

CAPITULO I

DISEÑO TEORICO METODOLOGICO

1.1. Introducción

Las vías terrestres se planean y se construyen para que este en servicio un determinado número de años, que se denomina vida útil de la obra, al cabo del cual se abandonan, o se reconstruyen, a fin de prolongar su servicio.

Estas vías al estar en servicio u operación se van deteriorando, presentando diferentes condiciones de servicio a través de los años. Los deterioros que se tienen pueden ser pequeños al principio, pero pueden ser causa de problemas serios en la vía, que aceleran su deterioro, por esta razón para que una vía o carretera proporcione un servicio adecuado requiere de mantenimiento o conservación que asegure su vida útil.

En nuestro país se encuentran caminos que tienen un rol muy importante en el aporte al desarrollo del mismo, es así que nos podemos referir a un campo de los muchos que abarcan la construcción civil, es decir a la construcción de la infraestructura de una carretera la cual no marca el índice de crecimiento económico en nuestra región.

Este proyecto de ingeniería que se presenta desarrolla el tema, el cual se refiere al trazo y construcción de una carpeta a base de un pavimento flexible, este describirá las definiciones de carretera y todas aquellas que sean necesarias para su comprensión, sus características y método de construcción, así como también describirán las consideraciones físicas, los cuales varían según las características del lugar, suelo y condiciones climatológicas.

1.2. Justificación

El desarrollo de un país por la integración vial, por la dotación de infraestructura de apoyo a producción, es muy importante que las comunidades rurales sean parte de este desarrollo, para que puedan vincularse con el resto de la región y del departamento. El proyecto tendrá un gran impacto sobre la sociedad de las comunidades rurales.

La existencia de una carretera es la necesidad de las personas, tanto por la necesidad de traslado de personas por motivos laborales, educacional, de esparcimiento o de acceso a establecimiento de salud, por motivos productivos y un destino de consumo.

Por otro lado, la construcción de esta vía permitirá que los agricultores den mayor valor a los recursos naturales, ya que de ellos depende su propia subsistencia, en este sentido el impacto ambiental de la ejecución del proyecto será positivo.

Si se dan las posibilidades de dotar de infraestructura y mejoras tecnológicas al área analizada, la superficie actualmente destinada a la explotación del sector agropecuario podrá incrementarse en términos de superficie, calidad, volúmenes producidos, aspectos que pueden afirmar que el presente estudio, tiene una relación directa con el desarrollo socioeconómico de la región considerada.

1.3. Planteamiento del problema

¿Cuál será la alternativa para el diseño geométrico del camino Trancas – Huacata, de tal manera que cumpla con la normativa vigente para este tipo de caminos?

1.3.1. Situación problemática

El problema existente es la falta de una vía entre ambas comunidades, lo que solucionara muchas necesidades de los comunarios, ya que la gente solo se traslada a pie para llegar a ambas comunidades.

La única manera de llegar a la comunidad de Huacata es por el tramo Tres Cruces - Huacata, este tramo es muy peligroso ya que en el trayecto existe pendientes muy elevadas con curvas muy cerradas, por lo que hacen difícil el tránsito de vehículos pesados.

Figura 1: Carretera Tres Cruces - Huacata



Fuente: Elaboración propia

La comunidad más beneficiada con ese diseño será la de Trancas, ya que por este sector transitan con mayor frecuencia los comunarios, tanto de la comunidad de Trancas y Huacata, y comunidades aledañas al sector.

Por lo que es una necesidad realizar el diseño geométrico de acuerdo a las especificaciones, parámetros de la norma ABC y el tránsito vehicular que existiera en el tramo Trancas - Huacata.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Realizar el diseño de ingeniería y apertura del camino Trancas – Huacata con una longitud aproximada de 13 kilómetros, que permita un acceso entre ambas comunidades, para mejorar la comunicación entre ambas comunidades garantizando la fluidez del tráfico vehicular.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico de la zona, para poder determinar un alineamiento adecuado para la apertura y el diseño geométrico para el camino Trancas – Huacata.
- Realizar los estudios previos al diseño (topografía, hidrología, estudio de suelos y tráfico).
- Realizar el diseño geométrico de la carretera con sus respectivos alineamientos.
- Diseñar el paquete estructural para pavimento flexible por el método de AASTHO.
- Diseñar las obras de drenaje para el tramo (cunetas, alcantarillas).
- Realizar los cálculos métricos.
- Realizar el análisis de precios unitarios.
- Realizar presupuesto general de las alternativas de pavimento flexible.
- Especificaciones técnicas del diseño final de ingeniería de la carretera.

1.5. Alcance

El alcance de este proyecto consiste en realizar el diseño geométrico, sus obras de arte menores y un análisis de costos para la apertura de camino Trancas – Huacata.

La ubicación en el contexto regional de la apertura del camino Trancas – Huacata, estará definido por la ubicación general que corresponderá a una descripción en el ámbito departamental, la ubicación específica referida a las coordenadas latitud y longitud, a la inicial y al final para una mejor idea y visualización del entorno que rodea al camino.

Dentro la realización del estudio llevaremos a cabo actividades de inspección y reconocimiento de campo para luego mediante estudios más a fondo en gabinete, obtener el relieve topográfico de la zona y en base a estas curvas de nivel procesadas en gabinete se podrá llegar a analizar las ventajas y desventajas planteadas en el diseño con alineaciones planimétricas y altimétricas.

Al realizar un estudio hidrológico de las distintas cuencas que llevan sus cursos de agua hacia la plataforma de la carretera considerando las estaciones pluviométricas de Trancas, Huacata, Tomatas Grande, Canasmoro y Tomayapu, se encontraron los

caudales máximos para distintos periodos de herradura, y de esta manera determinar las dimensiones de las cunetas y alcantarillas del sistema de drenaje de la carretera para considerar si fuera necesario la construcción de obras de arte menor o mayor, tomando en cuenta el tipo de suelo, características y la geología de la zona para de esta manera poder obtener el mejor trazo posible con los conocimientos adquiridos.

Se efectuará un muestreo de suelos a lo largo del tramo con pequeñas excavaciones o calicatas, tratando que estas reflejen las características del terreno y posteriormente realizar un análisis y determinar las propiedades físicas y mecánicas que servirán como base para el diseño estructural que exigen algunos métodos para su dimensionamiento.

Para el diseño del paquete estructural realizaremos aforos vehiculares y encuestas de origen destino para determinar los ejes equivalentes y a su vez los espesores de las diferentes capas de la carpeta asfáltica considerando todas aquellas variables que influyan en cuidar de la vida útil de la carretera, considerando la mejor opción para el tipo de suelo que tenemos en esta zona demostrando que la alternativa elegida es la viable con una análisis de costos y presupuestos de obra derivados del análisis de precios unitarios.

Se definirá una sección transversal tipo con sus diferentes componentes para luego calcular las áreas de las secciones y sus respectivos volúmenes, después del análisis realizado se ploteará un diagrama de masas.

El diseño estructural estará limitado únicamente al cálculo de pavimento flexible por el método AASHTO.

Tomando en cuenta los volúmenes de tierra del trazo de la carretera, se procederá al cálculo de los precios unitarios y del presupuesto general, es decir, el costo que tendrá la carretera en toda su magnitud con los precios actuales en el mercado y la elaboración de las especificaciones técnicas para cada uno de sus componentes.

CAPITULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO

2.1. Marco conceptual

El diseño geométrico es la parte más importante del proyecto de una carretera, estableciendo, con base en los condicionantes o factores existentes, la configuración geométrica definida del conjunto tridimensional que supone, para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, la comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética, la economía y la elasticidad, de la vía. Las distintas materias se tratan en términos de un instructivo que establece procedimientos y límites normativos. Ello implica analizar y detallar suficientemente los fundamentos de los procedimientos, límites normativos y recomendaciones que el volumen contiene. En el caso de materias aun poco difundidas en el ambiente vial, el texto adquiere mayor relevancia con el fin de facilitar la incorporación de estos conceptos a la práctica habitual del diseño de carreteras.

2.2. Marco normativo

Se utilizará de referencia el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de la ABC, la cual ha sido separada en seis alternativas:

Volumen 1: Diseño geométrico.

Volumen 2: Hidrología, hidráulica y drenaje.

Volumen 3: Dispositivos de control de tránsito.

Volumen 4A: Ensayos de suelos y materiales.

Volumen 4B: Ensayos de suelos y materiales.

Volumen 4C: Ensayos de suelos y materiales.

A continuación, se indica de manera resumida el contenido de cada uno de los capítulos que componen cada volumen:

2.2.1. Volumen 1: Diseño geométrico

2.2.1.1. Capítulo 1: Controles básicos

Trata inicialmente los factores que intervienen en la definición de las características de las carreteras y caminos, distinguiéndose aquellos funcionales, físicos, de costo, humanos y ambientales; para luego desarrollar una ponderación cualitativa de los más relevantes.

2.2.1.2. Capítulo 2: Diseño geométrico del trazado

Desarrolla los criterios, límites normativos y recomendaciones que deberá emplear el proyectista para el diseño en la planta y el alzado. Se incorpora al diseño el concepto de Velocidad Percentil 85 (V85%) y los criterios de predicción de dicha velocidad en rectas cuya longitud supere los 400m. de lo que se derivan implicancias fundamentales para un diseño más seguro del trazado en planta para aquellos usuarios que superen la velocidad de proyecto; de igual modo, se establecen los criterios que definen la V^* que se empleara para la verificación de las distancias de visibilidad de frenado y el diseño en alzado, respecto de aquel mismo grupo de usuarios.

2.2.1.3. Capítulo 3: La sección transversal

Establece las dimensiones de los elementos de la plataforma: calzada, bermas, medianas y sobre ancho de plataforma (SAP), los que son función básicamente de la velocidad de proyecto y de la demanda prevista al año horizonte del proyecto, todo lo cual tiene relación directa con la capacidad y seguridad de la ruta.

2.2.1.4. Capítulo 4: Túneles

Este capítulo comprende tres secciones, a saber: aspectos generales, que cubre la clasificación de las obras viales subterráneas; definición geométrica de los túneles (planta, alzado, sección transversal) y criterios de diseño de instalaciones electromecánicas, de control y seguridad.

2.2.1.5. Capítulo 5: Puentes

Se desarrolla principalmente una guía para el diseño de los puentes carreteros y comprende, fundamentalmente, las disposiciones y recomendaciones de diseño geométrico.

2.2.1.6. Capítulo 6: Intersecciones

El tratamiento de cruces y empalmes a nivel y desnivelados se desarrolla casi con la extensión de un texto, acompañado de figuras que ilustran las soluciones tipo sugeridas, además de las respectivas tablas para aproximar el diseño de los diversos elementos constituyentes.

2.2.1.7. Capítulo 7: Cruce por poblaciones

En este capítulo se presenta una metodología para el desarrollo de estudios de velocidad, conducentes a modificaciones en las velocidades en un tramo de vía.

También se presentan los elementos reductores de velocidad y de protección, los primeros destinados a los vehículos y son segundos a los usuarios vulnerables del espacio vial (peatones, ciclistas y animales).

2.2.1.8. Capítulo 8: Criterios ambientales

Se ha tratado de sintetizar una serie de criterios ambientales destinados a orientar al equipo responsable de la elaboración del proyecto, sobre la incorporación del componente ambiental en los diseños. Estos criterios pueden ser tomados como una lista de tareas que el proyectista debe realizar antes de considerar su proyecto concluido.

2.2.2. Volumen 2: Hidrología, hidráulica y drenaje.

2.2.2.1. Capítulo 1: Hidrología

Incluye las metodologías y criterios para realizar un análisis hidrológico completo y coherente, repasando cada uno de los pasos necesarios para llegar a obtener los caudales de diseño para obras de drenaje de carreteras: elecciones del periodo de herradura (T), caracterización hidrográfica del área y estudio, recopilación de datos meteorológicos, análisis de los datos hidrológicos y estimación de caudales de diseño.

2.2.2.2. Capítulo 2: Drenaje transversal

Contiene una descripción de los aspectos generales y antecedentes necesarios para la ubicación y dimensionamiento de las alcantarillas, analizando la ubicación, alineación y pendiente de estas obras en los diversos casos que pueden presentarse: los métodos de diseño hidráulico para las alcantarillas con control en la entrada y en la salida: los criterios de instalación y las condiciones de servicio de estas obras.

2.2.2.3. Capítulo 3: Drenaje de la plataforma

Se presentan los aspectos de diseño de cunetas, canales longitudinales y bajantes de agua y el dimensionamiento de la red de recolección de aguas lluvias con sus distintos elementos.

