recomendable 24 horas.
- Posteriormente que el material se haya secado a peso constante, se moverá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se admitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser maniobrado plácidamente con las manos.
- Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno.

i. Reporte de cálculos

Calcular la humedad del suelo o material utilizando la siguiente formula:

$$H\% = \frac{(B - C)}{(C - A)} = \frac{D}{E} \times 100$$

Dónde:

A = Peso del contenedor en gramos

B = Peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

C = Peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos

D = Peso del agua, en gramos

E = Peso de las partículas sólidas del suelo, en gramos

Reportar los cálculos de la siguiente manera:

- La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el número de la perforación, número de muestra, número de ensayo, número de contenedor, etc.
- Indicar el método de secado si es desigual del secado en horno a 110 ± 5 °C.
- Indicar si se prescindió algún material del espécimen de ensayo.

25223. Límite Líquido (MTC E 110)

2.5.2.2.3.1. Procedimientos

- Se utilizará muestras entre 150 y 200g, pasantes del tamiz N°40.
- Agregar a la muestra en un recipiente, una cantidad arbitraria de agua, seguido de un amasado constante con ayuda de la espátula.
- Ubicar una fracción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa reposa sobre la base, presionándola, y

esparciéndola en la copa hasta una profundidad de alrededor de 10 mm en su punto más profundo, formando una zona aproximadamente horizontal.

- Utilizando el acanalador, fraccionar la muestra contenida en la copa, haciendo un surco a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el orilla de la copa. Cuando se corte la ranura, mantener el acanalador contra la zona de la copa y delinear un arco, conservando la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento.
- Elevar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en relación en la base de la ranura una longitud de 13 mm.
- Registrar el número de golpes, N, necesario para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- Combinar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para agrandar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura.
- Una de estas pruebas se establecerá para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- Pesar cada muestra obtenida con recipiente, como peso de tara y suelo húmedo.
- Establecer el contenido de humedad, $w\%$, de la muestra de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo MTC E 108.

2.5.2.2.3.2. Reporte de cálculos

i. Método A

- Para realizar los cálculos se seguirá la norma MTC E 108, para el cálculo del contenido de humedad.
- Para límite líquido se elaborará 3 pruebas como mínimo, siguiendo los intervalos de golpes en la cuchara Casagrande.
- Aplicar la fórmula de humedad.

$$w\% = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100$$

w = Contenido de agua del suelo (%)

W_1 = Peso de la masa de suelo húmedo y el recipiente (g).

W_2 = Peso de la masa de suelo seco y el recipiente (g).

W_3 = Peso del recipiente (g).

W_0 = Peso de la masa de suelo seco (g).

- Encontrar el límite líquido, elaborando la gráfica de la curva de fluidez. Utilizando en número de golpes en las abscisas y el contenido de humedad hallado para cada número de golpes en las ordenadas.
- Hallar la línea de tendencia de la gráfica y proyectar el eje de abscisas para 25 golpes representado el límite líquido en el eje ordenado.

ii. Método B

- Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W_n \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = W_n K$$

Dónde:

N: Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad

W_n : Contenido de humedad del suelo en el número de golpes requeridos para cerrar la ranura

K: Factor dado en la tabla

- Reportar el contenido de humedad para cada muestra, y el límite líquido hallado.
- Es opcional hallar más contenidos de humedades para intervalos de golpes de 6 a 35.

25224. Límite Plástico y Determinación del Índice de Plasticidad (MTC E 111)

2.5.2.2.4.1. Procedimientos

- Si se pretende determinar sólo el L.P., se toman alrededor de 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 mm (N° 40), apto para el ensayo de límite líquido.
- Se amasa con agua destilada hasta que pueda constituir con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera a manera de muestra para el ensayo.

- Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión rigurosamente necesaria para formar cilindros.
- Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha deshecho, se vuelve a hacer un elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone alrededor de con dicho diámetro.
- Colocar las muestras en taras rotuladas y proceder a registrar el peso de la tara más suelo húmedo.
- Determinar el contenido de humedad, $w\%$, del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo MTC E 108.

2.5.2.2.4.2. Reporte de cálculos

- Calcular el promedio de dos contenidos de humedad.
- El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$w\% = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100$$

w = Contenido de agua del suelo (%)

W_1 = Peso de la masa de suelo húmedo y el recipiente (g).

W_2 = Peso de la masa de suelo seco y el recipiente (g).

W_3 = Peso del recipiente (g).

W_0 = Peso de la masa de suelo seco (g).

Con lo calculado se procederá a determinar la plasticidad del suelo con el índice de plasticidad.

$$IP = LL - LP$$

Dónde:

IP: Índice de plasticidad

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).

Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

2.5.2.2.5. Compactación del Suelo Mediante Proctor Modificado (MTC E 115)

Para este ensayo se proporciona 3 métodos alternativos, el cual es seleccionado según la gradación del suelo usando los tamices 3/4", 3/8" y N°4, y tomando en cuenta el siguiente criterio:

2.5.2.2.5.1. Procedimientos

- Posterior a realizar el ensayo de compactación, lo recomendable es que, si la muestra se halla demasiado húmeda, se debe de secar al aire libre o en un horno por aproximadamente 24 horas.
- Luego de ser retirada del horno, se debe tamizar el material por las mallas de 3/4", 3/8" y N°4 ya agrupadas posteriormente.
- Ya teniendo los valores de los retenidos acumulados en las mallas, se procederá a seleccionar el método.
- Ya con el método, se procede a calcular el volumen del molde, ya que este no es un valor constante mediante la determinación de la densidad de la arena, la cual es obtenida mediante ensayo de laboratorio.
- Se establece la masa del molde y el plato de base.
- Se procede a colocar el suelo con un cierto contenido de humedad ya determinado, siendo posteriormente ensamblado y asegurado el molde y el collar al plato base.
- Compactar el espécimen en cinco capas preferiblemente de igual espesor, con la cantidad de golpes ya determinado según el método seleccionado.
- Remover el collar y plato base del molde. Luego se debe proceder a enrazar el material ya compactado mediante el uso de una regla metálica.
- Pesar el molde con el suelo compactado.
- Se procede a extraer el material de la parte interior del compactado para así poder determinar su contenido de humedad.
- Repetir el procedimiento para 3 o 4 puntos más, los cuales tendrán un contenido de humedad distintito, pero cercano al óptimo.

2.5.2.2.5.2. Reporte de cálculos

- Para obtener el contenido de humedad de cada punto, se calcula con la siguiente expresión (MTC E 108):0

$$w\% = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100$$

w = Contenido de agua del suelo (%)

W_1 = Peso de la masa de suelo húmedo y el recipiente (g).

W_2 = Peso de la masa de suelo seco y el recipiente (g).

W_3 = Peso del recipiente (g).

W_0 = Peso de la masa de suelo seco (g).

- Para determinar la densidad húmeda, se usó la siguiente expresión:

$$\gamma_w = \frac{(Pm + mc) - (Pm)}{Vm}$$

Pm = Peso molde vacío

mc = Peso material compactado.

Vm = Volumen de molde

W_0 = Peso de la masa de suelo seco (g).

- Para determinar la densidad seca, se usó la siguiente expresión:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w}{1 + w\%}$$

γ_w = Densidad húmeda

$w\%$ = Contenido de humedad

W_0 = Peso de la masa de suelo seco (g).

2.5.2.3. Estudio de cantera

2523.1. Identificación de cantera

Dentro del área de influencia del proyecto se ubicó la cantera privada para extracción de material afirmado tratando de que esta se encuentre lo más cercano posible a la ejecución de los trabajos.

2523.2. Ubicación

La cantera Medina de propiedad privada está ubicada a 10 km. Desde un punto medio de área de influencia del proyecto, tiene un área aproximada de 6.62 ha. Esta cantera tiene una potencia de sobrepasa 300,000.00 m³, el proyecto está considerado un metrado de base granular 35,069.62m³.

2.5.3 Estudio de Tráfico

2.5.3.1. Generalidades

El estudio de tráfico es uno de los principales estudios en la realización de proyectos de carreteras, donde se realiza un conteo de todos los automóviles que transcurren por

la vía en una y otra direcciones, datos que sirven para el cálculo del índice medio diario (IMD) y del índice medio diario anual (IMDA).

El conteo vehicular cumple la función para el procesamiento de datos de los ejes equivalentes, donde cada tipo de vehículo tiene una configuración propia de distribución del peso en sus ejes, que serán convertidos en un estándar para poder realizar los cálculos posteriores en la fecha proyectada de diseño denominado ESAL (equivalent simple axial load).

2.5.3.2. Procedimiento

- Realizar el conteo vehicular in situ durante 7 días en un periodo de 24 horas.
- Determinar el IMD cálculo un promedio entre el conteo
- Proyectar el IMD a IMDA
- Determinar el factor destructivo por cada tipo de vehículo según su configuración
- Establecer el factor de crecimiento acumulado con r% para vehículos ligeros entre 2-4% y de vehículos pesados entre 4-6% según datos estadístico del Instituto Nacional de Estadística e Informática para el año 2019
- Calcular el ESAL del año 2019 realizando siguiendo el procedimiento del Manual de Carreteras
- Distribuir el ESAL obtenido según el factor de distribución por carril y el factor de distribución por dirección
- Calcular el ESAL y el número de repeticiones proyectado para el año 2019 según el Manual de Carreteras.

2.5.4 Estudio Hidrológico y Obras de Arte

2.5.4.1. Hidrología

254.1.1. Generalidades

En el avance de los proyectos viales, uno de los estudios importantes es la Hidrología, ya que de ella se obtendrán las medidas necesarias para el dimensionamiento de obras de arte, como acequias, aliviaderos, alcantarillas, topes y pontones. La importancia de este capítulo es brindar soluciones de drenaje para las temporadas de lluvias que se encuentran en el área en estudio, así como ver cómo se ahorra con las estructuras mencionadas.

254.12. Objetivos del estudio

El objetivo principal del estudio de Hidrología e Hidráulica, es establecer los requerimientos de drenaje de la carretera, ya que de ello se busca la solución para las épocas de precipitaciones conservando la estabilidad de la calzada y evitando la avería de la misma, en relación con lo solicitado en los Términos de Referencia.

- Efectuar una revisión de la documentación existente.
- Mostrar la documentación meticulosa del estudio en la zona del proyecto.
- Identificar las cuencas hidrográficas que interceptan a la vía.
- Efectuar el inventario de ríos, quebradas y obras de arte, que obstaculizan el trazo de la vía proyectada, y su evaluación, según la exigencia hidrológica e hidrodinámica de la zona a intervenir, con el objetivo de garantizar su estabilidad y permanencia.
- Examinar el reporte pluviométrico o hidrométrico de estaciones cercanas y representativas al proyecto.

254.13. Estudios hidrológicos

Este análisis sirve para determinar los caudales máximos para los periodos de retorno considerados de las diversas cuencas afectadas, es decir 10, 25, 50 y 100 años, para ellos hemos tenido que partir del conocimiento de las características fisiográficas de las cuencas, es decir de sus superficie, pendiente y longitud, así como determinar sus coeficientes de escorrentía y tiempo de concentración.

2.5.5 Información hidrometeorológica y cartográfica

2.5.5.1. Información pluviométrica

Con el objeto de tener datos históricos correspondientes al área en estudio la recopilación de información se realizó, a parte de la misma zona de estudio, en dos estaciones pluviométricas colindantes a esta área, las mencionadas estaciones corresponden a la estación meteorológica de Cayalti y Talla.

2.5.5.2. Curvas IDF

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno (Témez, 1978). Representan gráficamente la relación entre estas magnitudes. Existe un largo proceso para graficar las curvas IDF de los periodos de retorno requeridos. Se

necesitan datos estadísticos, tales como la cantidad de datos de precipitación de las estaciones, su promedio, desviación estándar, moda, para luego aplicar las fórmulas:

$$Ed = X - 0.45 * Sd$$

$$Kd = \frac{Sd}{0.557 * Ed}$$

$$Ed_p = \frac{\sum_{i=1}^n Ep_i * n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

$$Kd_p = \frac{\sum_{i=1}^n Kp_i * n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$$

$$h_{dt} = Edp * (1 + Kdp * \log T)$$

$$h_{tT} = Edp * \left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta * [1 + Kdp * \log T]$$

Dónde:

Ed = Moda

Sd = Desviación Estándar

Kd = Característica

Edp = Moda ponderada

Kdp = Característica ponderada

T = Periodo de retorno

Hdt = Altura de lluvia máxima diaria

HtT = Altura de lluvia máxima horaria

t = Tiempo de duración de la lluvia

β = Constante (0.2)

α = Equivalente de lluvia dependiente de la magnitud de la cuenca:

$$Ac < 20 \text{ km}^2 ; \alpha = 12$$

$$Ac < 20 \text{ km}^2 ; \alpha = 2$$

De esta manera, luego de aplicar la fórmula, se obtiene una tabla con los datos de la duración de lluvias en horas (0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20 y 24) para periodos de retorno determinados. Estos datos, divididos entre sus horas, resultan en las intensidades de lluvia en horas, los cuales son los datos necesarios para realizar la gráfica de curvas I.D.F.

2.5.5.3. Tiempo de Concentración

El tiempo de concentración de una cuenca es el tiempo necesario para que una gota de agua que cae en el punto hidrológicamente más alejado de aquella llegue a la salida.

Por lo tanto, el tiempo de concentración sería el tiempo de equilibrio o permanencia necesaria para que con una intensidad de escorrentía constante se alcance el caudal máximo

Los parámetros requeridos para hallar este valor son los siguientes:

- a. Longitud del cauce principal

La longitud de cauce principal es el valor en kilómetros de la recorrido total de la ruta trazada. La ruta es la vía que va a seguir el agua desde una estación a otra, y debe mantener una pendiente constante.

- b. Pendiente media

La pendiente media controla la velocidad con que se dará la escorrentía superficial en la cuenca a estudiar. Es la relación existente entre el desnivel de altitudinal del cauce y su longitud. Se tomó el dato de pendiente media indicado por el software utilizado, Google Earth.

- c. Desnivel

El desnivel de la cuenca puede ser hallado tomando una cantidad de datos distintos de cota a lo largo de la ruta, para luego promediar estos datos.

- d. Área inundable

El área inundable representa el área, en kilómetros cuadrados, que se vería afectada en caso ocurriera un desborde en el recorrido de la ruta. Se considera parte del área a las zonas con cota igual o demasiado cercana a la cota de la ruta.

Existen tres métodos diferentes de calcular el tiempo de concentración:

- a. Alcantarillas

$$tc = \frac{0.243 * L}{A^{0.1} * J^{0.2}}$$

- b. Fórmula de California

$$tc = 0.30 * \left(\frac{L}{\sqrt[4]{J}}\right)^{0.76}$$

- c. Ventura y Heras

$$tc = 0.05 * \sqrt{\frac{A}{J}}$$

Dónde:

t_c = Tiempo de concentración

L = Longitud del cauce principal

A = Área inundable

J = Pendiente media

Para obtener el tiempo de concentración a utilizar, se promedian los resultados obtenidos con estas tres fórmulas.

2.5.5.4. Método racional

El Método Racional es uno de los más manejados para la evaluación del caudal máximo coligado a determinada lluvia de diseño. La fórmula empleada para hacer este cálculo es la siguiente:

$$Q_{max} = \frac{C * i_{max} * A}{3.6}$$

Dónde:

Q_{max} = Caudal máximo (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía

i_{max} = Intensidad máxima (mm/h)

A = Área inundable

Para esto, el coeficiente de escorrentía se halla en la tabla que sugiere usar Chow (1994) de acuerdo a las características de la superficie. Los valores de intensidad máxima se obtienen de dividir la altura de lluvias para un periodo de tiempo determinado entre el tiempo de concentración. Estos datos de altura de lluvias máximas se obtienen a partir de la siguiente fórmula:

$$h_{t_{max}T} = Edp * \left(\frac{t_c}{\alpha}\right)^\beta * [1 + Kdp * \log T]$$

Esta fórmula viene a ser la misma que se trabaja en el cálculo para gráficas I.D.F., siendo la diferencia el hecho de trabajar únicamente con el tiempo de concentración hallado.