2.2.2.4. Capítulo 4: Diseño de canales en régimen uniforme

Trata el diseño hidráulico de canales en régimen uniforme, en cauces revestidos y en lecho erosionales, incluyendo algunas normas sobre revestimientos.

2.2.2.5. Capítulo 5: Drenaje subterráneo

Presenta una descripción de los tipos de drenes y de los antecedentes de terreno necesario para su proyecto, el diseño hidráulico de los sub drenes y sus condiciones de instalación.

2.2.2.6. Capítulo 6: Procedimientos y técnica de hidráulica y mecánica fluvial

Presenta procedimientos y técnicas apropiados para el desarrollo de estudios de hidráulica y mecánica fluvial en cauces naturales.

2.2.2.8. Capítulo 7: Defensas fluviales

Se presentan las definiciones básicas, conceptos generales, procedimientos y técnicas de diseño hidráulico de obras destinadas a dirigir o regularizar la corriente en un cauce, con el fin de proteger estructuras implantadas en él o bien defender sus riberas y planicies adyacentes.

2.2.2.9. Capítulo 8: Criterios ambientales

Se ha tratado de sintetizar una serie de criterios ambientales destinados a orientar al equipo responsable de la elaboración del proyecto, sobre la incorporación del componente ambiental en los diseños. Estos criterios pueden ser tomados como una lista de tareas que el proyectista debe realizar antes de considerar de su proyecto concluido, el listado de tareas está enfocado a reducir la degradación ambiental que la obra vial podría producir.

En rigor de verdad, muchas de estas verificaciones constituyen normas de ejecución recomendadas por la buena técnica constructiva, por lo que se puede afirmar que un proyecto adecuadamente diseñado y ejecutado, es un proyecto ambientalmente amigable.

2.2.3. Volumen 3: Dispositivos de control de tránsito.

2.2.3.1. Capítulo 1: Señalización vertical

El lector encontrará el diseño y norma de uso para cada uno de las señales a instalar en rutas y caminos del país.

Cada señal preventiva (SP) y reglamentaria (SR) cuenta con un diagrama para el adecuado diseño de la señal, indicándose para cada uno de los tamaños mínimos en función de la velocidad de operación del camino en que serán instaladas.

2.2.3.2. Capítulo 2: Señalización de tránsito horizontal

Presenta la norma de diseño y de uso para cada una de las demarcaciones a utilizar en las rutas y caminos del país.

2.2.3.3. Capítulo 3: Semáforos

Otorga la normativa sobre funcionamiento, diseño y operación de una red de semáforos.

2.2.3.4. Capítulo 4: Señalización en zonas de trabajo

Define y reglamenta la señalización, elementos de canalización y procedimientos de trabajos utilizar en todas aquellas obras que afecten al tránsito.

2.2.3.5. Capítulo 5: Auditorias de seguridad vial

Define y reglamenta la metodología que se aplicara a las distintas fases de un proyecto o ruta existente en el país.

2.2.3.6. Capítulo 6: Facilidades para peatones y bicicletas

Define y reglamenta las facilidades explícitas que deben habilitarse en las vías públicas para permitir que los peatones y las bicicletas puedan cruzar las calzadas en adecuadas condiciones de seguridad cuando existen riesgos para realizar dicha maniobra.

2.2.4. Volumen 4A: Ensayos de suelos y materiales

El presente volumen se refiere a los requisitos que deben cumplir los materiales por incorporar como parte de los diferentes elementos que integran los caminos, a los sistemas para diseñar mezclas de materiales para que cumplan con esos requisitos, a los procedimientos a que se debe ajustar la extracción de muestras representativas, a los métodos que se deben seguir para ensayarlas en el laboratorio y a los métodos para

determinar in situ la propiedades y características de los materiales y de las obras ejecutadas.

Este volumen corresponde a asfaltos

2.2.5. Volumen 4B: Ensayos de suelos y materiales

Este volumen corresponde a hormigones.

2.2.6. Volumen 4C: Ensayos de suelos y materiales.

Este volumen corresponde a suelos

Los parámetros de diseño geométrico juegan un papel muy importante, ya que se toma en cuenta los diferentes factores como los funcionales, físicos, factores de costos, en consecuencia, permite adopción de diferentes conceptos expresados en valores numéricos, adoptados del manual de diseño geométrico de la ABC.

La funcionalidad vendrá determinada por el tipo de vía a proyectar y sus características, así como por el volumen y propiedades del tránsito, permitiendo una adecuada movilidad por el territorio a los usuarios y mercancías a través de una suficiente velocidad de operación del conjunto de la circulación.

2.3. Marco referencial

Para consultas y orientación se revisó las tesis:

Diseño Geométrico y Estructural de Tramo "San Andrés – San Pedro de Sola" elaborada por el universitario Erick Villarroel Burgos.

Diseño Geométrico Camino Municipal "Pino Sud – Pampa Redonda" elaborada por la universitaria Ivonne Esther Vargas Fernández.

También se pudo consultar en el foro debate:

Geología Aplicada a Carreteras, conducido por la ingeniería Deycy Téllez Monzón – Especialista en Geología Geotécnica.

2.4. Análisis del aporte teórico hacia el trabajo de investigación

El diseño geométrico de carretas es la parte más importante del proyecto de una carretera estableciendo, en base a las condiciones y factores existentes, la configuración geométrica definitiva del conjunto que supone, para satisfacer al máximo los objetivos de funcionalidad, seguridad, comodidad, integración en su herradura, armonía o estética, economía o elasticidad, de la vía. Las distintas materias se tratan en términos de un instructivo que establece procedimientos y límites normativos.

Ello implica analizar y detallar suficientemente los fundamentos de los procedimientos, límites normativos y recomendaciones que el volumen contiene.

En caso de materias aun poco difundidas en el ambiente vial, el texto adquiere mayor relevancia con el fin de facilitar la incorporación de estos conceptos a la práctica habitual del diseño de carreteras.

El presente documento está realizado en base a los manuales técnicos para el diseño de carreteras en Bolivia.

Estos manuales se realizaron en el marco de proyecto "Elaboración y actualización de los Manuales técnicos de diseño geométrico, diseño de obras de hidrología y drenaje, dispositivos de control de tránsito y ensayos de suelos y materiales, para carreteras" para la Administradora Boliviana de Carreteras, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo y desarrollado por APIA XXI Ingenieros y Arquitectos Consultores.

CAPITULO III

RELEVAMIENTO DE LA INFORMACION

3.1. Descripción de área de proyecto

3.1.1. Localización del proyecto

La comunidad de Trancas del municipio de San Lorenzo, Provincia Méndez del departamento de Tarija, se encuentra ubicada al final del camino Tarija – Trancas, rumbo al norte, aproximadamente a una hora de la ciudad de Tarija, a unos 60km, pasando las comunidades de San Lorenzo, Canasmoro y Tomatas Grandes, con una elevación de 2215 m.s.n.m. aproximadamente.

Figura 2: Mapa político del departamento de Tarija

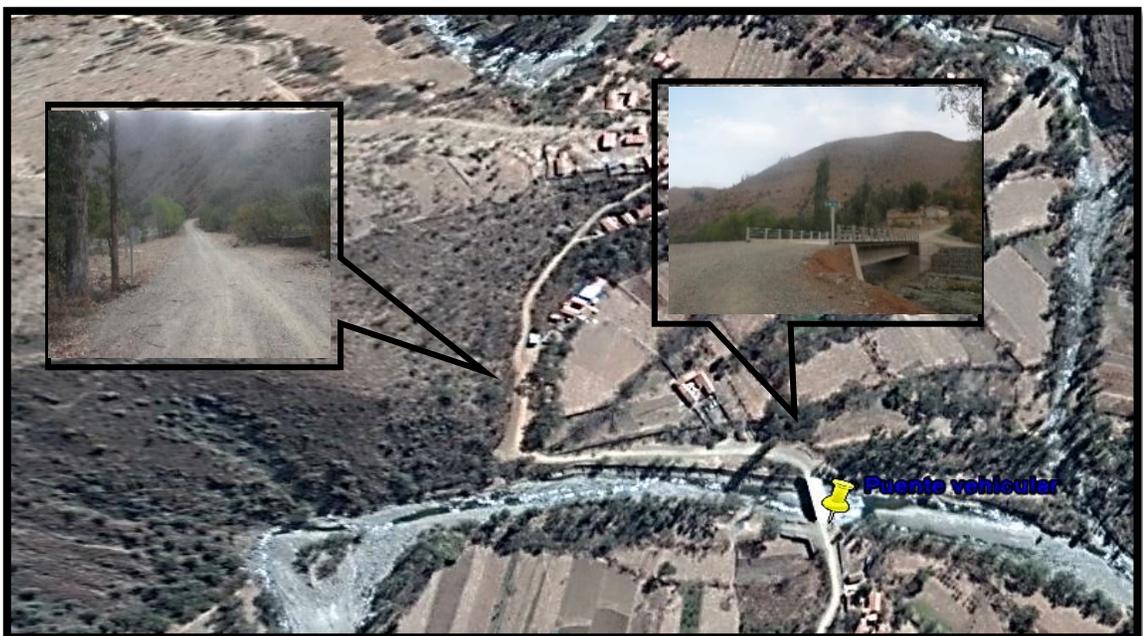


Fuente: INE

3.1.2. Acceso a la zona del proyecto

En la comunidad de Trancas existe un puente vehicular el cual tiene a continuación un camino que solo conduce a un cerro, y de ahí continua una senda por el cual los comunarios transitan a pie hasta sus respectivas viviendas o hasta la comunidad de Huacata.

Figura 3: Imagen satelital del puente vehicular sobre el río Trancas



Fuente: Elaboración propia

3.1.3. Aspectos climatológicos y temperaturas

Las condiciones climatológicas en la zona de estudio, las temperaturas son superiores a 25°C y se presentan constantes lluvias en el sector de Trancas durante los primeros meses del año, la humedad relativa no presenta grandes cambios respecto a su media anual a lo largo de la zona en estudio, observando un valor de 70% como promedio de las estaciones analizadas, a los vientos en la zona no son de magnitud considerable, se producen velocidades promedio de alrededor de 6.7km/hora, claramente se nota que los puntos situados a mayor altitud, registran una mayor intensidad y velocidad de viento.

3.1.4. Población

De acuerdo al INE, en el censo realizado en el 2001, la comunidad de Trancas tiene una población de 896 habitantes y cuenta con 54 familias dispersas en toda la zona.

La población de esta comunidad en su gran mayoría es de origen mestiza o chapaca predominando el idioma castellano, la religión que practican en esta comunidad es la católica, sus costumbres son las festividades del patrono de San Lorenzo, Pascuas, San Roque.

3.1.5. Servicios básicos

La comunidad solo cuenta con infraestructura vial solo hasta la comunidad de Trancas a nivel ripiado. La comunidad al ser muy distante de la ciudad de Tarija solo cuenta con una red derivada de energía eléctrica emplazada al largo de la vía pasando por Canasmoro Tomatas Grande, llegando así a la comunidad de Trancas.

La actividad productiva desde el punto de vista económico, más importante de la región es la agricultura, la ganadería, la disponibilidad de tierras agrícolas es de 2.6 a 6.4has. por familia.

3.2. Estudios previos

3.2.1. Topografía

3.2.1.1. Criterios de levantamiento

La topografía tiene un rol importante en la elaboración de proyecto de ingeniería ya que es sobre planos topográficos donde se diseñan la mayoría de los proyectos y si éstos no han sido ejecutados con un adecuado control de calidad, los errores que pudieran contener afectarán necesariamente los diseños que sobre él se ejecuten, creando problemas al momento de ejecución de la obra, durante la cual se tendrán que adecuar o modificar los planos para adaptarlos a la forma real del terreno, causando pérdidas económicas al alterarse los costos y plazos de las obras.

La mejor manera de lograr que los trabajos topográficos se ejecuten en forma correcta es cuando los topógrafos conocen bien los alcances del trabajo a ejecutar, es decir, qué es lo que se requiere que hagan; conocer el grado de precisión exigido de acuerdo al uso para el cual se pide la topografía, lo que definirá el sistema de trabajo y tipo de equipo a utilizar y tengan un claro concepto de cómo funcionan los sistemas de procesamiento de información topográfica, especialmente el proceso de formación del modelo espacial del terreno para la interpolación de las curvas de nivel para que tengan el criterio correcto de cómo distribuir los puntos de relleno y la forma de tomar los datos planimétricos que permitan un procesamiento ordenado y lógico de la data de campo.