Además, para graficar el hidrograma unitario, se emplean las siguientes fórmulas:

$$tp = \frac{0.208 * h_{t_{max}T} * A}{Q_p}$$

$$tb = 2.67 * tp$$

Dónde:

t_p = Tiempo de pico (h)

t_b = Tiempo base (h)

Q_p = Caudal pico (m³/s)

2.5.6 Diseño geométrico de la carretera

2.5.6.1. Generalidades

El diseño geométrico de la vía a nivel afirmado tramo Km 720 de la Carretera Panamericana – Anexo Santa María, Pacanga, Chepén – La libertad, incluye la determinación de la Velocidad Directriz, la sección transversal: ancho de calzada, ancho de berma, bombeo, taludes de corte y relleno, peraltes y parámetros de diseño de alineación horizontal y vertical, distancia de visibilidad de parada, distancia de visibilidad de sobrepaso, el radio mínimo para el peralte máximo, el sobre ancho, la longitud de transición y la pendiente máxima.

2.5.6.2. Clasificación de las carreteras

Como la normatividad para el Diseño Geométrico, (DG-2018) el proyecto corresponde a una carretera de tercera clase de orografía plana. (MTC, Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018., 2018)

2.5.6.3. Velocidad de diseño

De acuerdo a la demanda y orografía

Tabla 4: Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía

Clasificación	Orografía	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo VTR (Km/h)											
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
Autopistas de Primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Autopista de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de primera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de segunda clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												
Carretera de Tercera clase	Plano												
	Ondulado												
	Accidentado												
	Escarpado												

Fuente: Manual D.G. 2018

2.5.6.4. Radios mínimos

De acuerdo a la DG2018 indica “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:

$$R_{\min} = \frac{127 V^2}{(P_{\max} \mp f_{\max})}$$

Dónde:

R_{min}: 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.

Tabla 5: Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carretera

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	β máx. (%)	f máx.	Radio Calculado (m)	Radio redondeado (m)	
Área Urbana	30	4	0.17	33.7	35	
	40	4	0.17	60	60	
	50	4	0.16	98.4	100	
	60	4	0.15	149.2	150	
	70	4	0.14	214.3	215	
	80	4	0.14	280	280	
	90	4	0.13	375.2	375	
	100	4	0.12	492.1	495	
	110	4	0.11	635.2	635	
	120	4	0.09	872.2	875	
	130	4	0.08	1108.9	1110	
	Área Rural (con peligro de hielo)	30	6	0.17	30.8	30
		40	6	0.17	54.8	55
50		6	0.16	89.5	90	
60		6	0.15	135	135	
70		6	0.14	192	195	
80		6	0.14	252.9	255	
90		6	0.13	335.9	335	
100		6	0.12	437.4	440	
110		6	0.11	560.4	560	
120		6	0.09	755.9	755	
130		6	0.08	950.5	950	
Área rural (plano u ondulada)		30	8	0.17	28.3	30
		40	8	0.17	50.4	50
	50	8	0.16	82	85	
	60	8	0.15	123.2	125	
	70	8	0.14	175.4	175	
	80	8	0.14	229.1	230	
	90	8	0.13	303.7	305	
	100	8	0.12	393.7	395	
	110	8	0.11	501.5	500	
	120	8	0.09	667	670	
	130	8	0.08	831.7	835	
	Área rural (accidentada o escarpada)	30	12	0.17	24.4	25
		40	12	0.17	43.4	40
50		12	0.16	70.3	70	
60		12	0.15	105	105	
70		12	0.14	148.4	150	
80		12	0.14	193.8	195	
90		12	0.13	255.1	255	
100	12	0.12	328.1	330		

110	12	0.11	414.2	415
120	12	0.09	539.9	540
130	12	0.08	665.4	665

Fuente: Manual D.G. 2018

2.5.6.5. Tramos en Tangente

De acuerdo con el DG – 2018, “Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño” (M.T.C., 2018). se establecen en el siguiente cuadro-resumen:

Tabla 6: 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

Fuente: Manual D.G. 2018

Dónde:

$L_{\text{mín}}$: 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)

2.5.6.6. Curvas circulares

Son simples arcos de circunferencia unida por dos tangentes seguidas, poseen los siguientes elementos fundamentales:

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)

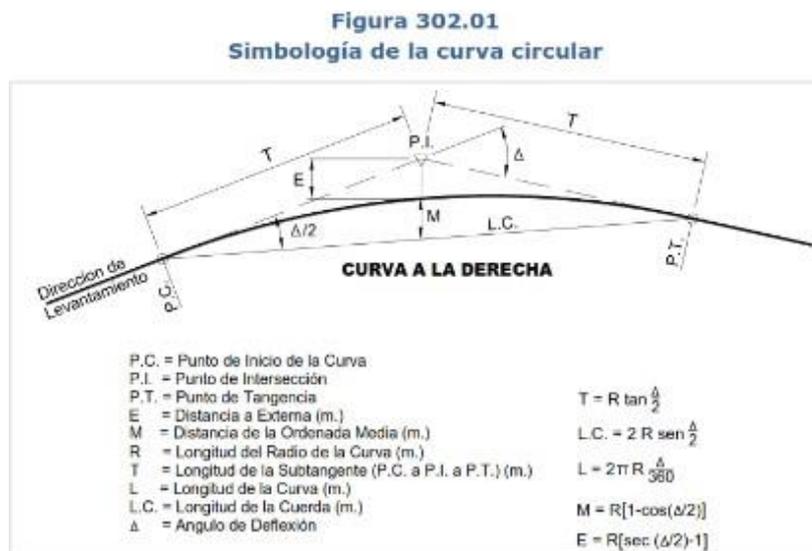


Ilustración 6: Simbología de la curva circular

Fuente: Manual D.G. 2018

2.5.6.7. Curvas de transición

Las curvas de transición, son espirales que tienen por centro evitar las interrupciones en la curvatura del trazo, por lo que, en su diseño convendrán ofrecer las mismas situaciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazo.

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

Tabla 7: Longitud mínima de curva de transición

Velocidad Km/h	Radio min. (m)	J m/s ³	Peralte máx. %	A min. (m ²)	Longitud de transición (L)	
					Calculada m	Redondeada m
30	24	0.5	12	26	28	30
30	26	0.5	10	27	28	30
30	28	0.5	8	28	28	30
30	31	0.5	6	29	27	30
30	34	0.5	4	31	28	30
30	37	0.5	2	32	28	30
40	43	0.5	12	40	37	40
40	47	0.5	10	41	36	40
40	50	0.5	8	43	37	40
40	55	0.5	6	45	37	40
40	60	0.5	4	47	37	40
40	66	0.5	2	50	38	40
50	70	0.5	12	55	43	45
50	76	0.5	10	57	43	45
50	82	0.5	8	60	44	45
50	89	0.5	6	62	43	45
50	98	0.5	4	66	44	45
50	109	0.5	2	69	44	45
60	105	0.5	12	72	49	50
60	113	0.5	10	75	5	50
60	123	0.5	8	78	49	50
60	135	0.5	6	81	49	50
60	149	0.5	4	86	50	50
60	167	0.5	2	90	49	50
70	148	0.5	12	89	54	55
70	161	0.5	10	93	54	55

70	175	0.5	8	97	54	55
70	193	0.5	6	101	53	55
70	214	0.5	4	107	54	55
70	241	0.5	2	113	53	55
80	194	0.4	12	121	75	75
80	210	0.4	10	126	76	75
80	229	0.4	8	132	76	75
80	252	0.4	6	139	77	75
80	280	0.4	4	146	76	75
80	314	0.4	2	155	76	75
90	255	0.4	12	143	80	80
90	277	0.4	10	149	80	80
90	304	0.4	8	155	79	80
90	336	0.4	6	163	79	80
90	375	0.4	4	173	80	80
90	425	0.4	2	184	80	80

Fuente: Manual D.G. 2018

Tabla 8: Radios para prescindir de curvas de transición en carreteras de tercera clase

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

Fuente: Manual D.G. 2018

2.5.6.8. Diseño geométrico en perfil

Un diseño geométrico en perfil o alineación vertical consiste en una serie de líneas emparejadas con curvas verticales equivalentes, a las cuales dichas líneas son tangentes entre sí. En general, la topografía del terreno es el componente que controla el radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, la velocidad de diseño y, por lo tanto, controla la trayectoria de la visión.

Las curvas verticales entre dos taludes continuos permiten un desarrollo gradual entre taludes de diferente tamaño y / u orientación, eliminando la pendiente en la pendiente. Su correcto diseño garantiza la distancia visual requerida por el proyecto.

El perfil longitudinal está diseñado principalmente con terreno, alineación, horizontal, distancias de visión, velocidad del proyecto, seguridad, costos de construcción, clase de camino, valores estéticos y saneamiento.

Tabla 9: Pendientes máximas (%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera				
Vehículos / día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000 - 2.001				2.000 - 400				< 400				
Características	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase				
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Velocidad de diseño:																					
30 km/h																				10	10
40 km/h																	8	9	10		
50 km/h											7	7			8	9	8	8	8		
60 km/h					6	6	7	7	6	6	7	7	6	7	8	9	8	8			
70 km/h			5	5	6	6	6	7	6	6	7	7	6	6	7		7	7			
80 km/h	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6		6	6			7	7			
90 km/h	4.5	4.5	5		5	5	6		5	5			6				6	6			
100 km/h	4.5	4.5	4.5		5	5	6		5				6								
110 km/h	4	4			4																
120 km/h	4	4			4																
130 km/h	3.5																				

Fuente: Manual D.G. 2018

2.5.6.9. Curvas verticales

Los tramos contiguos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la discrepancia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás.

Dichas curvas verticales parabólicas, son determinadas por su medida de curvatura K, que equivale a la distancia de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K = L/A$$

Dónde,

K: Parámetro de curvatura

L: Longitud de la curva vertical

A: Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

Las curvas verticales se pueden catalogar por su representación como curvas verticales convexas y cóncavas y de acuerdo con la proporción entre sus ramas que las forman como simétricas y asimétricas.

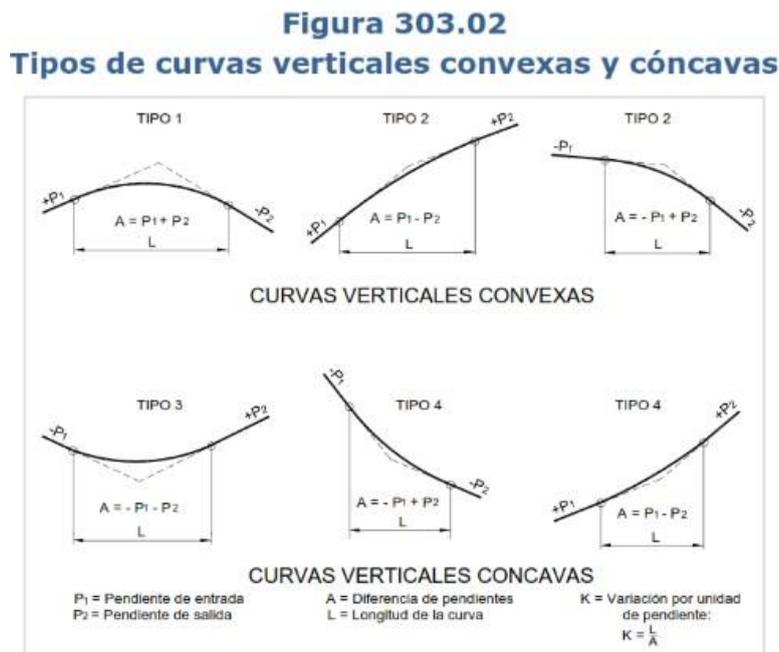


Ilustración 7: Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas

Fuente: Manual D.G. 2018

Figura 303.03
Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas

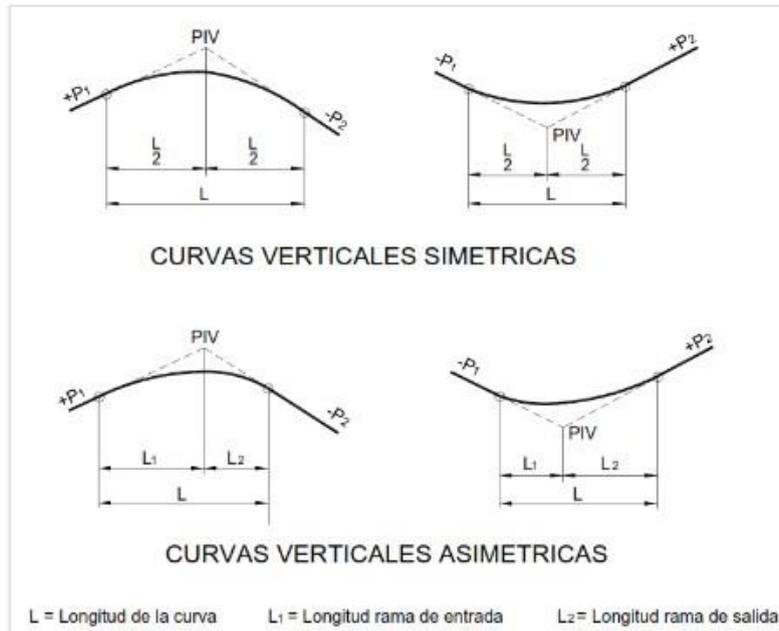


Ilustración 8: Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas
Fuente: Manual D.G. 2018

2.5.6.10. Diseño geométrico de la sección transversal

La sección transversal es el elemento más significativo de la sección transversal es la zona consignada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas extensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin deterioro de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios.

a. Calzadas

Parte de la carretera consignada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma. La calzada se fracciona en carriles, los que están consignados a la circulación de una fila de automóviles en un mismo sentido de tránsito.

El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones y constitución del tráfico, acorde al IMDA de diseño, así como del nivel de servicio deseado. Los carriles de adelantamiento, no serán computables para el número de carriles.

Tabla 10: Anchos mínimos de calzada en tangente

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000 - 2.001				2.000 - 400				< 400			
Características	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño:																				
30 km/h																			6.0	6.0
40 km/h																6.6	6.6	6.6	6.0	
50 km/h											7.2	7.2			6.6	6.6	6.6	6.6	6.0	
60 km/h					7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	6.6	6.6	6.6	6.6		
70 km/h			7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	6.6		6.6	6.6		
80 km/h	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2		7.2	7.2			6.6	6.6		
90 km/h	7.2	7.2	7.2		7.2	7.2	7.2		7.2	7.2			7.2				6.6	6.6		
100 km/h	7.2	7.2	7.2		7.2	7.2	7.2		7.2				7.2							
110 km/h	7.2	7.2			7.2															
120 km/h	7.2	7.2			7.0															
130 km/h	7.2																			

Fuente: Manual D.G. 2018

b. Bermas

De define como “Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias” (D.G., 2018)

Anchos mínimos de calzada en tangente

Tabla 11: Ancho de bermas

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
Vehículos / día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000 - 2.001				2.000 - 400				< 400			
Características	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño:																				
30 km/h																			0.5	0.5
40 km/h																1.2	1.2	0.9	0.5	
50 km/h											2.6	2.6			1.2	1.2	1.2	0.9	0.9	
60 km/h					3	3	2.6	2.6	3	3	2.6	2.6	2	2	1.2	1.2	1.2	1.2		
70 km/h			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1.2		1.2	1.2		
80 km/h	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		2	2			1.2	1.2		
90 km/h	3	3	3		3	3	3		3	3			2				1.2	1.2		
100 km/h	3	3	3		3	3	3		3				2							
110 km/h	3	3			3															
120 km/h	3	3			3															
130 km/h	3																			

Fuente: Manual D.G. 2018

Notas:

Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla.

c. Bombeo

En tramos en tangente o en curvas en contra peralte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona; se considera un bombeo de 2.5 %.

Tabla 12: Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación < 500 mm/año	Precipitación > 500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto	2.0	2.5
Portland	2.5	2.5-3.0
Tratamiento superficial afirmado	3.0 - 3.5	3.0-4.0

Fuente: Manual D.G. 2018

d. Peralte

El peralte es la pendiente transversal que se diseñara para las curvas horizontales en la plataforma de la calzada, con el fin de equilibrar la fuerza centrífuga del vehículo cuando este se encuentra a velocidad

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el movimiento, se utilizará la siguiente fórmula:

$$p = \frac{V^2}{127R} - f$$

Dónde:

p: Peralte máximo asociado a V

V: Velocidad de diseño (km/h)

R: Radio mínimo absoluto (m)

f : Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

e. Taludes

El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes.

Tabla 13: Valores referenciales para taludes en corte (Relación H: V)

Clasificaciones de materiales de corte		Roca Fija	Roca Suelta	Grava	Material Limo arcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte	< 5 m	1:10	1:6 - 1:4	1:1 - 1:3	1:1	2:1
	5 - 10 m	1:10	1:4 - 1:2	1:1	1:1	*
	> 10 m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad

Fuente: Manual D.G. 2018

Tabla 14: Talaudes referenciales en zonas de relleno (terrapienes)

Materiales	Talud (V:H) Altura (m)		
	< 5	5 - 10	> 10
Grava, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:2.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1:1.25	1:1.5

Fuente: Manual D.G. 2018

2.5.6.11. Señalización

Debido a la diversidad de factores como cercanías a caseríos, desarrollo de curvas de volteo muy cerrados en algunos casos, zonas de pase de ganado.

Por lo tanto, para lograr garantizar la viabilidad, se usará una adecuada señalización y elementos de seguridad suficiente.

a. Señales Informativas

Tienen como propósito guiar al conductor de un automóvil a través de una determinada ruta, dirigiéndolo al lugar de su destino. Asimismo tienen por objeto identificar puntos notables o de interés, tales como ciudades, ríos,

lugares históricos, etc. Y dar indagación precisa y oportuna que ayude al usuario que utilice la vía.

Las indicaciones de información que se utilizarán en el proyecto serán las de dirección, localización, indicadoras de ruta y de información general, para dar a conocer los lugares o poblaciones más importantes en el tramo de su destino. Asimismo, se utilizarán señales con indicación de distancias, las cuales se utilizarán con la objeto de informar al conductor del vehículo, sobre las distancias a las que se encuentran las poblaciones de importancia. Se utilizarán también postes de kilometraje.

b. Señales Reguladoras

Corresponderán instalar a la derecha en el sentido de tránsito en ángulo recto con el eje del camino, en el lugar donde exista la interdicción o restricción y de acuerdo a lo indicado en el Manual del MTC.

c. Señales Preventivas

Convendrán colocarse a una distancia del lugar que se desea advertir de modo tal que permitan al conductor tener tiempo suficiente para reducir su velocidad; la distancia será determinada de tal manera que asegure su mayor eficacia tanto de día como de noche, habiendo los ambientes propios de la vía”.

- Forma: Son de forma romboidales con un vértice hacia abajo.
- Color: Las letras, fondo amarillo y símbolos color negro.
- Tamaño: cuadrados 0.60x0.60m cuando la velocidad es menor a 60 km/h



Ilustración 9: Curva a la Derecha (P-2^a)

Fuente: Manual D.G. 2018

P-2^a: su objetivo es prevenir las curvas con radio de 40 metros a 300 metros que cuenta con ángulo deflexión inferior a 45°. Para las que presentan radios

con rangos de 80 metros a 300 metros con ángulo deflexión sea superior a 45°.

d. Hitos Kilométricos

Se manejarán para indicar el recorrido al punto de origen de la vía. Se colocarán a intervalos de 1 Km. A la derecha e izquierda en forma alternada, ubicando los kilómetros pares a la derecha de la vía. Se elaborarán en concreto de 175 Kg/cm² y poseerán un refuerzo consistente en 3 fierros de 3/8" con estribos de alambre N° 8 a 0.15 m. Tendrán una longitud de 1.20 m. Los postes serán pintados en blanco con bandas negras de acuerdo a los planos, con tres manos de pintura al óleo. La cimentación será de concreto ciclópeo, de dimensiones 0.50 x 0.50 m.

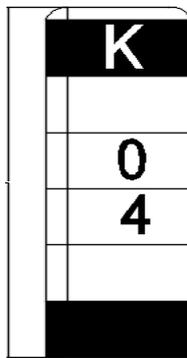


Ilustración 10: Postes kilométricos (I-8)
Fuente: Manual D.G. 2018

2.5.7 Hidráulica y drenaje

2.5.7.1. Drenaje superficial

257.1.1. Bombeo y peralte

La expulsión del agua de la superficie del camino se efectúa por intermedio del bombeo en las secciones en tangente y del peralte en las curvas, induciendo el escurrimiento de las aguas hacia las cunetas. Los valores del bombeo y peralte se señalan en el capítulo de diseño geométrico.

257.1.2. Pendiente longitudinal de la rasante

De modo general la rasante ha sido planeada con pendiente longitudinal no menor de 0.5 %, evadiendo los tramos horizontales, con el fin de proporcionar el movimiento del agua de las cunetas hacia sus aliviaderos o alcantarillas.

257.13. Diseño de cunetas

El objeto de cuneta lateral es captar y recoger el agua como producto de ante evento de precipitaciones pluviales (bombeo y talud), conduciendo estas aguas a las alcantarillas de alivio que han sido situadas estratégicamente con el objeto de evitar excesos por insuficiencia de cuneta lateral.

257.14. Diseño de alcantarilla

2.5.7.1.4.1. Tipo y sección

Debido a las propiedades excelentes de resistencia tanto a compresión como a la erosión, el tipo de tubería que se utilizará será Tubería Metálica Corrugada, conocida como tubería TMC, el diámetro estará en función al cálculo de caudal para cada una de las alcantarillas.

2.5.7.1.4.2. Cálculo hidráulico de las alcantarillas de paso

Teniendo en cuenta el caudal de las alcantarillas a máxima capacidad se calculan los diámetros de las tuberías en base al Manual de hidrología, hidráulica y drenajes.

2.5.8 Diseño de pavimento

2.5.8.1. Generalidades

El diseño del pavimento a nivel de afirmado según la metodología NAASRA determina el espesor de la capa de afirmado utilizado para el mejoramiento de la vía, colocando un revestimiento anti erosión producto de las lluvias y del transcurso de los vehículos a fin de alargar la vida útil y los periodos de mantenimiento de esta.

Se justifica el uso de pavimento de afirmado por el volumen de EE en la vía, siendo necesario solo un pavimentado de este material.

2.5.8.2. Procedimiento

Con el cálculo del ESAL de diseño proyecto se aplica la ecuación a continuación especificada en el Manual de Carreteras para afirmados, luego se debe comparar este valor obtenido con el catálogo de espesores de afirmado y se procede a escoger la más desfavorable.

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2] + \log_{10}(Nrep/120)$$

Fuente: Manual de Carreteras

Dónde:

e= espesor de la capa de afirmado en mm

CBR= valor del CBR de la sub rasante

Nrep = número de repeticiones de EE para carril de diseño

2.6 Métodos de análisis de datos

Para facilitar el procedimiento de los datos se utilizará tablas, gráficos y figuras. Con el apoyo de normas establecidos por el MTC, NTP, AAHSTO y ASTM, además con el apoyo de software especializado para elaborar tablas y gráfico, teniendo así un mayor grado de confiabilidad para nuestros ensayos

Programas a utilizar proyecto de estudio:

- ✓ AutoCAD 2018
- ✓ Auto CAD CIVIL 3D 2018
- ✓ H canales V3 2016
- ✓ Hidroesta V3 2016
- ✓ ArcGIS 10.7

2.7 Aspectos éticos

En la presente investigación se están considerando los aspectos éticos pertinentes en cuanto a la citación adecuada de fuentes utilizando las normas del manual de redacción UCV, en ese sentido también se presentarán datos fidedignos, confiables y ajustados a la investigación de campo.

III. RESULTADOS

3.1. Topografía

Se ubicaron las estaciones en lugares estratégicamente seleccionados de tal manera que nos permitan amplitud de visibilidad del área de trabajo, para cada estación se determinaron sus coordenadas UTM y alturas, se conformó la poligonal base entrelazando cada uno de los puntos realizando vistas atrás y delante para cada uno de los puntos obteniendo coordenadas de cada uno de ellos.

Se dio inicio al levantamiento topográfico en la Panamericana Norte km 720, Encabezando en (Km 00+000) de la carretera en el tramo Panamericana Norte km 720 – Anexo Santa María.

El trabajo de levantamiento topográfico se verificó mediante el método de una poligonal abierta siendo la estación (BM-01), el primer de control tanto horizontales como verticales (BMs) los mismos que ha sido evidentes y especificados en cada cambio en zonas en donde no puedan ser sobresaltados.

Se cual conto con un total de 21 estaciones en toda la poligonal de la ruta, la vía fue seccionada a cada 20 metros en recorridos rectos y a cada 10 metros en curvas de volteo. (ver anexos).

Tabla 15: Puntos Topográficos

PUNTOS DE CONTROL COORDENADAS WGS – 84				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	NORTE	ESTE	COTA
1	BM-1	669987.633	9210226.78	100.125
2	BM-2	668988.303	9210291.886	98.113
3	BM-3	667927.362	9211043.532	91.552
4	BM-4	667133.998	9211170.803	86.556
5	BM-5	666562.048	9211554.142	84.756
6	BM-6	666245.5	9211692.527	78.785
7	BM-7	665646.941	9211674.196	77.665
8	BM-8	665060.017	9211518.798	74.456
9	BM-9	664708.095	9211627.291	76.265
10	BM-10	664017.004	9211617.602	68.789
11	BM-11	662965.218	9211783.255	63.251
12	BM-12	662610.212	9211678.021	57.789

13	BM-13	661890.848	9211586.856	57.221
14	BM-14	661665.65	9211665.79	58.112
15	BM-15	660991.746	9211655.288	50.623
16	BM-16	660726.98	9211821.584	50.331
17	BM-17	660364.588	9212197.464	44.652
18	BM-18	660022.556	9212246.589	43.774
19	BM-19	659687.515	9212138.61	41.558
20	BM-20	659283.53	9211898.285	40.321
21	BM-21	658715.033	9211932.958	33.254

Elaboración Propia

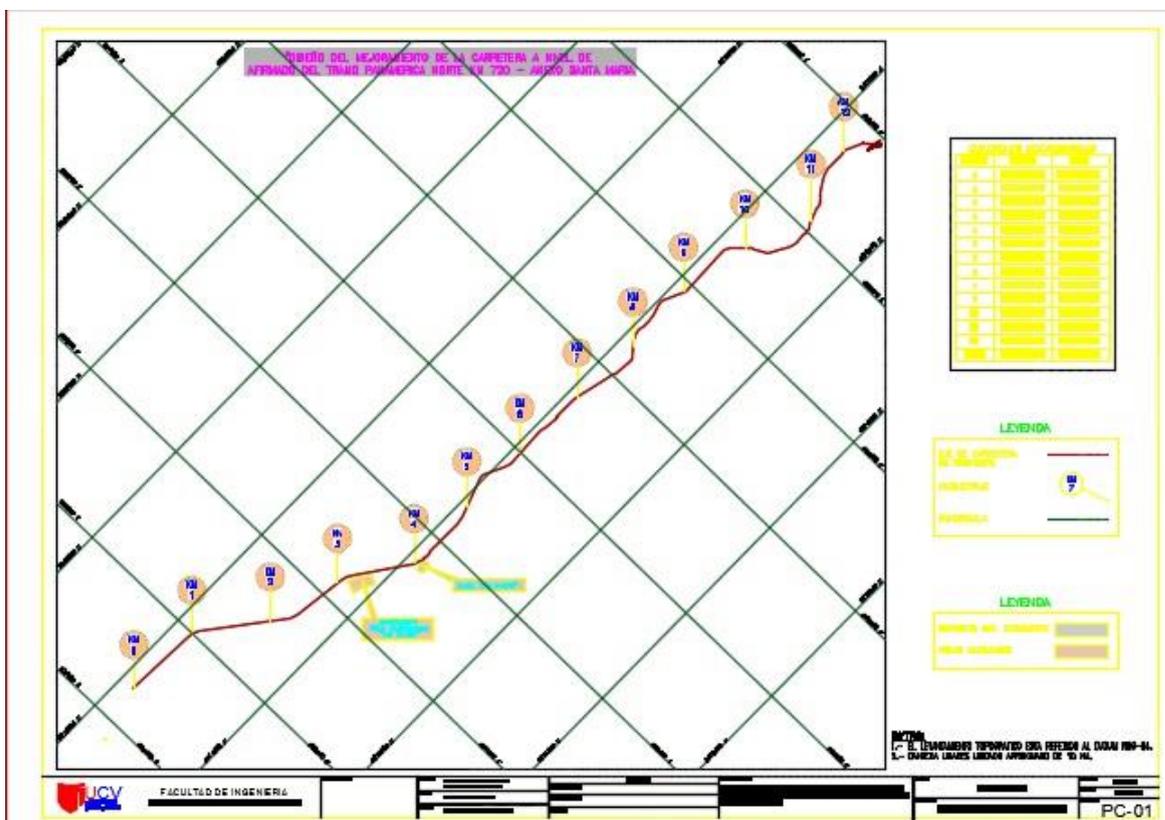


Ilustración 11: Plano Topográfico
Elaboración Propia

3.2. Mecánica de suelos

Para el estudio de mecánica de suelos resulto pertinente seguir las normas antes descritas, las cuales detallamos a continuación:

Tabla 16: Normativa de EMS

Normativa Usada	
Granulometría por lavado y tamizado	MTC E 202 – MTC E 204
Contenido de Humedad	MTC E 108
Límite Líquido	MTC E 110
Límite Plástico y Determinación del Índice de Plasticidad	MTC E 111
Compactación del Suelo Mediante Proctor Modificado	MTC E 115
CBR de materiales compactados	MTC E 132

Elaboración Propia

Se realizó el estudio de mecánica de suelos de cada una de las calicatas extraídas cada kilómetro como lo especifica el manual en la carretera con un total de 12 calicatas y una de la cantera de donde se extrajo el material de préstamo con una profundidad de 1.50m determinando las propiedades físicas, mecánicas y la clasificación.

Tabla 17: Estudio de Mecánica de Suelos de calicatas

Calicata		Ubicación	Prof Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS					
N°	Estrato			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm3)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%	PU (g/cm ³)	Qadm. (kg/cm ²)
C-1	E-1	KM 01+000	1.50 m	5.48	38.66	60.62	0.72	19	18	1	SM	A-4 (0)	-	-	-	-	-	
C-2	E-1	KM 02+000	1.50 m	6.98	44.73	55.13	0.13	29	25	4	SM-SC	A-4 (0)	1.794	9.22	15.56	11.18	-	
C-3	E-1	KM 03+000	1.50 m	6.98	39.56	60.37	0.07	25	11	14	SC	A-6(2)	-	-	-	-	-	
C-4	E-1	KM 04+000	1.50 m	6.1	58.77	41.04	0.18	26	23	3	ML	A-4 (0)	-	-	-	-	-	
C-5	E-1	KM 05+000	1.50 m	7.69	33.49	54.71	0.49	35	33	2	SM	A-4 (0)	1.82	9.12	15.47	12.76	-	
C-6	E-1	KM 06+000	1.50 m	8.29	58.18	41.7	0.12	20	18	2	ML	A-4 (0)	-	-	-	-	-	
C-7	E-1	KM 07+000	1.50 m	14.4	55.95	43.97	0.08	23	20	3	ML	A-4 (0)	-	-	-	-	-	
C-8	E-1	KM 08+000	1.50 m	15.34	60.09	39.64	0.28	31	27	4	ML-CL	A-4 (1)	1.782	11.67	6.33	5.52	-	
C-9	E-1	KM 09+000	1.50 m	14.79	59.34	40.53	0.13	26	25	1	ML	A-4 (0)	-	-	-	-	-	
C-10	E-1	KM 10+000	1.50 m	13.63	53.72	45.06	1.23	37	34	3	ML	A-4 (1)	-	-	-	-	-	
C-11	E-1	KM 11+000	1.50 m	13.98	60.31	39.41	0.29	24	28	6	ML-CL	A-4 (1)	1.773	14.08	6.08	5.25	-	
C-12	E-1	KM 12+000	1.50 m	14.71	48.86	50.9	0.24	26	24	2	SM	A-4 (0)	-	-	-	-	-	
C-X	E-X	CANTERA	1.50 m	4.48	19.87	19.87	334.08	22	20	2	SM	A-1-b (0)	1.948	8.05	36.84	31.01	-	

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Estudio de tráfico

3.3.1. Procesamiento de la información

La realización del procesamiento de la investigación del conteo vehicular, se llevó a cabo con 01 tesista. Se realizó la ubicación una estación de conteo, durante el transcurso de 7 días de duración, para realizar la descripción de codificación por tipo de vehículo sentido y con régimen de dos horas.