3.2.1.2. Topografía para proyectos

Todos los trabajos de levantamiento deberán efectuarse de acuerdo a los procedimientos y principios generales establecidos para el estudio planimétrico del estudio de carreteras.

La forma más adecuada de trabajar la topografía de un proyecto vial, debe seguir los siguientes pasos:

Establecimiento de un poligonal de apoyo enlazada al sistema de coordenadas UTM, mediante un enlace directo a puntos existentes del IGM u otro organismo que los haya

establecido o mediante puntos de control satelital GPS ubicados aproximadamente cada km. que permitan conformar un sistema de poligonales cerradas.

Establecer una red de nivelación diferencial, con nivelación de ida y vuelta, colocando BENCH MARKS cada 500m. Los BMs deben ser convenientemente monumentados mediante varilla de fierro o placa de bronce empotrada en concreto, o señalizados en roca firme, y ubicados en lugares fuera de las áreas de movimiento de tierras a fin de no ser disturbados durante las obras. Se hará una descripción del punto para una fácil ubicación.

Establecimiento de la poligonal de trazo, confirmada por los puntos de intersección de los alineamientos del eje de trazo. La poligonal del trazo debe ser enlazada a la poligonal de apoyo para el cálculo de las coordenadas respectivas y el control de la precisión de la misma.

Estacado del eje, dada la facilidad de uso del software de diseño vial que permiten obtener las coordenadas correspondientes al estacado del eje del trazo, es más recomendable realizar el estacado del eje por radiación a partir de los puntos de la poligonal, utilizando la función de replanteo de la estación total, luego de transferir la relación de coordenadas de la computadora a la estación total.

Levantamiento de secciones transversales. Las secciones deberán levantarse en una longitud suficiente para poder definir exactamente los volúmenes de tierra a mover, tanto en corte como en relleno, siendo recomendable que se extienda por lo menos 10.00m más allá del borde del talud en cortes y en pie del talud de relleno. Se levantarán las secciones transversales después de señalar la línea perpendicular al eje en cada estaca. Se tendrá especial cuidado para levantar secciones en posiciones intermedias cuando existan variaciones de relieve del terreno importantes que no hayan sido tomadas por el seccionamiento efectuado sobre el estacado. Así mismo, en lugares rocosos con fuerte pendiente transversal, se extremará el cuidado en la toma de las secciones transversales ya que errores de metros, especialmente en roca que son de alto costo de construcción, pueden originar costos adicionales en obra.

Los levantamientos topográficos necesarios para el diseño de obras de arte o estructuras especiales, pueden ser ejecutados por la radiación a partir de la poligonal de apoyo o puntos auxiliares establecidos para el efecto. Es también importante dejar un BM en cada zona donde se proyectará alguna obra de arte.

Figura 4: Imágenes de la realización del levantamiento topográfico

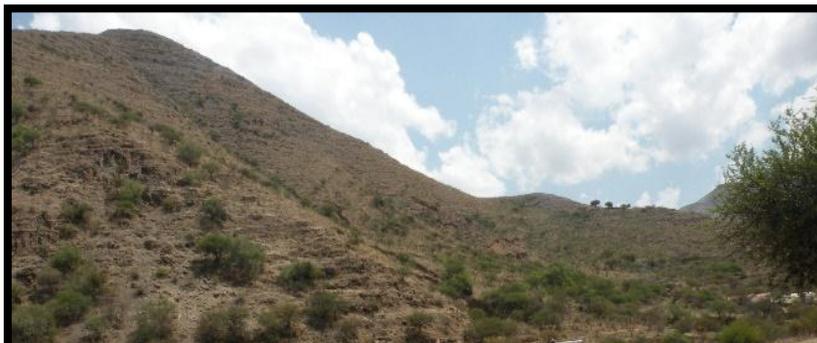


Fuente: Elaboración propia

Figura 5: Transporte del equipo topografico

Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Levantamiento topografico



Fuente: Elaboración propia

Se realizó un levantamiento topográfico longitudinal, tomando como punto inicial el BM del puente Trancas ubicado como se al borde de este, así como muestra en la figura siguiente, obteniendo así una poligonal abierta, ya que este tipo de levantamiento sirve para el estudio y el diseño de carreteras o vías de comunicación.

Figura 7: BM inicial



Fuente: Elaboración propia

Como este estudio en particular, es sobre el diseño de una carretera y se optó por este tipo de levantamiento topográfico, del cual obtuvimos los siguientes BMs.

Cuadro 3.1.: Coordenadas de puntos Bm.

Punto	Elevación	Norte	Este	Descripción
1	2204.31	7642985.58	309662.79	BM 1
2	2269.95	7643180.87	309505.87	BM 2
3	2310.19	7643193.64	309211.91	BM 3
4	2333.93	7643376.07	309111.71	BM 4
5	2390.85	7643334.49	308805.37	BM 5
6	2391.94	7643392.42	308657.77	BM 6
7	2413.99	7643605.27	308658.36	BM 7
8	2397.69	7643717.12	308312.29	BM 8
9	2410.16	7643541.19	307973.19	BM 9
10	2405.96	7643595.01	307780.66	BM 10
11	2405.87	7643625.60	307407.66	BM 11
12	2330.18	7643849.60	307086.08	BM 12
13	2380.27	7643749.73	306780.56	BM 13
14	2414.22	7644051.70	306858.98	BM 14
15	2486.00	7644187.88	306751.34	BM 15
16	2549.61	7644266.36	306672.34	BM 16
17	2651.88	7644421.00	306484.94	BM 17
18	2727.41	7644601.38	306363.66	BM 18
Punto	Elevación	Norte	Este	Descripción
19	2861.23	7644967.40	305752.78	BM 19
20	2891.01	7645527.73	305947.45	BM 20
21	2933.48	7645662.93	305818.50	BM 21
22	2964.34	7645559.56	305579.63	BM 22
23	3063.66	7646106.14	305591.69	BM 23

Fuente: Elaboración propia

3.2.1.3. Observaciones del trabajo

Se presento dificultades para realizar el levantamiento ya que es una zona ondulada, montañosa, por lo cual hubo demoras en el levantamiento topográfico, ubicando puntos BM en lugares específicos.

Se realizo el levantamiento topográfico, tomando como inicio las coordenadas del puente Trancas, tal como se observa en la Figura 8 y posteriormente poder crear otro punto auxiliar situado a una distancia de 4000m aproximadamente, el cual nombramos BM – A1 y posteriormente creamos el BM – A2 y así posteriormente se fueron creando

varios puntos y nombrándolos a cada uno. Estos puntos auxiliares nos ayudaran a crear los BMs fijos para nuestro estudio, como también nos ayudaran a realizar el levantamiento topográfico y poder corregir los puntos obtenidos.

Se procedió a realizar el levantamiento topográfico, entre los puntos BM – 1 y BM – A1 obteniendo así una nube de puntos en una determinada área entre estos dos puntos iniciales y posteriormente se recurrió al paquete de diseño Autocad Civil 3D 2015, donde se exportaron los puntos obtenidos. Como se muestra en la Figura 7.

Figura 8: Imagen satelital entre el BM-1 y BM-A1



Fuente: Elaboración propia

Una vez de haber exportado los puntos al Autocad Civil 3D 2015, se procedió a insertar los puntos GPS de ambos BMs ya que en el proceso de levantamiento fotográfico existe un margen de error, y con la ayuda de los puntos obtenidos con el GPS se podrá corregir toda la nube de puntos en el paquete de diseño. Este método se utilizará en todo el levantamiento topográfico de la zona de estudio entre BMs auxiliares, para así poder obtener una representación de la zona de estudio apropiado, para poder realizar el diseño de esta carretera sin ningún problema y a la vez poder obtener puntos BMs fijos que nos ayuden en el replanteo de la topografía.

En el ANEXO 1 se muestra todos los puntos obtenidos del levantamiento topográfico de la zona de estudio.

3.2.2. Estudio geotécnico

El estudio geotécnico se basa en conocer las características y la calidad de los suelos que constituyan el perfil de la subrasante natural, basándose en el conocimiento del tipo de suelos a lo largo de trazado, su caracterización, su clasificación, y la determinación de las propiedades físicas y mecánicas, para determinar las condiciones geotécnicas de los materiales que los constituyen la mencionada subrasante, aptitud resumida en el conocimiento de la relación entre la variación de la resistencia a la penetración de un suelo (CBR), y su capacidad de soporte como base de sustentación para la implementación de pavimentos flexibles o tratamientos superficiales.

El estudio geotécnico se realizó en el tramo Trancas – Huacata desde la progresiva 0 + 000 hasta la progresiva 12 + 926.58.

3.2.2.1 Criterios de estudio de muestreo

El muestreo realizado fue el que se hace regularmente para la elaboración de los ensayos necesarios para identificar todas las propiedades de la subrasante con la cual se va a trabajar.

Se realizaron calicatas cada 1000m., de la carretera, hasta el final del tramo donde se obtuvieron 12 muestras.

3.2.2.2. Trabajo en laboratorio

La relación de ensayos de laboratorio es la siguiente:

Determinación de humedad natural.

Distribución granulométrica de los materiales constitutivos del suelo, mediante la vía del tamizado.

Establecimiento de los límites de consistencia o los límites de atterberg.

Limite líquido.

Limite plástico.

Índice de plasticidad.

Clasificación de los suelos, adoptando el sistema internacional AASHTO.

Determinación del grado de compactación mediante el ensayo proctor T – 180.

Determinación de la capacidad de soporte (California Bearing Ratio) CBR; programada, tomando como nivel de referencia una agrupación de los resultados clasificados de los suelos investigados, en la etapa de laboratorio.

3.2.2.3. Ensayo de análisis granulométrico

La granulometría es obtener la distribución porcentual de los tamaños de las partículas que conforman un suelo. Para ello se utilizó un juego de tamices que tienen un tamaño de abertura graduado establecidos por las normas ASTM y AASTHO, en donde se obtuvo los pesos retenidos en cada tamiz para luego realizar posteriores cálculos en gabinete como la curva granulométrica. Para la distribución de los pesos retenidos en el siguiente cuadro se muestra el cálculo que se realizó para una muestra de suelo obtenida en la zona de estudio.

Para la granulometría primeramente sacamos la humedad natural de la muestra para posteriormente realizar la granulometría.

Primero se pesa una muestra de 5000gr. posteriormente se hace pasar por los diferentes tamices y pesar lo retenido en cada tamiz para luego sacar el peso retenido acumulado, para posteriormente sacar el porcentaje que pasa de cada tamiz para luego graficar la curva granulométrica.

A continuación, mostramos un cuadro que se utilizó para la granulometría correspondiente a la muestra N° 1 de un suelo A-1-a (0) que es uno del tipo del suelo del tramo en estudio.

Cuadro 3.2.: Ensayo de contenido de humedad de la muestra N° 1

Cápsula	1	2	3
Peso de suelo húmedo + Cápsula	149.61	110.55	158.80
Peso de suelo seco + Cápsula	143.04	105.39	152.36
Peso de cápsula	13.55	14.8	14.63
Peso de suelo seco	129.49	90.59	137.73
Peso del agua	6.57	5.16	6.44
Contenido de humedad	5.07	5.70	4.68
Promedio	5.15		

Fuente: Elaboración propia

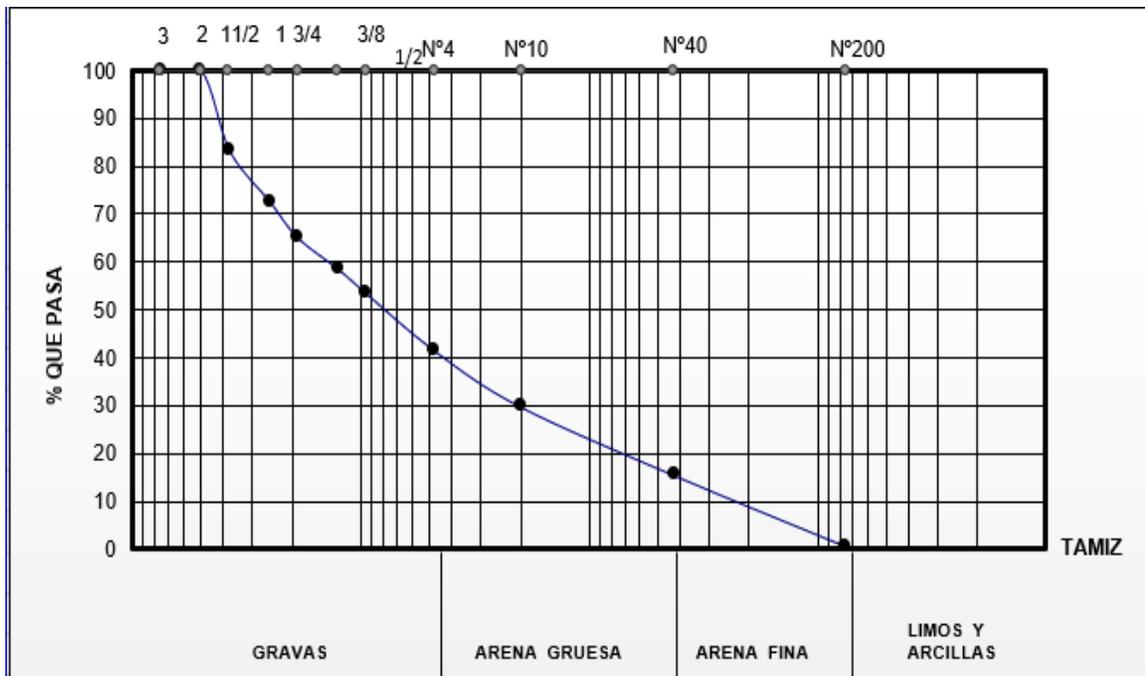
Cuadro 3.3.: Planilla de ensayo de granulometría de la muestra N° 1

Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Ret. Acum. (gr)	% Ret	% Que Pasa del Total
3"	75	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	839.60	839.60	16.79	83.21
1"	25.00	528.10	1367.70	27.35	72.65
3/4"	19.00	370.04	1737.74	34.75	65.25
1/2"	12.50	337.50	2075.24	41.50	58.50
3/8"	9.50	246.50	2321.74	46.43	53.57

N°4	4.75	602.90	2924.64	58.49	41.51
N°10	2.00	583.30	3507.94	70.16	29.84
N°40	0.425	714.70	4222.64	84.45	15.55
N°200	0.075	742.70	4965.34	99.31	0.69

Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Curva granulometrica de la muestra N° 1



Fuente: Elaboración propia

El resumen del análisis granulométrico de todas las muestras se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.4.: Resumen de los ensayos granulométricos de las muestras obtenidas.

Número de muestra	% que pasa del total										
	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N 4	N 10	N 40	N 200
	63.50	50.80	38.10	25.40	19.00	12.50	9.50	4.75	2.00	0.425	0.075
Muestra N 1	100.00	100.00	83.21	72.65	65.25	58.50	53.57	41.51	29.84	15.55	0.69
Muestra N 2	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.06	97.64	91.85	82.11
Muestra N 3	100.00	100.00	100.00	99.35	97.21	87.50	77.43	53.35	34.90	14.90	3.16
Muestra N 4	100.00	100.00	83.21	72.65	65.25	85.50	53.57	41.51	29.84	15.55	0.69
Muestra N 5	100.00	100.00	96.99	93.06	89.61	81.16	78.21	69.06	58.25	43.09	36.30
Muestra N 6	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.63	97.82	91.67	42.59
Muestra N 7	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.88	95.64	90.98	61.25	3.39
Muestra N 8	100.00	100.00	100.00	100.00	94.11	90.11	86.19	81.78	78.09	74.96	2.75
Muestra N 9	100.00	100.00	100.00	100.00	71.44	46.43	28.42	18.17	13.26	6.75	0.15
Muestra N 10	100.00	100.00	100.00	94.44	88.54	78.04	64.96	45.84	31.79	15.29	3.54
Muestra N 11	100.00	100.00	100.00	93.10	83.73	69.35	29.63	11.62	7.11	4.30	3.17
Muestra N 12	100.00	100.00	96.96	86.83	75.90	62.60	48.06	36.05	24.38	11.42	3.30

3.2.2.4. Ensayo de límites de Atterberg

Para el cálculo de los límites debemos tomar en cuenta donde se presenta la plasticidad.

Son plásticos los suelos finos, arcillas y no plásticos los suelos gruesos, gravas y arenas.

Límite líquido: es el contenido de humedad (%) que presenta un suelo cuando a los 25 golpes del aparato Casagrande, se cierra la abertura hecha por el ranurador que se encuentra normalizado.

Límite plástico: es el contenido de humedad (%), que tiene el suelo cuando el mismo empieza a producir grietas y desmoronamientos, al construir con la mano pequeños cilindros de 3mm de diámetro.

3.2.2.4.1. Procedimiento del límite líquido

Para el cálculo del límite líquido primero se tamizó una muestra en el tamiz N 40 que posteriormente se procedió a humedecer hasta que se tenga una contextura de mantequilla que posteriormente se coloca al aparato casa grande y se hace una

ranulación y se procedió con los 25 golpes hasta que la ranura se cerró, luego se saca, se procede a pesar y posteriormente se deja en el horno las 24 horas. para luego volver a pesar para obtener el peso seco.

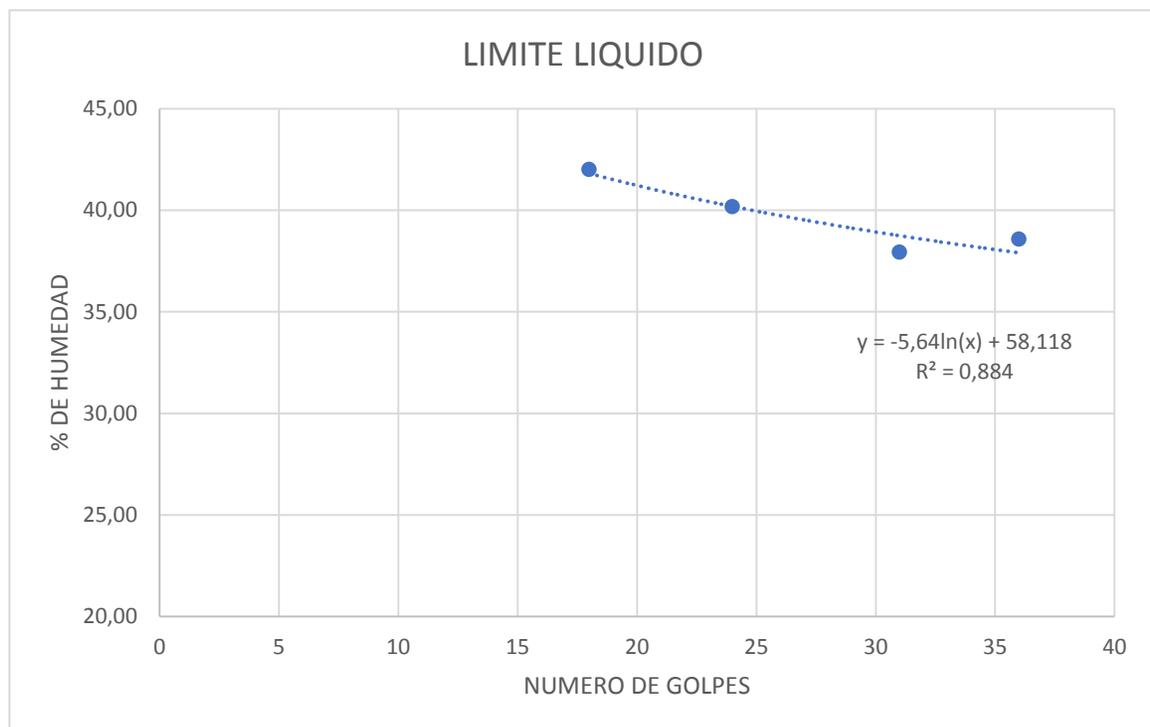
A continuación, se muestra un cuadro de cálculo del límite líquido de una muestra de suelo del tramo en estudio (muestra N° 2).

Cuadro 2.5.: Planilla de ensayo de límite líquido de la muestra N° 2

Capsula N°	1	2	3	4
N° de golpes	18	24	31	36
Suelo húmedo + cápsula (gr)	38.50	39.72	37.39	37.48
Suelo seco + cápsula (gr)	32.56	33.57	32.1	32.1
Peso del agua (gr)	5.94	6.15	5.29	5.38
Peso de la Cápsula (gr)	18.42	18.26	18.15	18.15
Peso suelo seco (gr)	14.14	15.31	13.95	13.95
Porcentaje de humedad (%)	42.01	40.17	37.92	38.57

Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Curva de flujo para limite liquido de la muestra N° 2



Fuente: Elaboración propia

Del grafico se tiene un límite líquido igual a:

$$L.L. = 40 \%$$

3.2.2.4.2. Procedimiento del límite plástico

Para el límite plástico se utilizó una base de vidrio para hacer los rollos de 3mm donde este empiece a agrietarse, se corta, se pesa y colocamos al horno para su secado para posteriormente pesar y obtener el peso seco.

A continuación, se muestra un cuadro del cálculo del límite líquido de una muestra de suelo del tramo en estudio (muestra N° 2).

Cuadro 2.6.: Planilla de ensayo del límite plástico de la muestra N° 2

Cápsula	1	2	3
Peso de suelo húmedo + cápsula (gr)	11.92	12.25	12.23
Peso de suelo seco + cápsula (gr)	11.74	12.07	12.08
Peso de cápsula (gr)	11.03	11.40	11.57
Peso de suelo seco (gr)	0.71	0.67	0.51
Peso del agua (gr)	0.18	0.18	0.15
Contenido de humedad %	25.35	26.87	29.41

Fuente: Elaboración propia

El promedio de los porcentajes de humedad es igual al límite plástico.

$$L.P. = 26 \%$$

Ya calculado el límite plástico se procede a calcular el índice de plasticidad que es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

$$I.P. = 14 \%$$

El resumen del ensayo de límites de atterberg de todas las muestras se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.7.: Resumen de ensayos de los límites de atterberg de las muestras obtenidas

Número de muestra	Límites de atterberg		Índice de plasticidad
	Limite liquido	Limite plástico	
	L L (%)	L P (%)	I P (%)
Muestra N 1	NO PLASTICO		
Muestra N 2	40	26	14
Muestra N 3	25	20	5
Muestra N 4	NO PLASTICO		
Muestra N 5	NO PLASTICO		
Muestra N 6	NO PLASTICO		
Muestra N 7	NO PLASTICO		
Muestra N 8	NO PLASTICO		
Muestra N 9	34	13	21
Muestra N 10	21	7	14
Muestra N 11	NO PLASTICO		
Muestra N 12	NO PLASTICO		

Fuente: Elaboración propia

3.2.2.5. Clasificación de suelos

Ya obtenido el índice de plasticidad y la granulometría se procede a clasificar el suelo según A.A.S.H.T.O.

Con los porcentajes que pasan en los tamices N° 10, 40 y 200 se podrá realizar la clasificación de las muestras extraídas.

Figura 11: Clasificación de suelos segun AASHTO

Clasificación general	Material Granular (35% o menos del total pasa No.200)						
	A - 1		A - 3	A - 2			
	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No. 10	50 max.						
No. 40	30 max.	50 máx.	51 min.				
No. 200	15 max.	25 max.	10 max.	35 max.	35 max.	35 max.	35 max.
Características de la fracción que pasa No.40							
Limite liquido				40 max.	41 min.	40 max.	41 min.
Indice de plasticidad	6 max.		NP	10 max.	10 max.	11 min.	11 min.
Tipos usuales de materiales que consta	Fragmentos pétreos, grava y arena		Arena fina	Limos o gravas arcillosas y arena			

Fuente: Ingeniería de mecánica de suelos Braja M. Das

Origen	Granulometría	Límites de Atterberg	Clasificación
--------	---------------	----------------------	---------------

En este tramo de estudio se encontraron 5 tipos de suelos.

A – 1 – a (0): este suelo incluye aquellos materiales que consisten predominantes de fragmentos de roca o grava con o sin un ligante de suelo bien graduado.

A – 6 (10): el material típico de este suelo es arcilla plástica que usualmente tiene el 75% o más del material que pasa el tamiz de 75mm (#200).

A – 1 – b (0): este suelo incluye aquellos materiales que consisten predominantemente de arena gruesa con o sin un ligante de suelo bien graduado.

A – 4 (2): el material típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, que normalmente tiene el 75% o más de material que pasa el tamiz de 75mm (#200).

A – 3 (0): este tipo de suelo incluye las mezclas aluviales de arena fina mal graduada con pequeñas cantidades de arena gruesa y grava.