Ubicación de las estaciones de conteos

Estación: E-1

Tramo: Carretera Panamericana Norte Km 720 – Anexo Santa Rosa

Fecha: lunes 06 de mayo – Domingo 12 de mayo 2019

3.3.2. Determinación del índice medio diario (IMD)

En primer lugar, se dedujo el Índice Medio Diario del mes octubre, mes en que se realizaron los conteos. El volumen de tráfico del mes de octubre se calculó promediando el volumen de los 7 días, durante los cuales se hicieron el conteo.

Tabla 18: Volumen vehicular, por día, dirección y tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Auto	15	18	25	15	18	20	20
Station Wagon	0	0	0	0	0	0	0
Pickup	6	8	4	4	9	8	10
Panel	0	0	0	0	0	0	0
Combi	2	2	2	1	4	6	5
Microbus	2	3	2	2	5	6	8
Bus B2	1	1	1	1	1	1	2
Bus B3-1	0	0	0	0	0	0	0
Camión C2	0	0	2	1	1	1	2
Camión C3	0	0	0	0	0	0	0
Camión C4	0	0	0	0	0	0	0
T2S1/T2S2	0	1	1	1	0	2	2
T2S3	0	0	0	0	0	0	0
T3S1/T3S2	0	0	0	0	0	0	0
T3S3	0	0	0	0	0	0	0
C2R2	0	0	1	1	0	0	1
C2R3	1	0	0	0	0	1	0

C3R2	0	0	0	0	0	0	0
C3R3	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	27	33	38	26	38	45	50

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede evaluar, para las variaciones diarias, los días de mayor demanda son los días sábados y domingos a causa de los vehículos ligeros y camiones. Los volúmenes diarios menores se registran el jueves.

3.3.3. IMD por estación

Como resultado final, el IDMA (Índice Medio Diario Anual), en este tramo es de 48 vehículos, compuesto mayormente por vehículos ligeros que es 38.99%, 21.13% camionetas, 8.33% de Microbuses, 27.38% Buses y 2.78% de Camiones 2.08%. En el siguiente cuadro se presenta un resumen de IMD clasificado con mayor detalle el IMD por tipo de vehículo.

Tabla 19: Participación por tipo y descripción de vehículo

Tipo de Vehículo		IMD	IMDA	Participación por tipo de vehículo	Participación por descripción
	Auto	19	6,831	38.99%	38.99%
Vehículos Livianos (A)	Station Wagon	0	0	0.00%	0.00%
	Pick up	7	2,555	14.58%	21.13%
	Camionetas				
	Panel	0	0	0.00%	
	Combi	3	1,147	6.55%	
	Microbus	4	1,460	8.33%	8.33%
	Bus				
	B2	1	417	2.38%	27.38%
	B3-1	0	4,380	25.00%	
	C2	1	365	2.08%	2.08%
Vehículos Pesados	Camión				
	C3	0	0	0.00%	
	C4	0	0	0.00%	
	T2S1/T2S2	1	365	2.08%	2.08%
	T2S3	0	0	0.00%	
	T3S1/T3S2	0	0	0.00%	
	T3S3	0	0	0.00%	
	C2R2	0	0	0.00%	0.00%
	C2R3	0	0	0.00%	
	C3R2	0	0	0.00%	
C3R3	0	0	0.00%		
Total		37	17,520	100.00%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

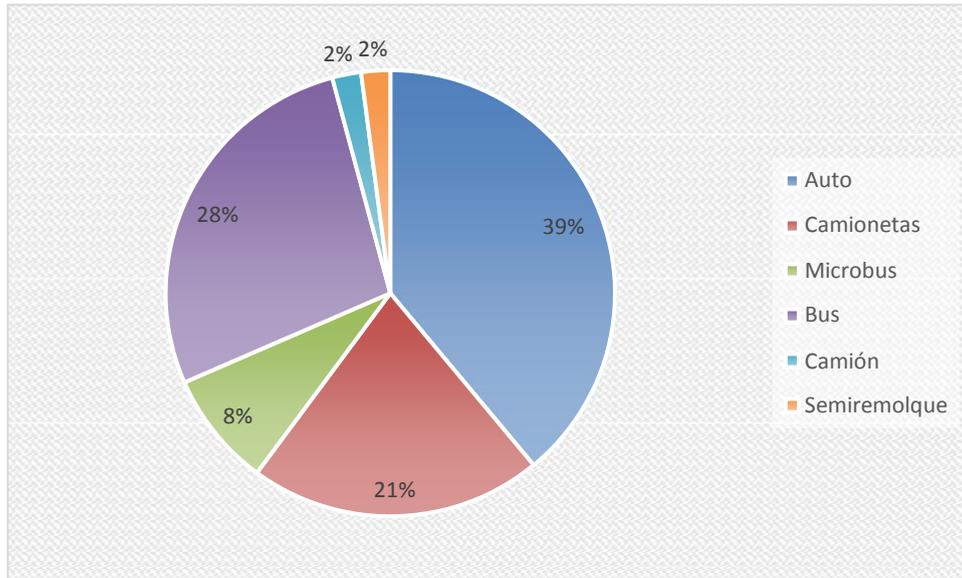


Ilustración 12: Tipo de vehículo

Fuente: Elaboración propia

Se llega a mostrar entonces que la carretera no tendrá presencia de vehículos pesados, siendo en su gran mayoría de tipo liviano, por lo que el camino a nivel de afirmado sería suficiente para satisfacer la necesitada vehicular.

3.3.4. Ejes equivalentes

“Para caminos desconocidos, que no existen actualmente, se diseñan para un volumen de tránsito que determine como demanda diaria media a servir, al final del periodo de diseño, calculado como el número de vehículos promedio que manejan la vía por día actualmente y que se acrecienta con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinada por el MTC, para las diversas zonas del país”. (Estudio Definitivo del Mejoramiento y Construcción.

Para lo cual, se realiza el cálculo de ESAL de diseño para el año 2029.

Tabla 20: Cálculo de ESAL de diseño

Tipo de Vehículo		IMD	IMDA	FD	r %	Fca	ESAL 2019	Fd	Fc	Tráfico 2019	ESAL Proyectado 2029	
Vehículos Livianos (A)	Auto	19	6,831	0.0008	2	24.30	133	0.50	1.00	66.50	159	
	Station Wagon	0	0	0.0511	2	24.30	0	0.50	1.00	0.00	0	
	Pick up	7	2,555	0.0511	2	24.30	3,174	0.50	1.00	1587.00	3,793	
	Camionetas	Panel	0	0	0.0511	2	24.30	0	0.50	1.00	0.00	0
		Combi	3	1,147	0.0511	2	24.30	1,425	0.50	1.00	712.50	1,703
	Microbus	4	1,460	0.1809	4	29.78	7,866	0.50	1.00	3933.00	11,196	
	Bus	B2	1	417	4.5000	4	31.37	58,886	0.50	1.00	29443.00	83,813
		B3-1	0	0	2.6300	4	29.78	0	0.50	1.00	0.00	0
		C2	1	365	4.5000	4	29.78	24,455	0.50	1.00	12227.50	34,807
	Vehículos Pesados	Camión	C3	0	0	3.2800	4	29.78	0	0.50	1.00	0.00
C4			0	0	2.7700	4	29.78	0	0.50	1.00	0.00	0
T2S1/T2S2			1	365	6.5200	4	29.78	35,433	0.50	1.00	17716.50	50,432
T2S3			0	0	6.2000	4	29.78	0	0.50	1.00	0.00	0
Semiremolque		T3S1/T3S2	0	0	5.3000	4	29.78	0	0.50	1.00	0.00	0
		T3S3	0	0	4.9900	4	29.78	0	0.50	1.00	0.00	0
		C2R2	0	156	10.9800	4	29.78	25,573	0.50	1.00	12786.50	36,398
Remolque		C2R3	0	104	9.7600	4	29.78	15,154	0.50	1.00	7577.00	21,569
		C3R2	0	0	9.7600	4	29.78	0	0.50	1.00	0.00	0
		C3R3	0	0	8.5400	4	29.78	0	0.50	1.00	0.00	0
Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes para el Carril de Diseño							1.72E+05				2.44E+05	

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Hidrología

Para la Estación de Talla se realiza la proyección probable por mes de precipitación obtener las precipitaciones mínimas, máximas y el promedio de estas, como objetivo de encontrar una tasa de precipitación adecuada para la proyección de datos.

Tabla 21: Precipitación estación Talla

AÑO	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Mín	Prom	Max
1963-1964	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1964-1965	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1965-1966	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1966-1967	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1967-1968	0.00	5.39	0.00	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	4.34	5.39
1968-1969	0.00	0.00	0.00	3.30	0.00	0.00	1.17	1.50	0.00	3.50	0.00	0.00	0.00	1.17	2.37	3.50
1969-1970	1.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	5.12	0.88	1.45	0.00	0.00	0.00	0.88	1.90	5.12
1970-1971	0.88	6.25	0.00	0.00	0.50	1.10	2.89	3.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	2.57	6.25
1971-1972	0.00	1.45	0.00	0.67	0.83	1.03	14.91	0.50	1.03	1.03	0.00	0.50	0.00	0.50	2.44	14.91
1972-1973	0.00	0.60	2.60	0.00	0.00	1.15	1.20	1.14	0.00	0.70	0.70	0.60	0.70	0.60	1.04	2.60
1973-1974	0.70	0.00	0.00	0.00	2.50	2.75	0.50	2.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.76	2.75
1974-1975	0.00	1.50	1.50	0.50	1.53	3.65	1.10	1.57	0.00	0.90	0.00	2.40	2.00	0.50	1.66	3.65
1975-1976	2.00	1.08	3.20	0.00	1.80	0.90	11.00	1.30	0.30	0.00	1.10	0.00	0.00	0.30	2.52	11.00
1976-1977	0.00	0.00	0.00	3.20	0.70	2.38	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	0.70	1.98	3.20
1977-1978	2.10	0.00	1.00	0.01	0.00	3.05	1.30	5.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.01	1.86	5.10
1978-1979	0.47	0.01	0.01	1.80	0.70	1.15	2.50	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.45	5.00
1979-1980	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.60	0.34	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.32	0.65
1980-1981	0.00	0.01	3.00	0.90	1.03	1.27	4.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00	0.01	1.58	4.08
1981-1982	0.00	0.01	0.90	0.00	1.20	1.40	0.50	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	0.01	0.87	1.40
1982-1983	0.95	1.20	2.45	2.58	1.05	4.98	11.86	8.44	3.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	4.16	11.86
1983-1984	0.00	3.30	1.10	2.90	0.00	1.48	0.90	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	1.08	3.30
1984-1985	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.50	0.00	0.01	0.11	0.50

AÑO	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Mín	Prom	Max
1985-1986	0.00	0.00	0.00	0.00	1.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.63	1.63	1.63
1986 – 1987	0.00	0.01	1.45	1.60	1.80	6.23	0.00	3.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	2.01	6.23
1987 – 1988	0.00	0.00	1.50	0.00	3.90	1.75	1.25	1.25	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.69	3.90
1988 – 1989	0.00	0.00	0.00	0.00	8.14	4.07	0.00	0.31	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	3.50	8.14
1989 – 1990	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	3.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.47	3.00
1990 – 1991	0.00	0.00	3.45	3.50	0.01	0.00	1.70	3.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.99	3.50
1991 – 1992	0.00	0.00	0.63	1.70	1.07	0.20	0.20	3.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.20	1.02	3.03
1992 – 1993	0.30	0.10	0.10	0.00	0.75	2.37	1.50	1.53	0.57	0.00	0.01	0.10	0.10	0.01	0.67	2.37
1993 – 1994	0.10	1.23	1.25	0.20	0.40	1.23	3.08	1.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.99	3.08
1994 – 1995	0.00	0.10	0.40	2.10	1.70	2.07	0.00	0.25	0.60	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.91	2.10
1995 – 1996	0.10	0.00	0.00	0.00	0.55	2.00	0.97	0.20	0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.10	0.82	2.00
1996 – 1997	0.00	0.30	0.00	1.60	0.00	0.74	0.00	0.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.30	0.78	1.60
1997 – 1998	0.50	1.33	1.10	5.78	4.93	13.71	4.97	1.55	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	3.82	13.71
1998 – 1999	0.00	0.50	0.10	1.70	1.50	3.81	0.00	1.63	1.40	0.27	0.00	0.00	1.20	0.10	1.34	3.81
1999 – 2000	1.20	0.90	0.00	2.70	0.00	1.33	1.00	0.50	3.00	0.40	0.00	0.30	0.00	0.30	1.26	3.00
2000 – 2001	0.00	0.00	1.23	2.26	0.96	0.90	2.43	2.50	5.31	0.20	0.00	0.00	0.00	0.20	1.97	5.31
2001 – 2002	0.00	0.00	0.00	0.40	0.40	2.98	1.36	1.23	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.20	1.10	2.98
2002 – 2003	0.00	0.43	0.49	0.47	0.30	1.22	0.70	0.10	0.00	0.70	0.00	0.00	0.50	0.10	0.55	1.22
2003 – 2004	0.50	0.00	0.60	1.25	0.00	0.72	0.53	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	2.65	0.50	1.11	2.65
2004 – 2005	2.65	0.40	0.00	0.40	2.00	0.60	2.55	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	1.28	2.65
2005 – 2006	0.00	0.00	0.20	0.00	0.90	0.60	1.85	0.85	0.00	0.00	0.20	0.20	0.00	0.20	0.69	1.85
2006 – 2007	0.00	0.00	1.00	0.65	1.18	0.00	1.42	1.30	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	1.11	1.42
2007 – 2008	0.00	0.00	1.95	1.30	0.90	3.88	1.28	1.28	0.00	1.40	0.00	0.50	1.60	0.50	1.57	3.88
2008 – 2009	1.60	0.00	2.55	0.00	5.46	2.80	1.00	2.70	0.00	0.10	0.00	0.00	0.20	0.10	2.05	5.46
2009 – 2010	0.20	0.00	0.00	0.40	0.10	4.17	4.00	2.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	1.88	4.17
2010 – 2011	0.00	3.15	0.40	1.70	1.15	0.50	0.98	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.40	1.16	3.15
2011 – 2012	1.00	0.00	3.65	1.08	2.59	4.26	4.26	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	2.53	4.26

AÑO	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Mín	Prom	Max
2012 – 2013	0.00	1.37	0.60	2.40	1.40	1.28	3.15	1.20	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	1.49	3.15
2013-2014	0.00	1.63	0.00	0.30	1.87	1.10								0.30	1.22	1.87

Fuente: Elaboración Propia

Para la Estación de Cayalti se realiza la proyección probable por mes de precipitación obtener las precipitaciones mínimas, máximas y el promedio de estas, como objetivo de encontrar una tasa de precipitación adecuada para la proyección de datos al igual que la estación anterior.