N Muestr	Cuadro 2.8.: Resumen de clasificación de las muestras obtenidas								SSHTO
		(u)							
Muestra 1	0 + 000	0.8	29.84	15.55	0.69	0	0	0	A - 1 - a (0)
Muestra 2	1 + 000	0.8	97.64	91.85	82.11	40	26	14	A - 6 (10)
Muestra 3	2 + 000	0.8	34.9	14.9	3.16	25	20	5	A - 1 - a (0)
Muestra 4	3 + 000	0.8	29.84	15.55	0.69	0	0	0	A - 1 - a (0)
Muestra 5	4 + 000	0.8	58.25	43.09	36.3	0	0	0	A - 1 - b (0)
Muestra 6	5 + 000	0.8	97.82	91.67	42.59	0	0	0	A - 4 (2)
Muestra 7	6 + 000	0.8	90.98	61.25	3.39	0	0	0	A - 3 (0)
Muestra 8	7 + 000	0.8	78.09	74.96	2.75	0	0	0	A - 3 (0)
Muestra 9	8 + 000	0.8	13.26	6.75	0.15	34	13	21	A - 6 (10)
Muestra 10	9 + 000	0.8	31.79	15.29	3.54	21	7	14	A - 1 - a (0)
Muestra 11	10 + 000	0.8	7.11	4.3	3.17	0	0	0	A - 1 - a (0)
Muestra 12	11 + 000	0.8	24.38	11.42	3.3	0	0	0	A - 1 - a (0)

3.2.2.6. Compactación

Fuente: Elaboración propia

Para la compactación se utilizó el Proctor T – 180 para el cual se tomaron 3 muestras de 35kg y se hizo pasar por los tamices $\frac{3}{4}$ y N 4, primeramente, se calculó el contenido de humedad de las muestras esto para saber cuánto de agua se agregará al suelo, luego se fue incrementando un pequeño porcentaje de agua a cada muestra para ir cambiando su densidad de acuerdo a sus cambios de humedad.

A continuación, se mostrará una tabla de compactación de un tipo de suelo A – 1 – a (0), encontrado en el tramo donde se detalla los pasos que se siguen para obtener la densidad del suelo seco y el contenido de humedad óptimo para posteriormente nos servirá para calcular los CBR para los diferentes tipos de suelos dispuestos en el tramo.

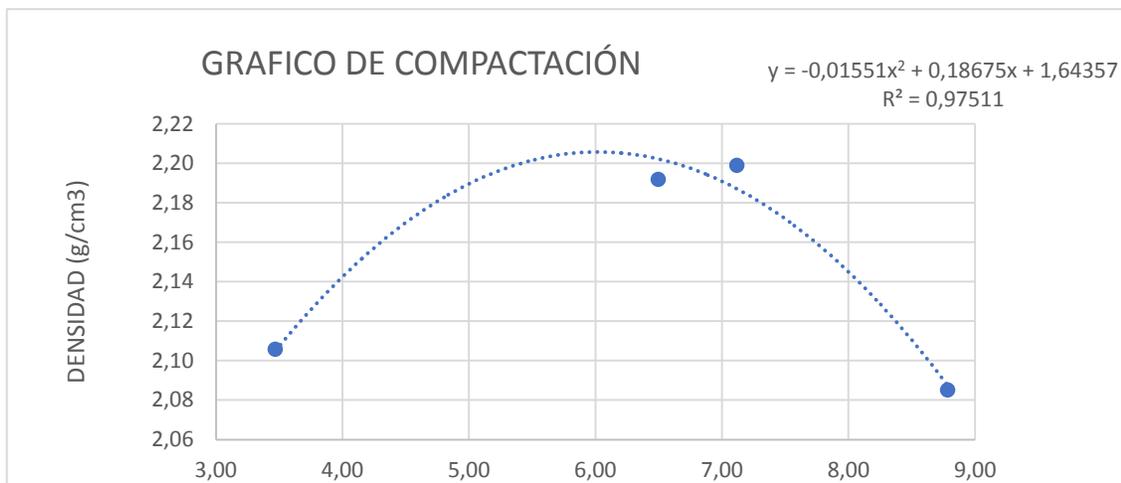
Cuadro 2.9.: Planilla de compactación T – 180 de la muestra N° 1

N° de capas	5	5	5	5
N° de golpes por capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde (gr)	11120.00	11495.00	11450.00	11310.00
Peso del molde (gr)	6500.00	6500.00	6500.00	6500.00
Peso suelo húmedo (gr)	4620.00	4995.00	4950.00	4810.00
Volumen de la muestra (cm ³)	2120.60	2120.60	2120.60	2120.60
Densidad suelo húmedo (gr/cm ³)	2.18	2.36	2.33	2.27
Cápsula N°	1	2	3	4
Peso suelo húmedo + capsula (gr)	78.60	70.40	95.18	98.18
Peso suelo seco + cápsula (gr)	76.58	66.60	90.21	91.36
Peso del agua (gr)	2.02	3.80	4.97	6.82
Peso de la cápsula (gr)	18.36	13.23	13.73	13.73
Peso suelo seco (gr)	58.22	53.37	76.48	77.63
Contenido de humedad (%)	3.47	7.12	6.50	8.79
Densidad suelo seco (gr/cm ³)	2.11	2.20	2.19	2.09

Fuente: Elaboración propia

Con la densidad del suelo seco y el contenido de humedad obtenemos la siguiente gráfica donde se obtiene la humedad óptica del suelo y la densidad máxima del suelo seco.

Figura 12: Curva de compactacion de la muestra N° 1



Fuente: Elaboración propia

Del grafico se obtiene:

$$\text{Densidad máxima} = 2.21 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Humedad óptima} = 6.02 \%$$

En el siguiente cuadro se muestra los resultados de densidad y humedad óptima de los 5 tipos de suelos encontrados en la zona de estudio.

Cuadro 3.10.: Resumen de los ensayos de compactación T – 180 de los diferentes tipos de suelos obtenidos

Tipo de suelo	Densidad máxima (gr/cm³)	Humedad óptima (%)
A - 1 - a (0)	2.21	6.02
A - 6 (10)	1.77	17.86
A - 1 - b (0)	2.13	10.86
A - 4 (2)	1.91	10.19
A - 3 (0)	2	9.15

Fuente: Elaboración Propia

Los cálculos de compactación de los 5 tipos de suelo encontrados en la zona de estudio se mostrarán en el ANEXO 6 (estudio de suelos).

3.2.2.7. Cálculo de la capacidad de soporte C.B.R.

La finalidad de este ensayo, es determinar la capacidad de soporte (C.B.R.) de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de

compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del estado de california (EE.UU.). Y sirve para evaluar la calidad relativa del suelo para sub – rasante, sub – base y base de pavimentos.

El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un porcentaje (%) de la relación de soporte. El C.B.R., está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material chancado.

Para el ensayo de C.B.R. se confeccionaron 3 probetas, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 12 golpes). El suelo al cual se aplica el ensayo, debe contener una pequeña cantidad de material que pase por el tamiz de 50mm y quede retenido en el tamiz de 20mm.

A continuación, en los siguientes cuadros se detallará el ensayo de C.B.R. de la muestra N° 1, del tipo de suelo A – 1 – a (0).

Cuadro 3.11.: Contenido de humedad y peso unitario de la muestra N° 1

N° capas	5		5		5	
N° golpes por capa	12		25		56	
CONDICION DE MUESTRA	Antes de mojarse	D. de M	Antes de mojarse	D. de M	Antes de mojarse	D. de M
Peso muestra húm. + molde (gr)	11665	11930	11815	12045	12125	12265
Peso Molde (gr)	7145	7145	7275	7245	7210	7210

Peso muestra húmeda (gr)	4520		4785	4540		4800	4915		5055
Volumen de la muestra (cm³)	2226.6		2226.6	2226.6		2226.6	2226.6		2226.6
Peso Unit. Muestra Húm. (gr/cm³)	2.030		2.149	2.039		2.156	2.207		2.270
MUESTRA DE HUMEDAD	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.
Tara N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara (gr)	51.8	52.9	79.8	56.9	55.5	56.8	88.1	50.4	62.6
Peso muestra seca + tara (gr)	47.87	48.42	75.77	53.17	51.15	53.27	83.1	46.59	58.37
Peso del agua (gr)	3.93	4.48	4.03	3.73	4.35	3.53	5	3.81	4.23
Peso de tara (gr)	17.7	16.6	17.8	18.3	19.4	17.3	18.15	16.8	17.2
Peso de la muestra seca (gr)	30.17	31.82	57.97	34.87	31.75	35.97	64.95	29.79	41.17
Contenido humedad (%)	13.03	14.079	6.9519	10.697	13.7	9.8137	7.6982	12.79	10.2745
Promedio cont. Humedad (%)	13.55		6.9519	12.20		9.8137	10.24		10.2745
Peso Unit.muestra seca (gr/cm³)	1.788		2.0093	1.817		1.9631	2.002		2.05875

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.12.: Planilla de cálculo de expansión de la muestra N° 1

Fecha	Hora	Tiempo en horas	Molde N.º 1			Molde N.º 2			Molde N.º 3		
			Lectura		Expansión	Lect.		Expansión	Lect.		Expansión
			Extens.	cm	%	Extens.	cm	%	Extens.	cm	%
01-sep	15:00	1	10	1	0	20	2	0	10	1	0
02-sep	16:00	2	47	4.7	28.951	59	5.9	30.516	50	5	31.2989
03-sep	17:00	3	50	5	31.299	63	6.3	33.646	69	6.9	46.1659
04-sep	18:00	4	53	5.3	33.646	68	6.8	37.559	72	7.2	48.5133

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.13.: Planilla de cálculo del C.B.R. de la muestra N° 1

Penetración		Carga normal	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
			Carga de ensayo		C.B.R. corregido		Carga de ensayo		C.B.R. corregido		Carga de ensayo		C.B.R. corregido	
Pulg	mm	kg	kg	kg/cm ²	kg	%	kg	kg/cm ²	kg	%	kg	kg/cm ²	kg	%
0	0.00		0.9	0.0			0.9	0.0			0.9	0.0		
0.025	0.63		30.8	1.6			114.9	5.9			163.8	8.5		
0.05	1.27		52.5	2.7			212.6	11.0			371.4	19.2		
0.075	1.90		68.8	3.6			277.7	14.3			536.9	27.7		

0.1	2.54	1360	76.9	4.0		5.7	379.5	19.6		27.9	652.2	33.7		48.0
0.2	5.08	2040	123.1	6.4		6.0	574.9	29.7		28.2	986.0	50.9		48.3
0.3	7.62		166.5	8.6			743.2	38.4			1340.2	69.2		
0.4	10.16		201.8	10.4			893.8	46.2			1622.4	83.8		
0.5	12.70		222.1	11.5			1066.1	55.1			1859.9	96.1		

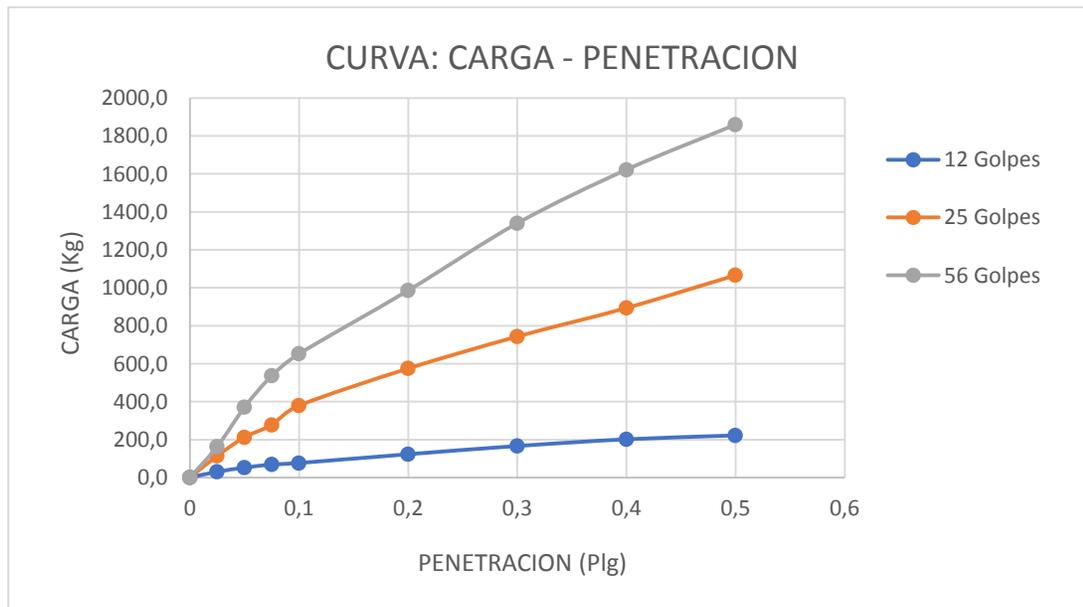
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.14.: Peso unitario de los C.B.R. de la muestra N° 1