Tabla 22: Precipitación estación Cayalti

AÑO	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Min	Prom	Máx.
1963-1964	0.20	1.20	3.13	0.00	5.19	4.61	4.04	2.96	2.65	0.00	1.55	2.71	4.60	0.20	2.99	5.19
1964-1965	4.60	2.52	2.61	3.54	3.25	4.73	10.42	4.32	0.94	6.40	1.07	0.92	1.95	0.92	3.64	10.42
1965-1966	1.95	3.00	1.84	3.11	6.88	10.69	5.54	3.85	2.52	0.01	0.01	0.33	1.43	0.01	3.17	10.69
1966-1967	1.43	2.80	0.41	1.20	5.61	12.22	4.70	1.81	3.79	0.01	1.16	1.14	0.74	0.01	2.85	12.22
1967-1968	0.74	5.39	3.00	0.91	1.07	3.48	2.76	2.58	4.91	0.01	0.08	1.21	2.44	0.01	2.20	5.39
1968-1969	2.44	2.13	4.12	2.14	2.01	4.23	5.12	3.64	0.01	1.51	0.01	1.51	1.51	0.01	2.34	5.12
1969-1970	0.01	1.42	3.08	3.54	4.41	2.21	4.82	4.82	4.04	7.30	0.01	0.01	0.16	0.01	2.76	7.30
1970-1971	0.01	6.25	1.98	2.45	3.41	3.37	12.50	4.08	2.31	1.31	2.48	1.23	1.84	0.01	3.32	12.50
1971-1972	1.84	1.85	2.44	3.48	5.43	8.25	13.23	4.83	1.90	1.90	0.00	0.27	3.51	0.27	4.08	13.23
1972-1973	3.51	0.83	4.49	4.33	6.86	8.21	5.31	7.13	0.73	2.99	2.99	0.57	2.56	0.57	3.89	8.21
1973-1974	2.56	2.29	2.82	2.78	4.44	6.41	2.66	2.68	0.09	1.82	2.05	3.48	2.52	0.09	2.81	6.41
1974-1975	2.52	7.52	7.52	2.04	5.46	7.99	11.15	6.47	1.51	2.34	2.91	2.86	2.21	1.51	4.81	11.15
1975-1976	2.21	5.08	3.38	0.00	7.74	6.27	8.12	7.24	1.51	2.81	4.36	3.00	0.01	0.01	4.31	8.12
1976-1977	0.01	1.06	1.01	2.60	7.00	13.37	5.85	7.34	1.96	0.01	0.01	0.01	5.75	0.01	3.54	13.37
1977-1978	5.75	1.29	9.42	3.88	4.83	9.09	7.79	1.45	3.39	0.01	0.01	0.00	3.63	0.01	4.21	9.42
1978-1979	3.63	1.01	1.01	3.64	2.19	6.81	9.02	4.33	0.00	0.00	1.41	2.60	1.61	1.01	3.39	9.02
1979-1980	1.61	0.00	0.01	3.29	0.65	3.06	4.84	3.05	2.44	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	1.72	4.84
1980-1981	0.00	8.63	2.15	5.29	7.60	8.72	9.24	3.69	0.72	0.01	0.76	1.58	0.01	0.01	4.03	9.24

AÑO	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Min	Prom	Máx.
1981-1982	0.01	5.85	4.10	1.77	3.87	3.97	2.60	4.45	3.34	1.31	0.74	0.01	2.87	0.01	2.68	5.85
1982-1983	2.87	2.06	3.50	7.35	10.23	7.50	15.06	12.08	5.35	3.20	0.00	2.20	6.93	2.06	6.53	15.06
1983-1984	6.93	10.20	5.00	11.18	13.65	13.71	16.68	6.09	6.66	5.34	6.50	3.20	3.00	3.00	8.32	16.68
1984-1985	3.00	4.44	5.59	2.74	2.27	2.88	11.58	10.50	6.35	4.98	0.00	0.00	9.50	2.27	5.80	11.58
1985-1986	9.50	1.18	0.01	3.87	5.39	3.68	4.28	8.20	0.00	0.00	0.01	2.51	0.01	0.01	3.51	9.50
1986 – 1987	0.01	0.41	2.03	2.85	17.45	8.78	9.36	0.01	0.00	0.01	0.77	0.53	1.99	0.01	3.68	17.45
1987 – 1988	1.99	1.06	7.80	0.51	7.12	4.26	7.79	7.79	0.46	0.01	0.00	0.00	1.24	0.01	3.64	7.80
1988 – 1989	1.24	0.83	1.99	0.44	3.30	13.32	4.25	7.11	2.31	0.22	0.01	0.84	2.43	0.01	2.95	13.32
1989 – 1990	2.43	4.34	2.50	0.00	9.17	6.51	7.62	4.40	2.00	4.87	0.00	0.00	4.00	2.00	4.78	9.17
1990 – 1991	4.00	9.74	10.55	7.33	0.00	4.37	9.14	8.57	3.50	0.00	0.00	0.00	3.73	3.50	6.77	10.55
1991 – 1992	3.73	8.07	6.47	3.87	7.70	14.62	14.62	10.00	3.25	0.00	0.00	0.00	2.83	2.83	7.52	14.62
1992 – 1993	2.83	3.89	3.89	1.80	7.22	15.89	10.30	3.18	3.42	0.00	0.35	0.37	1.60	0.35	4.56	15.89
1993 – 1994	1.60	3.43	6.10	2.92	5.93	9.01	8.97	6.34	1.48	5.35	2.50	0.00	2.43	1.48	4.67	9.01
1994 – 1995	2.43	2.65	11.77	4.64	5.69	7.65	5.51	4.57	0.94	3.03	1.10	0.00	1.37	0.94	4.28	11.77
1995 – 1996	1.37	3.70	1.74	7.04	4.95	10.59	7.21	4.02	0.30	0.00	0.00	1.93	0.27	0.27	3.92	10.59
1996 – 1997	0.27	2.21	2.63	3.16	1.68	6.75	4.87	3.89	0.90	3.58	0.00	0.00	2.87	0.27	2.98	6.75
1997 – 1998	2.87	4.23	4.58	14.44	13.49	23.23	19.36	6.33	3.44	0.00	0.00	0.40	2.30	0.40	8.61	23.23
1998 – 1999	2.30	4.17	3.10	5.42	8.10	10.89	4.78	3.94	3.88	1.68	1.77	0.00	1.44	1.44	4.29	10.89
1999 – 2000	1.44	0.98	1.80	4.16	3.47	6.07	7.10	3.14	4.33	1.56	0.00	0.00	0.78	0.78	3.17	7.10
2000 – 2001	0.78	0.00	4.70	5.93	4.27	5.72	14.47	5.43	5.31	1.80	0.00	0.00	2.23	0.78	5.06	14.47
2001 – 2002	2.23	1.25	2.50	2.29	6.67	8.53	8.72	4.68	2.98	0.00	0.60	0.00	2.70	0.60	3.92	8.72
2002 – 2003	2.70	2.36	5.95	2.64	3.75	5.53	3.33	5.43	1.20	1.13	0.00	0.00	2.68	1.13	3.34	5.95
2003 – 2004	2.68	0.80	5.35	5.28	3.22	3.76	6.05	1.43	1.53	0.72	0.60	0.90	1.10	0.60	2.57	6.05
2004 – 2005	1.10	2.14	2.63	4.04	2.85	3.83	4.87	1.89	0.60	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	2.43	4.87
2005 – 2006	0.30	2.13	1.80	1.80	7.39	6.82	9.42	3.09	1.15	1.38	0.00	3.70	0.67	0.30	3.30	9.42
2006 – 2007	0.67	0.50	2.60	5.43	4.89	2.64	7.23	3.29	1.02	0.00	0.00	0.60	1.10	0.50	2.72	7.23
2007 – 2008	1.10	3.21	2.95	1.73	4.82	11.81	11.00	11.00	0.78	0.00	0.00	0.70	1.80	0.70	4.63	11.81

AÑO	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Min	Prom	Máx.
2008 – 2009	1.80	2.04	6.03	4.60	8.84	7.45	6.02	2.79	2.84	1.60	0.40	0.00	0.60	0.40	3.75	8.84
2009 – 2010	0.60	2.29	2.29	3.04	1.73	9.31	5.77	7.47	2.33	0.00	0.00	0.60	1.15	0.60	3.32	9.31
2010 – 2011	1.15	7.25	1.75	2.80	3.64	6.53	3.53	4.55	3.10	0.00	0.00	0.00	2.25	1.15	3.65	7.25
2011 – 2012	2.25	2.13	4.99	5.25	11.77	9.12	9.12	3.92	1.62	1.05	0.00	0.00	2.70	1.05	4.90	11.77
2012 – 2013	2.70	3.07	3.09	6.57	4.10	6.35	10.56	1.20	3.73	1.10	2.00	0.50	1.53	0.50	3.58	10.56
2013-2014	1.53	2.36	0.00	2.51	3.46	3.40								1.53	2.65	3.46

Fuente: Elaboración Propia

Para las distintas estaciones meteorológicas se realiza la proyección probable de precipitación para distintos tiempos de periodo de retorno, como objetivo de encontrar una tasa de precipitación adecuada para la proyección de datos, obteniendo distintos datos explicados en:

Tabla 23: Precipitación probable en la estación Talla

Periodo de Retorno	Periodo Probable (mm)		
	Mínimo	Promedio	Máximo
10 años	1.13	3.01	9.50
15 años	1.35	3.45	11.12
20 años	1.51	3.76	12.27

Fuente: Elaboración Propia

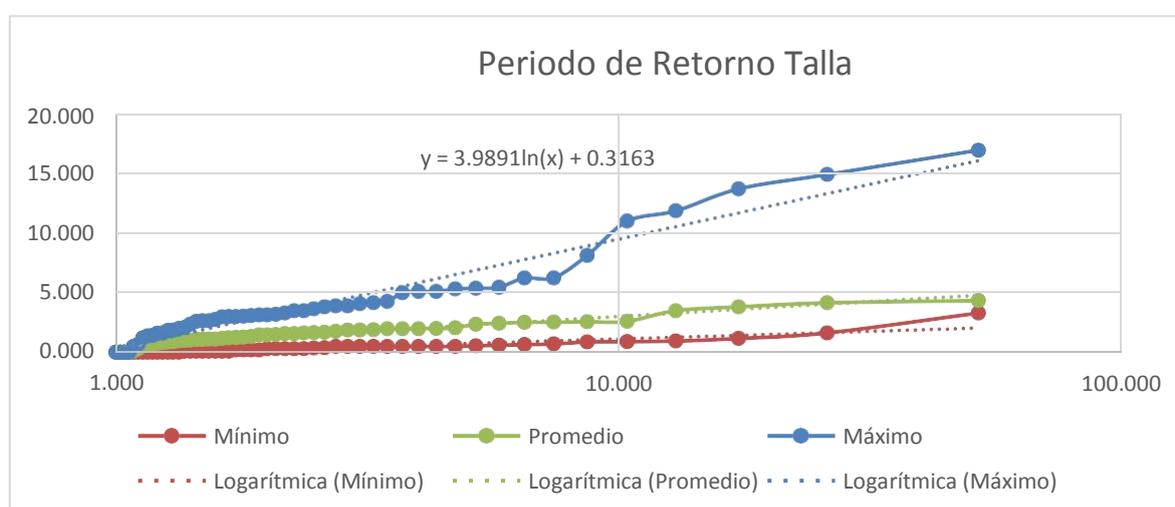


Ilustración 13: Periodo de Retorno estación Talla

Fuente: Elaboración Propia

Con dicha información podemos deducir que la precipitación máxima en la estación de Talla es de 12,27 mm/año a una proyección de 20 años para lo cual esta pronosticado la carretera.

Tabla 24: Precipitación probable en la estación Cayalti

Periodo de Retorno	Periodo Probable (mm)		
	Mínimo	Promedio	Máximo
10 años	1.99	6.16	15.60
15 años	2.37	6.83	17.33
20 años	2.64	7.30	18.56

Fuente: Elaboración propia

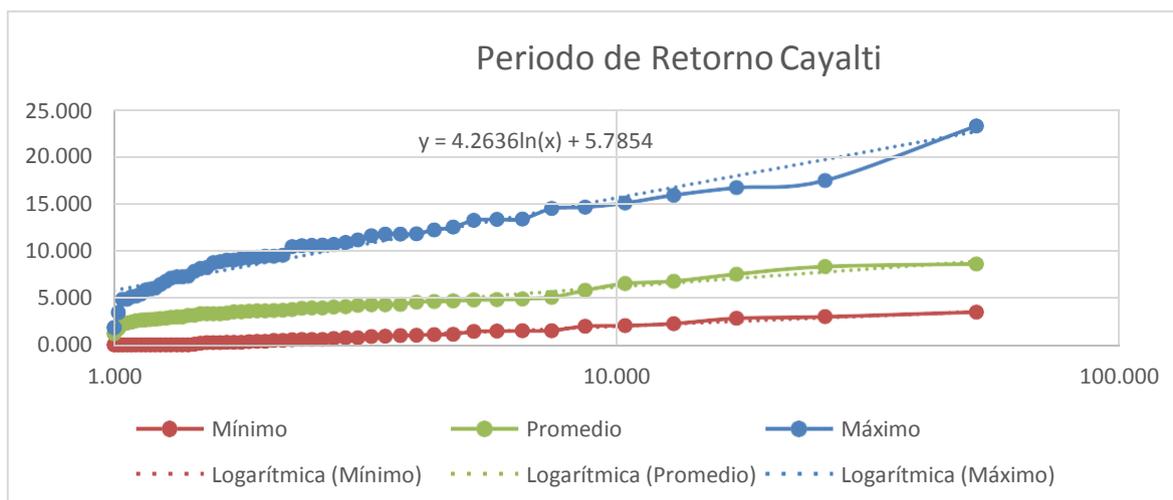


Ilustración 14: Periodos de retorno estación Cayalti

Fuente: Elaboración Propia

De la misma manera se deduce que la precipitación máxima en la estación de Cayalti es de 18.56 mm/año a una proyección de 20 años, con dichos valores se puede entender que la cuenca del Chaman presenta una precipitación ligera a lo largo del año siendo una cuenca seca.

En base a las precipitaciones y la topografía del terreno usando las ecuaciones antes provistas de alcantarillas, formula de California y Ventura, se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 25: Tiempo de concentración

Tiempo de Concentración	
a) Alcantarillas	15.033 hrs
b) Formula de california	10.596 hrs
c) Ventura y Heras	2.739 hrs
Promedio	9.456 hrs

Fuente: Elaboración propia

Con un promedio de 9.456 horas, es el tiempo durante el cual el periodo de lluvia y escorrentía durara en recorrer el área predeterminada de la cuenca del Chaman, teniendo una aproximación de 10 horas.