C.B.R. %	Peso unitario gr/cm3
5.7	1.788
27.9	1.817
48	2.002

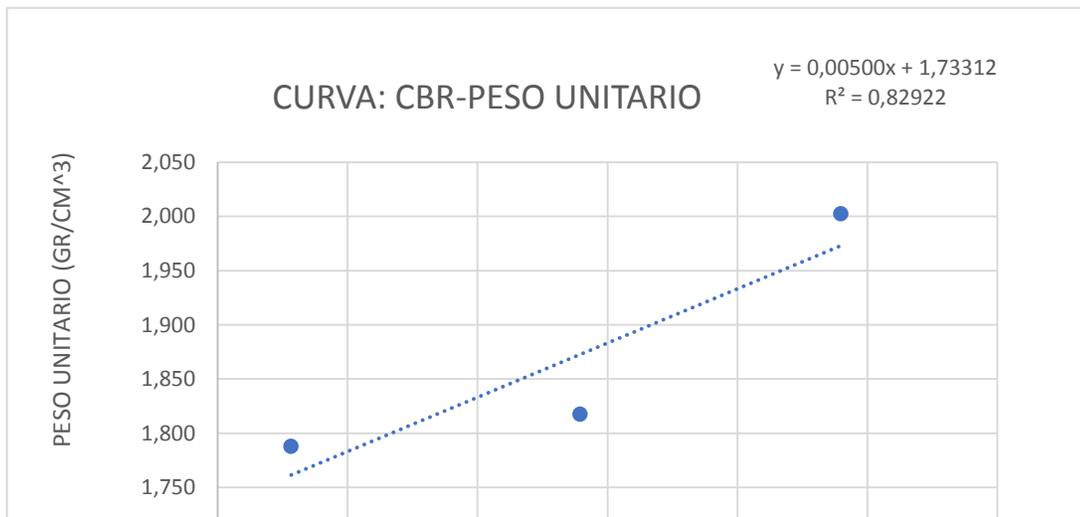
Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Relacion de carga vs penetracion de los 12, 25 y 56 golpes de la muestra N° 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Curva de CBR vs peso unitario de la muestra N° 1



Fuente: Elaboración propia

Del gráfico se obtiene los siguientes resultados:

Densidad máxima al 100% C.B.R.= 95%

Densidad máxima al 95% C.B.R. = 72%

Después de haber obtenido los análisis del estudio de suelos, se prosigue a realizar los ensayos de compactación y C.B.R., para cada tipo de suelo obtenido, tal y como nos muestra el siguiente cuadro:

Cuadro 3.15.: Resumen de los C.B.R. de las muestras obtenidas

Tipo de suelo	Compactación		Cbr
	D. máx.	H. opt	95%
A - 1 - a (0)	2.21	6.02	72
A - 6 (10)	1.77	17.86	8
A - 1 - b (0)	2.13	10.86	29
A - 4 (2)	1.91	10.19	11
A - 3 (0)	2	9.15	29

Fuente: Elaboración propia

El C.B.R. de diseño será el menor valor obtenido de todos los ensayos realizados en el anterior cuadro.

A continuación, se muestra la cantidad de veces que se realizaron dichos ensayos en general.

Cuadro 3.16: Número de ensayos en laboratorio

Ensayos	N° de Veces
Granulometría	12
Contenido de humedad	36
Límites de atterberg	4
Compactación	5
CBR	5

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos de todos los ensayos de suelos encontrados en la zona de estudio se mostrarán en el ANEXO 6 (estudio de suelos).

3.2.3. Estudio de tráfico

El flujo vehicular es comúnmente cuantificado como el tráfico promedio diario anual (TPDA) que simplemente representa la cantidad de vehículos al día que circulan en promedio en ambas direcciones durante un año de referencia. Para caminos vecinales, se recomienda que la medición del TPDA este desagregada en las siguientes categorías:

Livianos

Medianos

Pesados

Adicionalmente, si se tratará de la construcción y mejoramiento de un camino vecinal este congestionado por altos volúmenes de tráfico vehicular, la información aquí registrada permitirá evaluar el potencial productivo y comercial del área de influencia del proyecto.

A continuación, se muestra la clasificación vehicular que se realizó para el trabajo del conteo, el mismo que está de acuerdo a la clasificación del SEDECA, que sirvieron para realizar la clasificación vehicular en la realización del trabajo de conteo de tráfico:

Vehículos livianos:

Autos y vagonetas

Camionetas

Camiones con capacidad hasta 2tn.

Oros livianos

Vehículos semipesados:

Microbuses

Volquetas pequeñas

Buses medianos

Camiones medianos

Vehículos pesados:

Volquetas grandes

Buses grandes

Camiones grandes

Vehículos tráiler:

Camiones con acoplado

3.2.3.1. Cálculo del T.P.D.

Los aforos de vehículos se efectúan sobre el mismo camino a diseñar, los aforos se realizaron de manera manual mediante las consideraciones más críticas, las cuales serían días hábiles como los días no hábiles, donde cada uno de esos días mencionados se

realizó el aforamiento considerado, las horas de circulación en esta ruta las cuales serían: 07:00 horas a 20:00 horas, durante un promedio de 6 días consecutivos.

Se debe aclarar se realizó el aforo vehicular en un punto específico, ubicado en la comunidad de Tres Cruces, ya que en este lugar se encuentra el cruce Tres Cruces – Huacata.

Se optó por realizar el aforo en este punto, ya que todos los vehículos toman esta ruta para poder llegar a la comunidad de Huacata, y una vez construida la carretera, todos los vehículos tomarán la ruta de Trancas – Huacata, ya que esta ruta optará con un mejor servicio para los usuarios.

Al cabo de la misma se analizó el comportamiento vehicular.

Cuadro 3.17: Conteo vehicular en ambas direcciones

Día	Hora	Livianos				Buses			Camiones				Otros	Total
		Auto móviles	Camiones	Jeep - Vag	Minibús	Micro 22 asientos	Ómnibus 23 - 35 asientos	Ómnibus 36 o más asientos	Pequeño 6 Ton	Mediano 6 - 10 Ton	Grande 10 o más Ton	C / Acoplado		
Promedió 6 día	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	9	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	5
	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	11	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	4
	12	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	13	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	16	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	17	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3
	17	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3
	18	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
Total		15	2	1	5	2	0	0	8	2	0	0	0	35
%		43	6	3	14	6	0	0	23	6	0	0	0	100

Cuadro 3.18: Porcentaje vehicular

Tipo de vehículo		Cantidad	Porcentaje %
Livianos	Automóviles	15	43
	Camiones	2	6
	Jeep - Vagoneta	1	3
	Minibús	5	14
Buses	Micro (hasta 22 asientos)	2	6
	Bus mediano (23 a 35 asientos)	0	0
	Bus grande (más de 36 asientos)	0	0
Camiones	Camión pequeño (hasta 5.5 ton)	8	23
	Camión mediano (de 6 a 9.5 ton)	2	6
	Camión grande (10 ton o más)	0	0
	Camión con acoplado	0	0
Total:		35	100

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla y el conteo realizado en ambas direcciones el TPD es:

$$\text{TPD} = 35 \text{ Veh/día}$$

3.2.3.2. Proyección de tráfico

El proyecto de caminos nuevos no debe basarse solamente en las características del volumen del tráfico actual, sino que se debe tomar en cuenta también los probables en años futuros. De esta manera el volumen de proyecto ha de corresponder al del año escogido para proyectar.

Como base para un proyecto, generalmente se usa un periodo de hasta 20 años. Estimar el tráfico más allá de ese periodo no se justifica, debido a que para ese entonces surgirán cambios en la economía regional, en la población, en el desarrollo de los terrenos ubicados a lo largo de la vida en los sistemas de transporte, que no se puede predecir con ningún grado de seguridad.

$$n = 20 \text{ años}$$

3.2.3.3. Índice de crecimiento

Este parámetro constituye unos importantes datos para obtener el porcentaje anual de crecimiento de los diferentes vehículos que se producen durante el periodo de diseño adoptado. Para su determinación se usa un proceso iterativo con ayuda de la ecuación que se señala a continuación.

$$FC = \left(1 + \frac{IC}{100}\right)^N$$

Donde:

FC = Factor de crecimiento del vehículo.

IC = Índice de crecimiento del vehículo.

N = Número de años hasta el periodo de diseño: 20 años (carpeta asfáltica).

3.2.3.4. Tráfico normal

Para la proyección del tráfico normal se utilizó la tasa de crecimiento promedio local entre el parque automotor, producto interno bruto y el índice de crecimiento poblacional el cual es de 5.10%.

Cuadro 3.19: Tasa de crecimiento promedio

Variable	Local %	Nacional %
Población Departamento	1.60	1.70
Producto Interno Bruto	4.50	4.60
Parque vehicular	9.20	9.90
Promedio	5.10	5.40

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.5. Tráfico generado

El mejoramiento de un camino determinado ocasiona el surgimiento del denominado Tráfico Generado, el cual se produce fundamentalmente por la reducción de los costos de transporte, disminución del tiempo de viaje, aumento de la comodidad, confort o seguridad del viaje.

En las carreteras de Bolivia de acuerdo al estudio del PMST se tiene como tráfico del 30% del tráfico normal para vehículos livianos y 10% para vehículos de carga, cuando se trata de una mejora de carretera no pavimentada a pavimentada.

3.2.3.6. Tráfico derivado

El tráfico derivado se produce cuando existe rutas paralelas, utilizando el tráfico para la ruta de menor costo, la cual no necesariamente es la más corta. Por ellos, la pavimentación de una carretera puede traer el tráfico de una ruta paralela, debido a las mayores velocidades que se imprimen en carreteras.

En caso de nuestro proyecto se aplicará un tráfico derivado del 5% del tráfico normal.

Cuadro 3.20: Trafico normal

Año	N°	Livianos				Buses			Camiones				Otros	Total
		Automóviles	Camiones	Jeep - Vag	Minibús	Micro 22 así.	Ómnibus 23 - 35 así.	Ómnibus 36 o más así.	Peq 6 ton.	Med 6 - 10	Grande 10 o más Ton	C / Acoplado		
2019	0	15	2	1	5	2	0	0	8	2	0	0	0	35
2020	1	16	2	1	5	2	0	0	8	2	0	0	0	36
2021	2	17	2	1	6	2	0	0	9	2	0	0	0	39
2022	3	17	2	1	6	2	0	0	9	2	0	0	0	39
2023	4	18	2	1	6	2	0	0	10	2	0	0	0	41
2024	5	19	3	1	6	3	0	0	10	3	0	0	0	45
2025	6	20	3	1	7	3	0	0	11	3	0	0	0	48
2026	7	21	3	1	7	3	0	0	11	3	0	0	0	49
2027	8	22	3	1	7	3	0	0	12	3	0	0	0	51
2028	9	23	3	2	8	3	0	0	13	3	0	0	0	55
2029	10	25	3	2	8	3	0	0	13	3	0	0	0	57
2030	11	26	3	2	9	3	0	0	14	3	0	0	0	60
2031	12	27	4	2	9	4	0	0	15	4	0	0	0	65
2032	13	29	4	2	10	4	0	0	15	4	0	0	0	68
2033	14	30	4	2	10	4	0	0	16	4	0	0	0	70
2034	15	32	4	2	11	4	0	0	17	4	0	0	0	74
2035	16	33	4	2	11	4	0	0	18	4	0	0	0	76
2036	17	35	5	2	12	5	0	0	19	5	0	0	0	83
2037	18	37	5	2	12	5	0	0	20	5	0	0	0	86
2038	19	39	5	3	13	5	0	0	21	5	0	0	0	91
2039	20	41	5	3	14	5	0	0	22	5	0	0	0	95