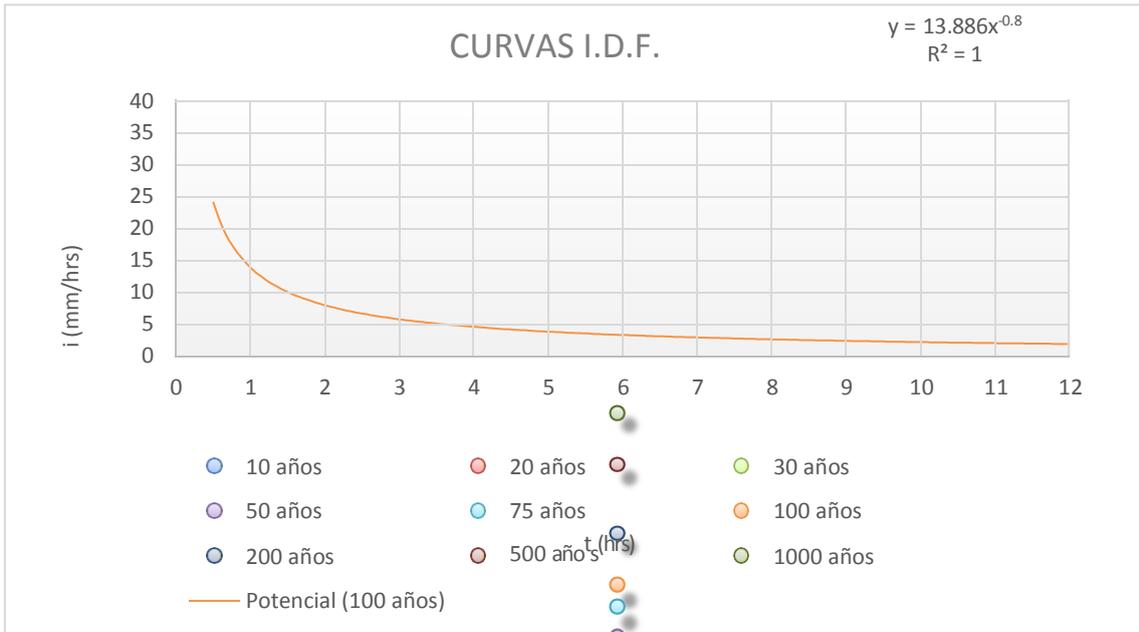


Ilustración 15: Curvar I.D.F

Fuente: Elaboración Propia

La curva de Intensidad-Duración-Frecuencia nos muestra que la intensidad de la lluvia en la cuenca del Chaman para un periodo de retorno de 20 años, es bajo en comparación a la proyección a 10, 50, 100 y 200 años, tomando un valor de 20 años debido a lo especificado en la norma y la prolongación en que puede ocurrir el evento climatológico.

Tabla 26: Lluvias Máximas

Periodo de retorno (años)	Altura de lluvias (mm)
10	13.517
20	15.999
30	17.451
50	19.281
75	20.733
100	21.763
200	24.246
500	27.527
1000	30.010

Fuente: Elaboración propia

La altura de lluvias máxima para un periodo de retorno de 20 años, el cual es el diseño de la carretera para el mejoramiento de la vía es de 15.999 mm de altura de precipitación como lluvia máxima efectiva a acumularse después de un periodo de lluvia extraordinario.

Tabla 27: Intensidades máximas

Periodo de retorno (años)	Intensidades máximas (mm/hrs)
10	1.429
20	1.692
30	1.846
50	2.039
75	2.193
100	2.302
200	2.564
500	2.911
1000	3.174

Fuente: Elaboración propia

Se encontró como intensidad máxima para un periodo de retorno de 20 años una lluvia de 1.692 mm/hrs, siendo esta una precipitación costera baja.

El proceso de los datos haciendo uso de la fórmula para cálculo de caudales máximos propuesto por el método racional, nos arrojó los resultados siguientes:

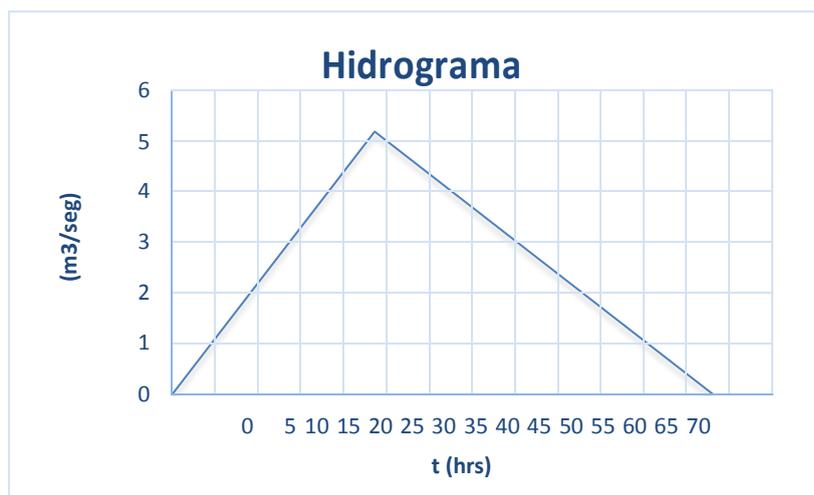


Ilustración 16: Hidrograma Unitario

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28: Cuadro de Caudales

Q (m ³ /seg)	0	5.18	0
t (hrs)	0	23.602	63.018

Fuente: Elaboración propia

Según el hidrograma unitario y el cuadro de caudales se tiene un pico de caudal de 5.18 m³ /s en un tiempo de 23.602 horas y va descendiendo el caudal conforme avanza el tiempo de manera lineal hasta llegar a un caudal de 0 m³/ s en un tiempo de 63.018 horas.

Una vez obtenidos y analizados todos los resultados y los factores del recorrido, se puede proyectar que en la zona en la que el recorrido atraviesa, no existe un peligro existente de afección al área de estudio, por lo tanto, se propone la construcción de unas cunetas y alcantarillas para que funcionen de manera preventiva frente a lluvias ocasionales que puedan afectar el desempeño óptimo de la vía. Se diseñará estas estructuras para un periodo de vida de 20 años igual que el proyecto.

3.5. Cunetas

Tabla 29: Diseño de Cuneta

Diseño de cuneta		
Ancho de cuneta	0.60 m	
Altura	0.30 m	
Espejo de agua =	0.60 m	
Tirante Hidráulico=	0.30 m	
Pendiente mínima (Smin)=	2.00%	
Pendiente máxima (Smax)=	4.50%	
Coeficiente de rugosidad “n” (Tabla N° 9 Manual de Hidrológica MTC)	n= 0.025	Tierra Suelta
	n= 0.040	Roca Suelta
Velocidad de diseño =	40 km/h	
Coeficiente de Stricker (K)	33	

Fuente: Elaboración propia

En base a parámetros básicos dados por el proyectista y en base al manual de Hidrología, hidráulica y drenajes del MTC, se considerada comenzar el estudio con los valores mínimos dados por la norma según el tipo de carretera, velocidad de diseño, orografía del lugar y longitud de puesta de cunetas.

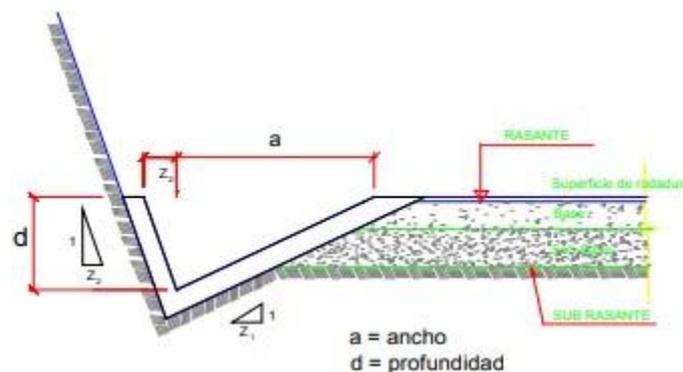


Ilustración 17: Sección típica de cuneta triangular

Fuente: Elaboración propia

Se definirá como dichas medidas a las dadas en la Ilustración 6, para una sección típica triangular a poner en puesta en el diseño.

Tabla 30: Inclinaciones máximas de talud (V: H) Interior de Cuneta

V.D. (km/h)	I.M.D.A (Veh/día)	
	<750	>750
<70	1:02 1:03	1:03
>70	1:03	1:04

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 30, se tiene en base a los criterios básicos una pendiente o talud de 1.03 para cada lado interior de la carretera, cumpliendo con los estándares mínimos requeridos. En base al uso de las fórmulas dadas según el reglamento, se obtuvieron los datos presentados en la siguiente tabla.

Tabla 31: Sección Hidráulica

Sección Hidráulica	
Área	0.09 m ²
Perímetro Mojado	0.86 m
Radio Hidráulico	0.11 m

Fuente: Elaboración propia

En base a estos datos, se puede calcular el caudal de Manning que puede transportar la cuneta en cada tipo de suelo (tierra y roca suelta).

Tabla 32: Caudales proyectados

Caudales Proyectados		
Tierra	Pendiente mínima	0.019 m ³ /s
Suelta	Pendiente máxima	0.026 m ³ /s
Roca	Pendiente mínima	0.012 m ³ /s
Suelta	Pendiente máxima	0.018 m ³ /s

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de la cuneta se contrastará con el caudal máximo generado en los distintos tipos de suelos y pendientes, teniendo como caudal de diseño un valor de 0.026 m³/s.

Tabla 33: Caudal aportante del pavimento

Caudal aportante del pavimento			
Largo de cuneta	L=	250	m
ancho de vía /2	a1=	3	m
Área de vía a drenar	A1=	0.08	Km ²
Coefficiente de escorrentía	C1=	0.30	
Intensidad de precipitación	I1=	1.69	m ³ /Hr.
	Qpav.=	0.011	m³/seg

Fuente: Elaboración propia

Dicho valor se usará de manera única y separada del caudal calculado para la cuenca del loco de Chaman, debido a que el área de influencia de las precipitación y simulación de inundación no afecta al área de estudio propuesta, por lo tanto, se considerara las dimensiones mínimas de diseño sumando el caudal de escorrentía más el caudal aportante del pavimento teniendo como resultado un caudal total de 0.037 m³/s siendo este mayor al caudal que circula por dicha zona de estudio (0.011 m³/s).

Para el diseño de cunetas se usó el procedimiento indicado en la norma de Hidrología según el tipo de caudal velocidad y área de diseño propuesto para este tipo de carretera.

Tabla 34: Dimensiones de alcantarilla 24''

Diámetro=	0.600	M
Área(A)=	0.283	M ²
Perímetro (P)=	1.88	m
Radio Hidráulico ®=	0.15	m
Pendiente (S)=	2.5% =	0.025
Coefficiente rugosidad (n)=	0.024	
Caudal (Q)=	0.036	

Fuente: Elaboración propia

En la base a la Tabla 34, se deduce que el caudal proyectado es de 0.523 m³/s siendo este mayor al caudal diseño (0.037 m³/s) para el drenaje pluvial, cumpliendo con los estándares especificados por la norma y pudiendo cubrir dicho caudal con tranquilidad.

De la misma manera se obtuvo otro diámetro de alcantarilla para poder economizar en ciertas partes del tramo de la vía, obteniendo los siguientes datos.

Tabla 35: Dimensiones de alcantarilla 36''

Diámetro=	0.900	M
Área(A)=	0.636	M2
Perímetro (P)=	2.83	m
Radio Hidráulico R_h =	0.225	m
Pendiente (S)=	2.5% =	0.025
Coefficiente rugosidad (n)=	0.024	
Caudal (Q)=	0.036	

Fuente: Elaboración propia

En la base a la Tabla 35 Se pudo deducir que el caudal proyectado es de 1.095 m³/s siendo este mayor al caudal diseño (0.037 m³/s) para el drenaje pluvial, cumpliendo con los estándares especificados por la norma y pudiendo cubrir dicho caudal con tranquilidad.

Con los caudales obtenidos se procede a calcular el tipo de flujo por progresiva para determinar el comportamiento del agua obteniendo lo siguiente.

Tabla 36: Flujo de Alcantarilla por tramo

N° ALC.	PROG.	OBRA DRENAJE	Q DREN (m3/s)	Ø (pulg.)	Ø (m.)	“n” MAT	“Y” (m)	“S” (m/m)	“V” (m/s)	TIPO DE FLUJO	“F”
ALC-01	0+700.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5690	0.01	1.3446	Subcrítico	0.6143
ALC-02	1+750.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5690	0.01	1.3446	Subcrítico	0.6143
ALC-03	2+610.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5690	0.01	1.3446	Subcrítico	0.6143
ALC-04	4+210.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5622	0.01	1.3397	Subcrítico	0.6177
ALC-05	4+800.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5622	0.01	1.3397	Subcrítico	0.6177
ALC-06	5+170.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5622	0.01	1.3397	Subcrítico	0.6177
ALC-07	6+500.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5554	0.01	1.3346	Subcrítico	0.6209
ALC-08	7+290.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5554	0.01	1.3346	Subcrítico	0.6209
ALC-09	7+870.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5554	0.01	1.3346	Subcrítico	0.6209
ALC-10	8+600.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5487	0.01	1.3294	Subcrítico	0.6241
ALC-11	9+700.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5487	0.01	1.3294	Subcrítico	0.6241
ALC-12	10+200.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5487	0.01	1.3294	Subcrítico	0.6241
ALC-13	10+700.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5554	0.01	1.3346	Subcrítico	0.6209
ALC-14	11+280.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5554	0.01	1.3346	Subcrítico	0.6209
ALC-15	12+330.00	ALC. PASO	1.095	36.00	0.90	0.03	0.5487	0.01	1.3294	Subcrítico	0.6241

Fuente: Elaboración propia

Como diseño final correspondiente al tema hidrológico y diseño de este se obtuvo el plano de cunetas y alcantarillado. (ver anexos)

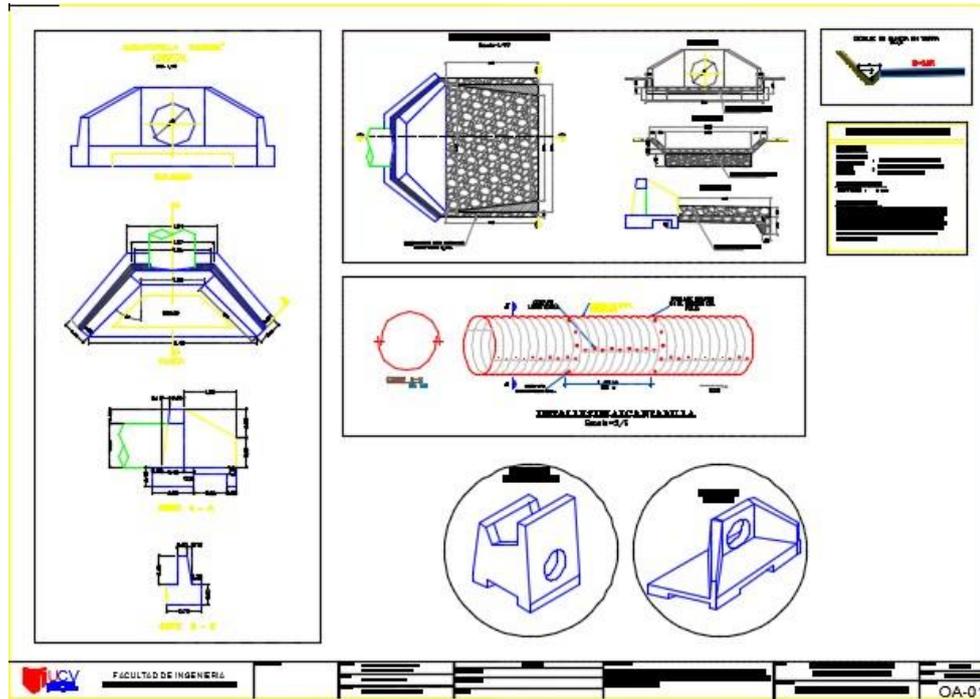


Ilustración 18: Plano de obras de arte

Fuente: Elaboración propia

3.6. Diseño geométrico

Se elaboró el diseño geométrico en planta de la carretera, calculando los elementos de curva y la longitud de los tramos rectos; identificado los ángulos, azimuts y coordenadas de cada uno de los puntos de los elementos de curva y de los tramos rectos. Los resultados y el desagregados de estos se encuentra en el Anexo 3 – Elementos de Curva.