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.21.: Tráfico generado

Año	Nº	Livianos				Buses			Camiones				Otros	Total
		Automóviles	Camiones	Jeep - Vag	Minibús	Micro 22 así.	Ómnibus 23 - 35 así.	Ómnibus 36 o más así.	Peq 6 ton.	Med 6 - 10	Grande 10 o más Ton	C / Acoplado		
2019		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	1	4	1	0	1	1	0	0	2	1	0	0	0	10
2021	2	4	1	0	2	1	0	0	2	1	0	0	0	11
2022	3	4	1	0	2	1	0	0	2	1	0	0	0	11
2023	4	5	1	0	2	1	0	0	3	1	0	0	0	13
2024	5	5	1	0	2	1	0	0	3	1	0	0	0	13
2025	6	5	1	0	2	1	0	0	3	1	0	0	0	13
2026	7	5	1	0	2	1	0	0	3	1	0	0	0	13
2027	8	6	1	0	2	1	0	0	3	1	0	0	0	14
2028	9	6	1	1	2	1	0	0	3	1	0	0	0	15
2029	10	6	1	1	2	1	0	0	3	1	0	0	0	15
2030	11	7	1	1	2	1	0	0	4	1	0	0	0	17
2031	12	7	1	1	2	1	0	0	4	1	0	0	0	17
2032	13	7	1	1	3	1	0	0	4	1	0	0	0	18
2033	14	8	1	1	3	1	0	0	4	1	0	0	0	19
2034	15	8	1	1	3	1	0	0	4	1	0	0	0	19
2035	16	8	1	1	3	1	0	0	5	1	0	0	0	20
2036	17	9	1	1	3	1	0	0	5	1	0	0	0	21
2037	18	9	1	1	3	1	0	0	5	1	0	0	0	21
2038	19	10	1	1	3	1	0	0	5	1	0	0	0	22
2039	20	10	1	1	4	1	0	0	6	1	0	0	0	24

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.22: Tráfico derivado

Año	N°	Livianos				Buses			Camiones				Otros	Total
		Automóviles	Camiones	Jeep - Vag	Minibús	Micro 22 así.	Ómnibus 23 - 35 así.	Ómnibus 36 o más así.	Peq 6 ton.	Med 6 - 10	Grande 10 o más Ton	C / Acoplado		
2019		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2021	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2022	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2023	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2024	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2025	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2026	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2027	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2028	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2029	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2030	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2031	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2032	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2033	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2034	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2035	16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2036	17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2037	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2038	19	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2039	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.23: Trafico promedio anual

Año	N°	Livianos				Buses			Camiones				Otros	Total
		Automóviles	Camiones	Jeep - Vag	Minibús	Micro 22 así.	Ómnibus 23 - 35 así.	Ómnibus 36 o más así.	Peq 6 ton.	Med 6 - 10	Grande 10 o más Ton	C / Acoplado		
2019	0	15	2	1	5	2	0	0	8	2	0	0	0	35
2020	1	21	3	1	6	3	0	0	10	3	0	0	0	47
2021	2	22	3	1	8	3	0	0	11	3	0	0	0	51
2022	3	22	3	1	8	3	0	0	11	3	0	0	0	51
2023	4	24	3	1	8	3	0	0	13	3	0	0	0	55
2024	5	25	4	1	8	4	0	0	13	4	0	0	0	59
2025	6	26	4	1	9	4	0	0	14	4	0	0	0	62
2026	7	27	4	1	9	4	0	0	14	4	0	0	0	63
2027	8	29	4	1	9	4	0	0	15	4	0	0	0	66
2028	9	30	4	3	10	4	0	0	16	4	0	0	0	71
2029	10	32	4	3	10	4	0	0	16	4	0	0	0	73
2030	11	34	4	3	11	4	0	0	18	4	0	0	0	78
2031	12	35	5	3	11	5	0	0	19	5	0	0	0	83
2032	13	37	5	3	13	5	0	0	19	5	0	0	0	87
2033	14	40	5	3	13	5	0	0	20	5	0	0	0	91
2034	15	42	5	3	14	5	0	0	21	5	0	0	0	95
2035	16	43	5	3	14	5	0	0	23	5	0	0	0	98
2036	17	46	6	3	15	6	0	0	24	6	0	0	0	106
2037	18	48	6	3	15	6	0	0	25	6	0	0	0	109
2038	19	51	6	4	16	6	0	0	26	6	0	0	0	115
2039	20	53	6	4	18	6	0	0	28	6	0	0	0	121

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.24: Proyección del TPDA – Transito total

Año	Tráfico: Trancas - Huacata			
	Normal	Generado	Derivado	Total
2019	35	0	0	35
2020	36	10	1	47
2021	39	11	1	51
2022	39	11	1	51
2023	41	13	1	55
2024	45	13	1	59
2025	48	13	1	62
2026	49	13	1	63
2027	51	14	1	66
2028	55	15	1	71
2029	57	15	1	73
2030	60	17	1	78
2031	65	17	1	83
2032	68	18	1	87
2033	70	19	2	91
2034	74	19	2	95
2035	76	20	2	98
2036	83	21	2	106
2037	86	21	2	109
2038	91	22	2	115
2039	95	24	2	121

Fuente: Elaboración propia

El tráfico promedio diario anual de diseño:

$$TPDA_{\text{diseño}} = 121 \text{ Veh/día}$$

Todo el detalle del estudio de tráfico se encuentra en el ANEXO 8 (estudio de tráfico).

3.2.3.7. Cálculo del número de ejes equivalentes

El número de ejes equivalentes se calcula con la siguiente ecuación:

$$W_{18} = \sum (TPD)_i * (FC)_i * (FCE)_i * 365$$

Donde:

W_{18} = Número de ejes equivalentes

$(TPD)_i$ = Tráfico promedio diario del vehículo tipo i , en el primer año de circulación.

$(FC)_i$ = Factor de crecimiento del vehículo tipo i .

$(FCE)_i$ = Factor de carga equivalente del vehículo tipo i .

Cuadro 3.25: Factor de carga equivalente

Automóviles	Eje delantero	Eje trasero	Factor de carga
Peso (ton)	1	1	0.000768
LEF	0.000384	0.000384	
Camionetas	Eje delantero	Eje trasero	Factor de carga
Peso (ton)	1.6	3.3	0.023933
LEF	0.001573	0.02236	
Buses	Eje delantero	Eje trasero	Factor de carga
Peso (ton)	4.2	5.5	0.2329
LEF	0.05825	0.17465	
Camiones	Eje delantero	Eje trasero	Factor de carga
Peso (ton)	3	5.5	0.32883
LEF	0.15418	0.17465	

Fuente: ESALs para cada clase de vehículo en pavimento flexible según el servicio nacional de caminos SNC

El proceso consiste en dar valores de i de tal forma que la suma de los tráficos promedios diarios hasta el año obtenidos con las ecuaciones de regresión sea igual a la suma de los tráficos promedios diarios iterando la fórmula señala. De esta manera se obtiene los índices de crecimiento para cada tipo de vehículo, los cuales nos servirán para determinar el factor de crecimiento de los mismos, factores que están utilizados para la determinación del número de ejes equivalentes y así obtener el número de ESALs.

Cuadro 3.26.: Cálculo del número de ESALs

Año	Automóviles	Camiones	Jeep - vag	Minibús	Micro 22 así.	Peq 6 ton	Med. 6 - 10
2019	15	2	1	5	2	8	2
2020	21	3	1	6	3	10	3
2021	22	3	1	8	3	11	3
2022	22	3	1	8	3	11	3
2023	24	3	1	8	3	13	3
2024	25	4	1	8	4	13	4
2025	26	4	1	9	4	14	4
2026	27	4	1	9	4	14	4
2027	29	4	1	9	4	15	4
2028	30	4	3	10	4	16	4
2029	32	4	3	10	4	16	4
2030	34	4	3	11	4	18	4
2031	35	5	3	11	5	19	5
2032	37	5	3	13	5	19	5
2033	40	5	3	13	5	20	5
2034	42	5	3	14	5	21	5
2035	43	5	3	14	5	23	5
2036	46	6	3	15	6	24	6
2037	48	6	3	15	6	25	6
2038	51	6	4	16	6	26	6
2039	53	6	4	18	6	28	6
Total	256230	33215	17155	83950	33215	132860	33215
Factor equivalente	0.000768	0.023933	0.000768	0.23933	0.2329	0.32883	0.32883
ESALs	196.785	794.934595	13.17504	20091.7535	7735.7735	43688.3538	10922.0885

Fuente: Elaboración propia

Número de ESALs = 83,442.864

El detalle de número de ESALs se encuentra en el ANEXO 9 (diseño del paquete estructural).

3.2.4. Estudio hidrológico

La finalidad del estudio hidrológico es determinar las intensidades y caudales máximos para diferentes periodos de herradura, con los cuales se diseña las diferentes obras de arte como alcantarillas, cunetas, etc.

3.2.4.1. Análisis pluviométrico

3.2.4.1.1. Precipitación media

Para determinar la precipitación media anual de la cuenca se utilizó información pluviométrica de estaciones que se encuentran dentro de la cuenca de aporte y estaciones que se encuentran cerca para que se pueda trabajar en toda la superficie de la cuenca.

Para la elección de las estaciones a utilizar se tomó en cuenca la cantidad de años (mayor a 10 años) de registro, debido a que estaciones que cuentan con pocos años de registro no son suficientemente confiables.

Las estaciones con las que se trabajó fueron las siguientes:

Cuadro 3.27: Estaciones pluviométricas adoptadas para el estudio hidrológico

Estación	Latitud	Longitud	Altura
Tomayapo	21° 16' 06"	64° 02' 42"	2,734 m.s.n.m.
Huacata	21° 14' 19"	64° 50' 43"	2,858 m.s.n.m.
Trancas	21° 18' 29"	64° 48' 57"	2,198 m.s.n.m.
Tomatas Grandes	21° 18'	64° 48'	2,150 m.s.n.m.
Canasmoro	21° 32'	64° 45'	2,080 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia

3.2.4.1.2. Precipitación máxima

Para un análisis completo de las alturas de lluvia máximas es necesario:

Determinar la precipitación máxima en 24 horas de duración para diferentes periodos de herradura.

Determinar la precipitación máxima correspondiente a las precipitaciones de duración inferior a las 24 horas. que también se analizan para diferentes periodos de herradura.

En cada estación se eliminaron los años donde no hay datos en los meses frecuentemente llueve.

La información utilizada fueron las precipitaciones máximas en 24 horas registradas en cada estación pluviométrica.

3.2.4.2. Determinación de intensidades máximas

3.2.4.2.1. Ley de distribución de probabilidades

Este análisis considera la desviación de la función de distribución de probabilidades de la muestra $P(x)$ de la función de probabilidades estimada, escogida $Po_{(x)}$ tal que:

$$\Delta_{max} = \Delta_e$$

$$\Delta_{max} = \max(P_{(x)} - Po_{(x)})$$

La prueba requiere que el valor Δ_{max} calculado con la expresión anterior sea menor que el valor tabulado Δ_o para un nivel de probabilidad requerido, donde el valor estadístico Δ_{max} , es la máxima diferencia entre la función de distribución acumulada de la de muestreo y la función de distribución acumulada teórica escogida, el nivel de probabilidad entre valores de 0.05 y 0.01 que son los más usuales y el valor crítico Δ_o de la prueba debe ser obtenido de tablas en función de α y n . (α nivel de significación en % o número de datos).

Si el valor calculado Δ_{max} es mayor que el Δ_o . El modelo matemático de Distribución Probabilístico de Gumbel, se debe rechazar, lo cual fue comprobado.

3.2.4.2.2. Modelo de distribución probabilística de Gumbel

Es empleado ampliamente en hidrología, especialmente para eventos extremos, su Función para la Densidad Acumulada FDA es:

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)}}$$

Para:

$$-\infty < x < \infty$$

$$0 < \alpha < \infty$$

$$0 < \mu < \infty$$

Donde:

α = Parámetro de escala

μ = Parámetro de posición o moda

σ = Desviación estándar

X_m = Media

X_i = Datos

Donde:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_i - x_m)^2}{n - 1}}$$

$$x_m = \frac{\sum_i^n x_i}{n}$$

$$\mu = x_m - 0.5772\alpha$$

El parámetro α es un parámetro de escala, constituyendo una medida de dispersión de los datos en torno a un valor central. El parámetro μ es un parámetro de disposición, constituyéndose en una medida de tendencia central, es decir la moda de la distribución.

3.2.4.2.3. Distribución de frecuencia acumulada

El análisis de frecuencia acumulada con la ley de Gumbell, se realiza para verificar la hipótesis de que la mencionada distribución, a la que mejor se ajusta a las series analizadas. Para este fin se siguió el procedimiento descrito a continuación.