Proyecto: "DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMACIÓN DEL TRAMO PANAMERICANA NORTE KM 78 - ANEXO SANTA MARIA, PACANGA CHEPEN - LA LIBERTAD"
 CLIENTE: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE PACANGA
 Departamento: LA LIBERTAD
 Provincia: CHEPEN
 Distrito: PACANGA

PI	Lado	Dist	ANGULO					AZIMUT			PROYECCIONES		COORDENADAS									
			Grad	Min	Seg	GRAD	Sem	Grad	Min	Seg	GRAD	RAD	Este	Norte	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE		
PI0	-	1030.009				129°	43'	16"	129.721°		2.264	792.246	-658.228	809.828.000	9269233.000	(0.000)	(0.000)	792.246	-658.228	809.828.000	9.269.233.000	
PI1	PI0 - PI1	1282.601	35	11	49	35.197°	D	164°	55'	05"	164.918°	2.878	333.733	-1238.422	810.620.246	9.268.574.772	(0.000)	(0.000)	333.733	-1238.422	810.620.246	9.268.574.772
PI2	PI1 - PI2	830.319	30	31	45	30.529°	I	134°	23'	20"	134.389°	2.346	593.353	-580.829	810.953.979	9.267.336.350	(0.000)	(0.000)	593.353	-580.829	811.547.332	9.266.755.522
PI3	PI2 - PI3	845.098	28	43	58	28.733°	D	163°	07'	18"	163.122°	2.847	245.366	-808.694	811.547.332	9.266.755.522	(0.000)	(0.000)	245.366	-808.694	811.792.697	9.265.946.828
PI4	PI3 - PI4	175.849	14	20	47	14.346°	I	148°	46'	31"	148.775°	2.597	91.159	-150.375	811.792.698	9.265.946.828	(0.000)	(0.000)	91.159	-150.375	811.883.857	9.265.796.452
PI5	PI4 - PI5	90.848	29	28	48	29.480°	I	119°	17'	43"	119.295°	2.082	79.229	-44.453	811.883.857	9.265.796.452	(0.000)	(0.000)	79.229	-44.453	811.963.086	9.265.752.000
PI6	PI5 - PI6	556.654	08°	00'	31	08.009°	D	127°	18'	14"	127.304°	2.222	442.781	-337.356	811.963.086	9.265.752.000	(0.000)	(0.000)	442.781	-337.356	812.405.867	9.265.414.644
PI7	PI6 - PI7	619.362	18	11	04°	18.184°	I	109°	07'	10"	109.119°	1.904	585.197	-202.865	812.405.867	9.265.414.644	(0.000)	(0.000)	585.197	-202.865	812.991.063	9.265.211.779
PI8	PI7 - PI8	350.960	45	21	09°	45.353°	D	154°	28'	19"	154.472°	2.696	151.247	-316.697	812.991.063	9.265.211.779	(0.000)	(0.000)	151.247	-316.697	813.142.311	9.264.895.081
PI9	PI8 - PI9	622.277	27	45	33	27.759°	I	126°	42'	46"	126.713°	2.212	498.843	-371.999	813.142.311	9.264.895.081	(0.000)	(0.000)	498.843	-371.999	813.641.154	9.264.523.082
PI10	PI9 - PI10	261.886	06°	09'	09°	06.153°	D	132°	51'	55"	132.865°	2.319	191.951	-178.155	813.641.154	9.264.523.082	(0.000)	(0.000)	191.951	-178.155	813.833.105	9.264.344.927
PI11	PI10 - PI11	316.507	05°	04'	33	05.076°	I	132°	47'	22"	132.789°	2.230	250.125	-193.943	813.833.105	9.264.344.927	(0.000)	(0.000)	250.125	-193.943	814.083.230	9.264.150.983
PI12	PI11 - PI12	612.620	15	40	21	15.673°	D	143°	27'	43"	143.462°	2.504	364.727	-492.217	814.083.230	9.264.150.983	(0.000)	(0.000)	364.727	-492.217	814.447.957	9.263.658.767
PI13	PI12 - PI13	261.055	11	09	38	11.161°	I	132°	18'	05"	132.301°	2.309	193.080	-175.698	814.447.957	9.263.658.767	(0.000)	(0.000)	193.080	-175.698	814.641.037	9.263.484.154
PI14	PI13 - PI14	335.022	42	29	13	42.487°	I	89°	48'	52"	89.814°	1.568	335.020	1.085	814.641.037	9.263.484.154	(0.000)	(0.000)	335.020	1.085	814.976.057	9.263.484.154
PI15	PI14 - PI15	228.849	47	38	41	47.645°	D	137°	27'	33"	137.459°	2.399	153.376	-167.141	814.976.057	9.263.484.154	(0.000)	(0.000)	153.376	-167.141	815.129.433	9.263.317.013
PI16	PI15 - PI16	338.890	23	54	28	23.908°	I	113°	33'	05"	113.551°	1.982	310.661	-135.411	815.129.433	9.263.317.013	(0.000)	(0.000)	310.661	-135.411	815.440.094	9.263.181.602
PI17	PI16 - PI17		46	16	44	46.279°	D								815.440.094	9.263.181.602	(0.000)	(0.000)			815.440.094	9.263.181.602

Ilustración 19: Elementos de Curva

Fuente: Elaboración propia

Como consiguiente, se muestra el resumen y consideraciones de diseño para la carretera en el siguiente cuadro

Tabla 37: Resumen y consideraciones de diseño

Características Geométricas	
Velocidad de diseño	40 km/h
Clasificación	Carretera de Tercera clase
Índice Medio Diario	< 400 <u>veh/día</u>
Vehículo de diseño	C2
Tramo mínimo en tangente del mismo sentido	40m
Deflexión mínima sin curva circular	2° 30'
Ancho de Calzada	6 m
Ancho de bermas	0.5m c/lado
Bombeo	-2.0%
Radio mínimo excepcional	30 m
Radio mínimo normal	50 m
Sobre ancho máximo	0.40 m – 2.8 m
Peralte máximo	8%
Pendiente mínima	0.5%
Pendiente máxima	8%
Talud de relleno	1.5H:1V
Talud de corte	1H:1V
Plazoletas	Cada 500 m
Cunetas Triangulares	0.40 x 0.60 m

Fuente: Manual de Carreteras

3.7. Señalización

Se realizó la señalización en toda la carretera, verificando las curvas, el kilometraje y de velocidades máximas por tamos.

Tabla 38: Resumen de señalizaciones

Ítem	Descripción	Código	Sentido		Observación
			Derecha	Izquierda	
1	Señal Informativa	I-18b	X		Anexo Santa María
2	Velocidad Máxima	R-30	X		km: 0+100
3	Curva a la Derecha	P-2B	X		Km: 0+960
4	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 1+000
5	Velocidad Máxima	R-30	X		Km: 1+100
6	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 2+000
7	Curva a la Izquierda	P-2A	X		Km: 2+320
8	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 3+000
9	Curva a la Derecha	P-2B	X		Km: 3+050
10	Velocidad Máxima	R-30	X		Km: 3+500
11	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 4+000
12	Curva a la Izquierda	P-2A	X		Km: 4+100
13	Curva a la Izquierda	P-2A	X		Km: 4+700
14	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 5+000
15	Curva a la Derecha	P-2B	X		Km: 5+400
16	Curva a la Izquierda	P-2A	X		Km: 5+700
17	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 6+000
18	Velocidad Máxima	R-30	X		Km: 6+500
19	Curva a la Derecha	P-2B	X		Km: 6+960
20	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 7+000
21	Curva a la Izquierda	P-2A	X		Km: 7+800
22	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 8+000
23	Curva a la Derecha	P-2B	X		Km: 8+120
24	Curva a la Derecha	P-2B	X		Km: 8+650
25	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 9+000
25	Curva a la Derecha	P-2B	X		Km: 9+780
26	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 10+000
27	Curva a la Izquierda	P-2A	X		Km: 10+300
28	Curva a la Izquierda	P-2A	X		Km: 10+600
29	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 11+000
30	Curva a la Derecha	P-2B	X		Km: 11+650
31	Poste kilométrico	I-8	X		Km: 12+000
32	Curva a la Derecha	P-2B	X		Km: 12+300

Fuente: Elaboración propia

3.8. Diseño de afirmado

3.8.1. Cálculo de espesor de capa de afirmado

3.8.2. Según fórmula – Manual de Carreteras

Entonces, según los datos del conteo vehicular y de mecánica de suelos.

$$\text{CBR} = 10.86\%$$

$$N_{rep} = 2.44 \times 10^5$$

$$e = [219 - 211 * (\log_{10} 10.86) + 58 * (\log_{10} 10.86)^2] + \log_{10}(2.44 * 10^5 / 120)$$

$$e = 199.9 \text{ mm}$$

Espesor calculado = 200mm

3.8.3. Según catálogo – Manual de Carreteras

Figura N° 11-2
CATALOGO DE CAPAS DE AFIRMADO (REVESTIMIENTO GRANULAR)
PERIODO DE 10 AÑOS

EE CBR %	Tnp1	Tnp2	Tnp3	Tnp4	Afirmado
	< 25,000	25,001-75,000	75,001-150,000	150,001-300,000	
CBR < 6%	25cm	30cm	30cm	35cm	
6% < CBR < 10%	25cm	30cm	30cm	35cm	
	20cm	25cm	25cm	30cm	
10% < CBR < 20%	20cm	20cm	25cm	25cm	
	15cm	20cm	20cm	20cm	

Ilustración 20: Catálogo de capas de Afirmado

Fuente: Manual de Carreteras

Se escoge un espesor para el afirmado de 25 cm. (ver anexos).

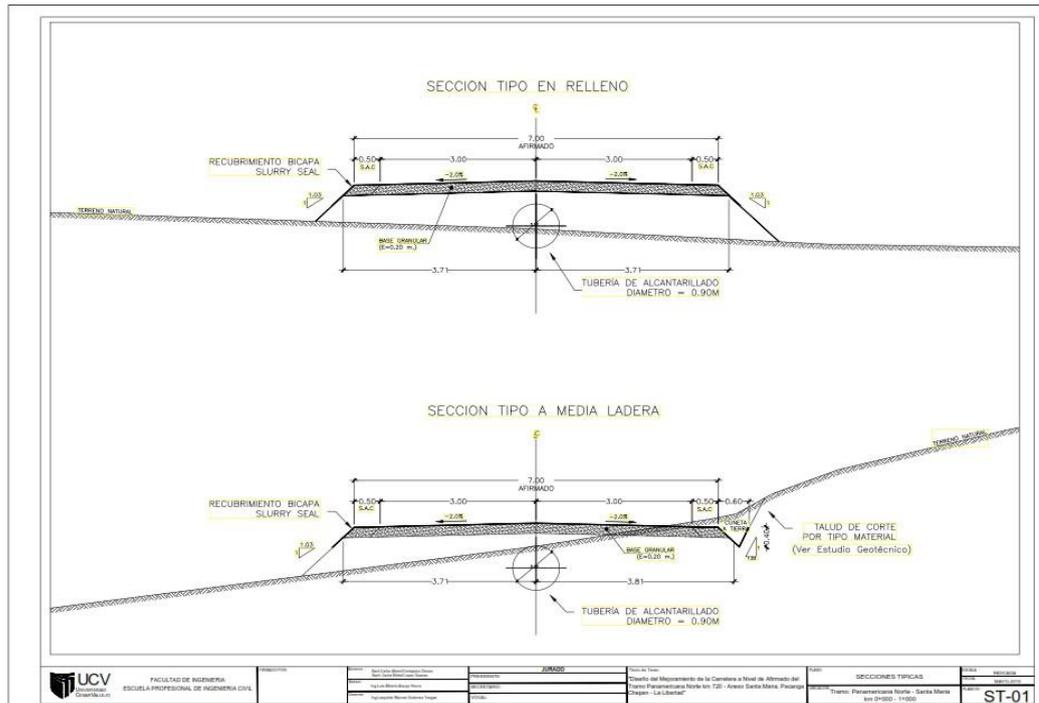


Ilustración 21: Diseño de Afirmado
 Fuente: Elaboración propia

3.9. Estructura del afirmado

Por efectos de lluvias presentes en esta zona y para prolongación de la vida útil del pavimento con el control en las pérdidas de partículas del afirmado, se considera un recubrimiento sellador denominado Slurry Seal.

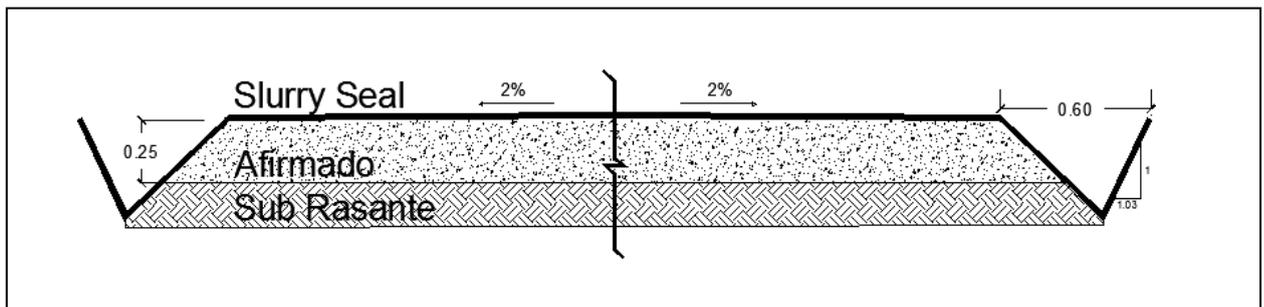


Ilustración 22: Diseño de Pavimento
 Fuente: Elaboración Propia

Dicha estructura se repetirá en todo el tramo del anexo Santa María, pudiendo obtener así distintas secciones transversales. (ver anexos).

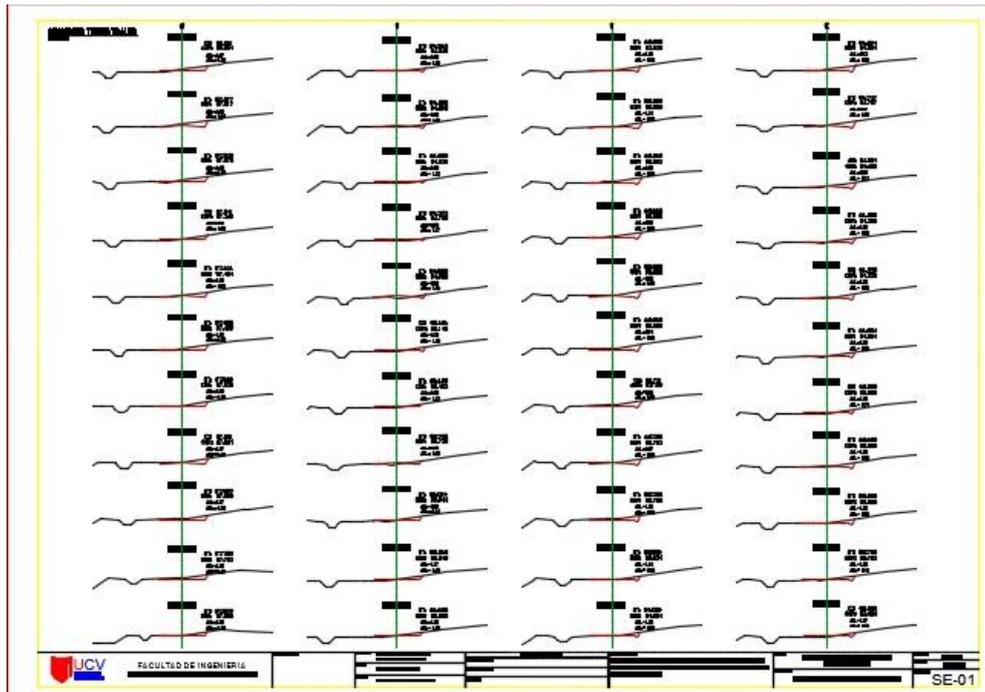


Ilustración 23: Secciones Transversales
 Fuente: Elaboración Propia

Y como diseño final de la carretera además se obtuvo el diseño en planta y perfiles en elevación para la futura puesta en construcción de dicha vía.

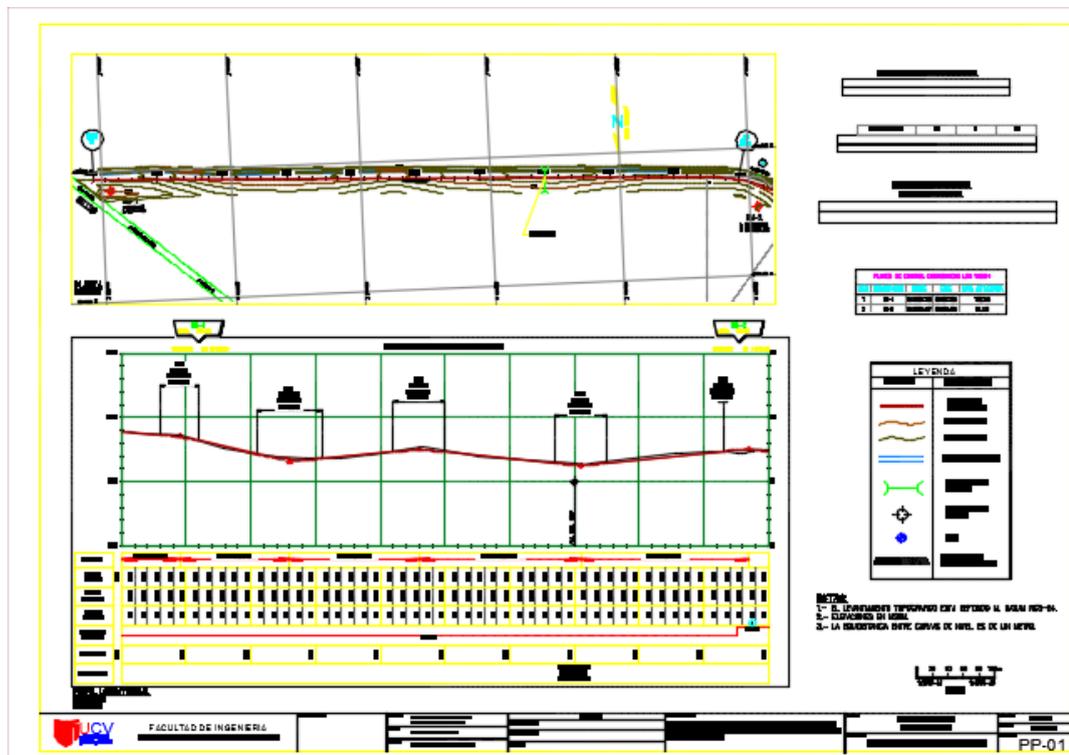


Ilustración 24: Elevación en planta y perfil
 Fuente: Elaboración Propia

IV. DISCUSIÓN

Según (Iñiguez 2015); se encontró que el ángulo de inclinación promedio de la topografía mostrada en el área de estudio es de 20° , por lo que de acuerdo a la topografía en función a la inclinación del terreno respecto de la Horizontal se clasifica como ACCIDENTADA; siendo este un terreno ubicado en la sierra cuya topografía es la más plana posible, a comparación de la tratada en este proyecto ubicada en la zona costera teniendo una topografía plana, obteniendo muy pocas curvas de nivel y equidistancias menores a 1.00 m.

Según el estudio de mecánica de suelos, se puede observar que la categorización del suelo en toda la carretera es muy variada. Cada kilómetro el tipo y las propiedades del suelo cambian, sin embargo, toda la carretera presenta gran cantidad de finos, entre arcillas, limos y material orgánico, esto por la existencia de parcelas de sembríos y del canal de riego. Un dato de gran importancia es el valor de CBR, el cual se efectúa con lo especificado en el Manual de Carreteras, Suelos, Geotecnia y Pavimentos (2014) en el capítulo 11 de Afirmados entre 6% y 30%, siendo valores fuera de este rango objeto de estudio especial, como mejoramiento o estabilización.

Para el conteo vehicular realizado durante 7 días las 24 horas del día, no se encontró una gran cantidad de estos en la transitabilidad de esta vía. La mayor presencia de vehículos fue del tipo livianos, contabilizando solamente vehículos pesados entre 1 a 3. Con el conteo realizado se procedió a calcular el número de ejes equivalente, ESAL en sus siglas internacionales, determinando el factor destructivo que posee cada vehículo según el número de carriles y la dirección, para el año 2019 se fijó en 1.72×10^5 EE. Al proyectar para el período de diseño de 10 años, se halla que el ESAL de diseño es 2.44×10^5 EE, siendo una carretera Tnp4 según lo establece el (MTC, Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos, 2014); donde se justifica solamente el uso de una vía de afirmado temporal.

(Aulex, 2015) presenta la posibilidad de usar distintos tiempos de distribución tales como Log Normal, Ley de Gumbel y Pearson Tipo III además de ajustar sus caudales en base a la precipitación dada por una estación meteorológica cercana a la zona de estudio (23 km) y datos desde 1988 al año 2004, teniendo en cuenta que en la zona de estudio, las características son similares por lo cual se pueden comparar, entendemos así que los años tomados para la pronosticación de la escorrentía son de mucha influencia si se quiere hacer un pronóstico

cercano a la realidad, además de sumar que el método empleado en fue el método racional el cual tuvo una similitud con el antecedente mencionado.

Para el diseño geométrico, se logró diseñar la carretera a nivel de planta y de elevaciones, calculando los radios de las curvas en planta así como de sus coordenadas de cada uno de sus elementos, de manera conjunta se toman las consideraciones de diseño, siendo la más relevante la velocidad de diseño en 40 km/h, dato del cual parte todos los datos de pendientes la cual se optó por una máxima de 8% y mínima de 0.5%, siempre cumpliendo con los rangos máximos y mínimos que especifica el Manual de Diseño Geométrico (2018); de igual manera, se calculan los taludes de relleno y corte, siendo una variante de la mecánica de suelos como lo especifica (Bautista, 2018) donde se tuvo que evaluar para cada tipo de suelo los taludes siendo en gran parecidos a las características halladas en los análisis propios, cerrando en los valores de Talud de relleno en 1.5H:1V y de corte en 1H:1V.

Para las señalizaciones, se siguió el procedimiento planteado por el MTC, siguiendo las necesidades de cada uno de los elementos de la carretera, así como también por análisis y juicio propio, delimitando en 13 hitos kilométricos colocados al inicio de cada kilómetro en las progresivas, 15 señales preventivas donde la gran mayoría son representaciones de proximidad de curvas y 4 señales reguladoras para el aviso de velocidad máxima en 40km/h, donde, al evaluar riesgos, velocidades mayores a esta provocarían peligros a los usuarios en las presencias de las curvas y de las ondulaciones verticales propias de la carretera como lo especifica en (MTC, Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018., 2018)

Siguiendo el método NAASRA el cual relaciona el valor de soporte del suelo con la carga presentada sobre el afirmado, se pudo evaluar según la ecuación mostrada en el Manual de Carreteras, el espesor calculado fue de 19.9 cm, sin embargo, al colocar valores redondeados múltiplos de 5 para facilitar en su proceso de construcción, se calcula en 20 cm. Para el valor calculado, también se debe de comparar con el catálogo presentado por el (MTC, Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos, 2014) para espesores de afirmado recomendados según el CBR y el ESAL de diseño y optar por el valor más desfavorable, siendo el mismo espesor obtenido de 25 cm por lo que se establece finalmente como espesor de diseño para la capa de afirmado.

Según (Villacis, 2015); el período de diseño de un método de alcantarillado es el tiempo durante el cual este dará una asistencia con una eficacia aceptable. Este período varía

de acuerdo con el desarrollo de la población, capacidad de la administración, operación y mantenimiento. Criterios de instituciones como el del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), EMPAGUA y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un período de 15 a 40 años. Para el diseño de este proyecto se adoptó un período de 25 años; mostrando que la elección del periodo de retorno de una alcantarilla depende única y exclusivamente del diseño del proyectista, tomando un periodo de diseño parecido de 20 años de retorno.

Dado a que el material de afirmado tiene la desventaja de ser altamente susceptible a la erosión, se considera una capa de Slurry Seal, un material de bajo costo la cual reviste superficialmente a la vía y a las cunetas, con el fin de alargar la vida útil del pavimento, así como de los períodos de mantenimiento según lo demuestra (Oikonomou & Eskioglou, 2007). El revestimiento debe ser colocado de manera uniforme, evitando dejar espacios sin recubrir para que pueda actuar completamente eficiente, ya que, a causa de estos espacios, se genera un efecto en cadena que provocaría un efecto cadena que debilitaría con a mayor rapidez el recubrimiento utilizado lo cual no generaría una rentabilidad entre el costo de aplicación y los periodos de mantenimiento.

V. CONCLUSIONES

Se diseñó la estructura del pavimento de la carretera a nivel de afirmado con un espesor de 25 cm, aplicándole un revestimiento anti-erosivo, así mismo en las obras de arte revestidas con el mismo material.

El estudio de mecánica de suelos de subrasante y material de préstamo, tiene como resultado que del km 1+000 – 2+000 se encontró un tipo de suelo A-4 (0), con un CBR 95% de 11.18, el km 3+000 presenta un tipo de suelo A-6 (2), del km 4+000 – 5+000 se encontró un tipo de suelo A-4 (0), con un CBR 95% de 12.76. De la progresiva 6+000 – 7+000 presenta un tipo de suelo A4 (0), mientras que la 8+000 un A-4 (1) con un CBR 95% de 5.52. la progresiva 9+000 un A-4 (0), de la progresiva 10+000 a la 11+00 un A-4 (1) con un CBR 95% de 5.25; la 12+000 un A-4 (0), mientras que la cantera presenta un tipo de suelo A-1-b (0) con un CBR 95% de 31.01.

Según el estudio de tráfico, el IDMA (Índice Medio Diario Anual), en este tramo es de 48 vehículos, compuesto mayormente por vehículos ligeros que es 38.99%, 21.13% camionetas, 8.33% de Microbuses, 27.38% Buses y 2.78% de Camiones 2.08%. En el siguiente cuadro se presenta un resumen de IMD clasificado con mayor detalle el IMD por tipo de vehículo.

Al realizar el estudio hidrológico, se ultima que el caudal de diseño para un periodo de retorno de 20 años es de 5.18 m³/seg, el cual se desarrolla a un tiempo de 23.602 horas y teniendo un término de tormenta de 63.018 horas y teniendo como zona de influencia la Cuenca del Loco de Chaman. Se observó que la extensión de la vía no es afectada por la escorrentía de manera directa, por lo tanto, no debe ser tomada para el cálculo de obras de arte.

En obras de arte se concluye que las cunetas deben tener un ancho de 0.6m – altura de 0.3m – pendiente interior y exterior de 1:1.03. Por otro lado, la alcantarilla tiene un ancho comercial de 36” y 24”, dependiendo del tramo en el que se encuentra.

Al realizar el diseño geométrico en planta de la carretera, se determinaron los elementos de cada curva de la carretera, así como las coordenadas de cada uno de los puntos de los elementos de curva.

Para la señalización de la carretera, se contabilizan 13 hitos kilométricos colocados al inicio de cada kilómetro en las progresivas, 15 señales preventivas y 4 señales reguladoras distribuidas puntualmente a lo largo de la vía.

Al diseñar la estructura del pavimento a nivel de afirmado, se encontró que el espesor fue de 25 cm recubierto con una capa de slurry seal.

VI. RECOMENDACIONES

1. Ejecutar el sostenimiento vial de manera repetida de manera de que esta vía persista transitable con el pasar de los años.
2. Verificar la subsistencia de las obras de drenaje tales como. Limpieza de cuentas y alcantarillas.
3. Cumplir con los monitores para la protección ambiental.

REFERENCIAS

- AASHTO. (2004). Noma M 147-65 Materials for Aggregate and Soil. Aggregate Subbase, Base, and Surface Courses.
- Alviz, I., Chavez Juan, & García, R. (2007). Estudio y diseño de la estructura del pavimento y obras complementarias de la carretera Las Piedras La Apartada en el Municipio de Tolviejo (Sucre).
- Iñiguez, René. Criterios Socio- Económicos para la apertura de caminos de acceso rural y su efecto en la producción agrícola (Altiplano Norte de Bolivia). Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia. 2015.
- Aules, Exón. Estudio de la rehabilitación y ampliación de vía La Boca – Las Gilces ubicada en la Provincia de Manabí, longitud 3.6KM. Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Ecuador. Universidad de Guayaquil. 2015.
- Villacais, Wilson. Manual de optimización práctica para la revisión del estudio de diseño de pavimentos. Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Ecuador. Universidad Internacional del Ecuador. 2015.
- Bautista, Jermis. Diseño del pavimento bicapa de la carretera entre Palo Blanco y alto Perú, para mejorar la transitabilidad - Motupe. Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2018.
- Aguilar, Luis. Diseño geométrico y pavimento flexible para mejorar accesibilidad vial en tres centros poblados, Pomalca, Lambayeque – 2016. Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2016.
- Peña, Roben. Diseño de los tramos de carretera: Alto Huayatan - Cauchalda - Rayambara, Distrito de Santiago de Chuco, Departamento de la Libertad. Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2017.

- Valencia, Rafael. Diseño para el mejoramiento de la carretera ruta 127, tramo: DV .LI- 119 – Áncash – Las Piedras – José Faustino Sánchez Carrión, Distrito y Provincia Julcan – Departamento la Libertad. Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2017.
- Reyes, Deyvith. Diseño de la carretera en el tramo, El Progreso – Tiopampa, Distrito de Chugay, Provincia de Sánchez Carrión, Departamento la Libertad. Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2017.
- Otiniano, Walter. Diseño para el mejoramiento de la carretera tramo, caserío Cruz de las Flores – Cabargon, distrito de Huamachuco – Provincia de Sánchez Carrión – departamento de la libertad. Con el Trabajo de Titulación (Ingeniero Civil). Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2017.
- Campos, L. (2018). Diseño del pavimento a nivel de afirmado del mejoramiento del camino vecinal Chazuta – Shilcayo, L=11.000 Km, distrito Chazuta, provincia y región San Martín.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). Diseño geométrico de carreteras. Bogotá: ECOE.
- Chicama, H. (2014). Mejoramiento a nivel de afirmado carretera Cupisnique Trinidad - La Zanja tramo: km 5+00 - 10+00.
- Franquet, J., & Querol, A. (2010). Nivelación de terrenos por regresión tridimensional: Una aplicación de los métodos estadísticos.
- García , S., & Vásquez, N. (2018). Estudio definitivo del camino vecinal empalme SM-569 (Puente – Yuracyacu) – Sector Limones, a nivel de afirmado distrito de Moyobamba - San Martín.
- García, A. (2016). Diseñodel mejoramiento a nivel de afirmado de la carretera Caserío El Quinal - Caserío La Unión, Distrito de Huasao, Provincia de Julca, Región de La Libertad.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de carreteras: Diseño Geométrico DG-2018. Lima.
- MTC. (2005). Sección 302B. Afirmado.
- MTC. (2013). Especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2013. (I).
- MTC. (Abril de 2014). Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos.
- MTC. (2016). Manual de Ensayo de Materiales.
- MTC. (2018). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018. Obtenido de http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- MTC. (2018). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf
- Oikonomou, N., & Eskioglou, P. (2007). Alternative Fillers for use in Slurry Seal. Global NEST Journal, 2(182-186).
- Pequeño, D. (2015). Comparación de costos y tecnología de mantenimiento utilizando slurry seal y mantenimiento convencional en un pavimento flexible. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/6823/Peque%c3%b1o%20Otoy%20Daniel%20Andr%c3%a9s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Prado, I. (2013). Diseño del drenaje sanitario y calle con pavimento flexible de la fase III, aldea El Pajón, del municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3544_C.pdf?fbclid=IwAR1WisvVwM9XdSRVER42kd9GUOJjELc1uF5xwA6GYv_8S0AqEPotPAPxUaU
- Puelles Maza, J. C. (2015). Estudio hidrológico de la cuenca Alto Perú y Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, Distrito de la Oroya, Provincia de Yauli - Junín para la construcción de futuras obras de arte ante amenaza de derrumbes provocado por la crecida. Lima: UPC.

Robles, J. (2016). Diseño del mejoramiento a nivel de afirmado de la carretera Caserío La Unión - Caserío Huaynas, Distrito de Huasao - Provincia de Julca - Región La Libertad.

Saldaña, B., & Taipe, W. (2018). Rehabilitación y mejoramiento en vías de bajovolumen de tránsito a nivel tratamiento superficial Slurry Sealcanayre - Puerto Palmeras - Ayacucho.

Vásquez, L. (2014). Proyecto de mejoramiento a nivel de afirmado del camino vecinal: Cruce a San Nicolás - Cose.