3.2.4.2.4. Cálculo de frecuencia de ocurrencia del evento

Conocida también como probabilidad empírica. Fueron calculadas las probabilidades de no excedencia P_{ne} (Probabilidad de no excedencia) y de excedencia P_e (Probabilidad de excedencia).

$$P_{ne} = \frac{m}{n + 1}$$

$$P_e = 1 - P_{ne}$$

Donde:

m = Orden del registro procesado.

n = Número de datos de la serie.

3.2.4.3. Determinación de lluvias máximas (Gumbel modificado)

La siguiente tabla nos detalla la obtención de los parámetros para el cálculo de alturas de precipitaciones máximas diarias y horarias.

Cuadro 3.28: Análisis de estaciones pluviométricas

Estaciones	Tomayapo	Huacata	Trancas	Tomatas Grandes	Canasmoro
Nº de datos	34	6	21	9	17
Media	55.388	86.9	65.919	50.378	43.588
Desv est.	16.499	36.984	20.932	17.244	22.036
E	47.964	70.257	56.5	42.618	33.672
K	0.618	0.945	0.665	0.726	1.175

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la altura de precipitación máxima horaria se aplica la siguiente expresión:

$$h_{dt} = Ed * \left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta * [1 + kd * \log T]$$

Intensidades máximas para el diseño de obras de arte

Cuadro 3.29: Alturas de precipitación para un periodo de herradura

T (años)	h tT (mm)			
	0.5	1	2	4
10	64.743	74.371	85.429	98.133
20	73.233	84.123	96.632	111.001
50	84.456	97.015	111.440	128.012
100	223.396	229.677	236.134	242.773
200	228.970	235.407	242.025	248.830

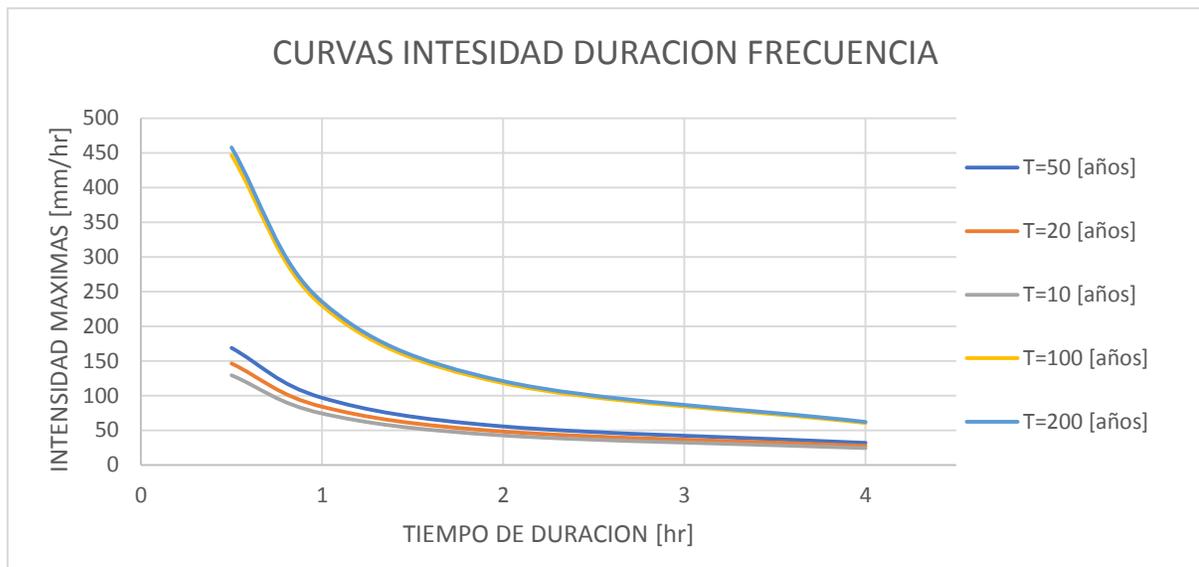
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3.30: Intensidades máximas para un periodo de herradura

T (años)	Intensidades máximas (mm/hr)			
	0.5	1	2	4
10	129.49	74.37	42.71	24.53
20	146.47	84.12	48.32	27.75
50	168.91	97.01	55.72	32.00
100	446.79	229.68	118.07	60.69
200	457.94	235.41	121.01	62.21

Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Curvas I.D.F.



Fuente: Elaboración propia

El detalle del estudio hidrológico se encuentra en el ANEXO 10.

A continuación, se mostrará una tabla con un resumen de los datos a utilizar en el diseño geométrico, en el diseño estructural y las obras complementarias.

Cuadro 3.31: Datos a utilizar en el diseño geométrico, estructural y en las obras complementarias

Estudio topográfico	
Numero de BMs	23
Estudio hidrológico	
Periodo de herradura	50
Intensidad máxima	97.01 mm/hr
Estudio geotécnico	
Número de muestras	12
Tipos de suelos	5
C.B.R. de diseño	8%
Estudio de trafico	
T.P.D.A.	121 Veh/día
Numero de ESALs	83,435.86

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

DISEÑO DE INGENIERIA

4.1. Diseño geométrico

4.1.1. Análisis de alternativas

4.1.1.1. Alternativa única

Esta alternativa va directamente a apertura el camino evitando muchos quiebres y construyendo curvas con un radio según la categoría del camino elegido.

En este proyecto se consideró una sola alternativa la cual dicho camino cuenta con un trazado definitivo, vale mencionar que no se pudo contar con otras alternativas ya que esta zona es muy montañosa. Este proyecto también se deberá contar con las obras hidráulicas como: alcantarillas de cruce y alcantarillas de alivio, cunetas, una capa de rodadura pavimentada de calzada, con una longitud aproximada de 13km. y un puente con una longitud aproximada de 100m.

Las alternativa propuesta se la realizaron siguiendo todas las normas estipuladas y tomando criterios técnicos, para el camino sea una ruta cómoda segura y que beneficie a la mayor cantidad de comunarios para que puedan llevarse sus productos a comercializar a las localidades más cercanas, como también el transporte para los comunarios de la zona para que puedan facilitar sus quehaceres cotidianos, es muy importante su implementación para que el flujo vehicular no tenga problemas en todo el año especialmente en época de lluvia.

Esta alternativa contara con curvas de herradura, diseñados según el manual de la ABC, y ubicados en los tramos donde sea necesario estas curvas.

4.1.2. Categoría de la carretera

La categoría del tramo de carretera en estudio fue asumida según el Manual de Diseño Geométrico establecido por la ABC, de acuerdo a las siguientes consideraciones:

El tránsito vehicular será permanente durante todo el año.

Ancho de calzada será de 5m. sin considerar las dimensiones de las bermas.

Se realizarán curvas de herradura, donde sea necesario, es decir en lugares donde no cumpla el radio de curva establecido en la norma.

La carretera se realizará con dos alternativas (tratamiento superficial y pavimento flexible), como al igual las obras de arte que lo constituyan.

Cuadro 4.1: Categoría de carreteras

Categoría		Sección transversal		Velocidades de proyecto (km/hora)	Código tipo
		N carriles	N calzadas		
Autopista	(O)	4 o + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
Autoruta	(I.A)	4 o + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
Primario	(I.B)	4 o + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
		2 BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
Colector	(II)	4 o + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
		2 BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
Local	(III)	2BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
Desarrollo		2BD	1	50 - 40 - 30*	D - xx

Fuente: Elaboración propia

Del Cuadro 4.1 adoptamos que será una carretera de desarrollo 2 BD.

4.1.3. Determinación de la velocidad de diseño

La velocidad directriz o velocidad de diseño, es aquella que se asume para determinar y relacionar entre si las características del diseño geométrico, tales como los radios de curvatura, la visibilidad, peraltes y todo lo que corresponde al alineamiento horizontal y vertical.

La velocidad directriz, es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con absoluta seguridad, inclusive cuando la plataforma esta mojada y considerando un conductor de habilidad media.

La velocidad de diseño del proyecto es importante, ya que es uno de los principales factores que determina el costo de proyecto.

En terreno plano y ondulado se justifican velocidades más altas que en zonas montañosas y muy montañosas, porque la incidencia de costos de construcción es menor.

De acuerdo a la categoría asumida para la carretera y de acuerdo a la norma se tiene los siguientes rangos de velocidades en la función de la topografía.

Sobre la base de estos valores se calculan o se asumen el resto de los parámetros de diseño.

De acuerdo a la categoría adoptada para la carretera, se adoptará para el presente proyecto una velocidad de diseño de 30km/hora., ya que es un camino de desarrollo con terreno ondulado fuerte a montañoso.

4.1.4. Pendiente de la vía

4.1.4.1. Pendiente máxima

La pendiente máxima admisible de la rasante para el proyecto se define según el siguiente cuadro:

Cuadro 4.2: Pendientes máximas de la rasante

Categoría	Velocidad de proyecto (km/hora)									
	< 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10 a 12	10 a 9	9	-	-	-	-	-	-	-
Local	-	9	9	8	8	-	-	-	-	-
Colector	-	-	-	8	8	8	-	-	-	-
Primario	-	-	-	-	-	6	5	4.5	-	-
Autorrutas	-	-	-	-	-	6	5	4.5	-	-

Autopistas	-	-	-	-	-	5	-	4.5	-	4
------------	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---

Fuente: Manual de la ABC

Según nuestro tipo de carretera y velocidad de diseño adoptada, la pendiente máxima utilizada en el diseño será de 12%.

4.1.4.2. Pendiente mínima

La fijación de pendientes mínimas tiene por objeto un eficiente escurrimiento de las aguas superficiales sobre la calzada.

En general, es deseable que en los casos de secciones en corte o mixtas la carretera tenga una pequeña pendiente longitudinal, por lo menos del orden del 0.50%.

Por estos motivos se asume una pendiente mínima de 0.50%.

4.1.5. Alineamiento horizontal

4.1.5.1. Distancia de frenado

La distancia de frenado sobre una alineación recta de pendiente uniforme se puede obtener según el cuadro proporcionado por la norma de la administradora de carreteras de Bolivia.

Cuadro 4.3: Distancia de frenado

V	t	f1	dt	Df	Df(m)		V
km/hora	s	-	m	m	dt + df	Adopt.	km/hora
30	2	0.42	16.7	8.4	25.1	25	30
35	2					31	35
40	2	0.415	22.2	15.2	37.4	38	40
45	2					44	45
50	2	0.41	27.8	24	51.8	52	50
55	2					60	55
60	2	0.46	33.3	35.5	68.8	70	60
65	2					80	65

70	2	0.38	38.9	50.8	89.7	90	70
75	2					102	75
80	2	0.36	44.4	70	114.4	115	80
85	2					130	85
90	2	0.34	50	93.9	143.8	145	90
95	2					166	95
100	2	0.33	55.5	119.4	174.9	175	100
V	t	f1	dt	Df	Df(m)		V
km/hora	s	-	m	m	dt + df	Adopt.	km/hora
105	2					192	105
110	2	0.32	61.1	149	210	210	110
115	2					230	115
120	2	0.31	66.6	183	249.6	250	120
125	2					275	125
130	2	0.295	72.2	225.7	297.9	300	130

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la velocidad de proyecto de 30Km/hora, podemos calcular la distancia mínima de frenado en horizontal que es de 25m.

4.1.5.2. Distancia de adelantamiento

La distancia de visibilidad mínima de adelantamiento se define según el siguiente cuadro:

Cuadro 4.4: Distancia de adelantamiento

Vp (Km/hora)	Distancia mínima de adelantamiento (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Fuente: Elaboración propia

La distancia mínima de acuerdo a la velocidad de proyecto será de 180m.

4.1.5.3. Radios mínimos

Los radios mínimos se obtienen según el siguiente cuadro:

Cuadro 4.5: Radios mínimos

Caminos colectores - Locales desarrollo			
Vp (km/hora)	e max %	f	Radio min
30	7	0.215	25
40	7	0.198	50
50	7	0.182	80
60	7	0.165	120
70	7	0.149	180
80	7	0.132	250
Carreteras - Autopistas autorrutas - Primarios			
80	7	0.122	250
90	7	0.114	330
100	7	0.105	425
110	7	0.096	540
120	7	0.087	700

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la velocidad de proyecto de 30km/hora, el radio de curvatura mínimo del proyecto será de 25m., como mínimo.

4.1.5.4. Peraltes

De la anterior tabla se obtiene el valor del peralte. Según a la velocidad de diseño.

$$e_{\max} = 7\%$$

Los peraltes serán adoptados de 7%, ya que es una zona montañosa y muy ondulada.

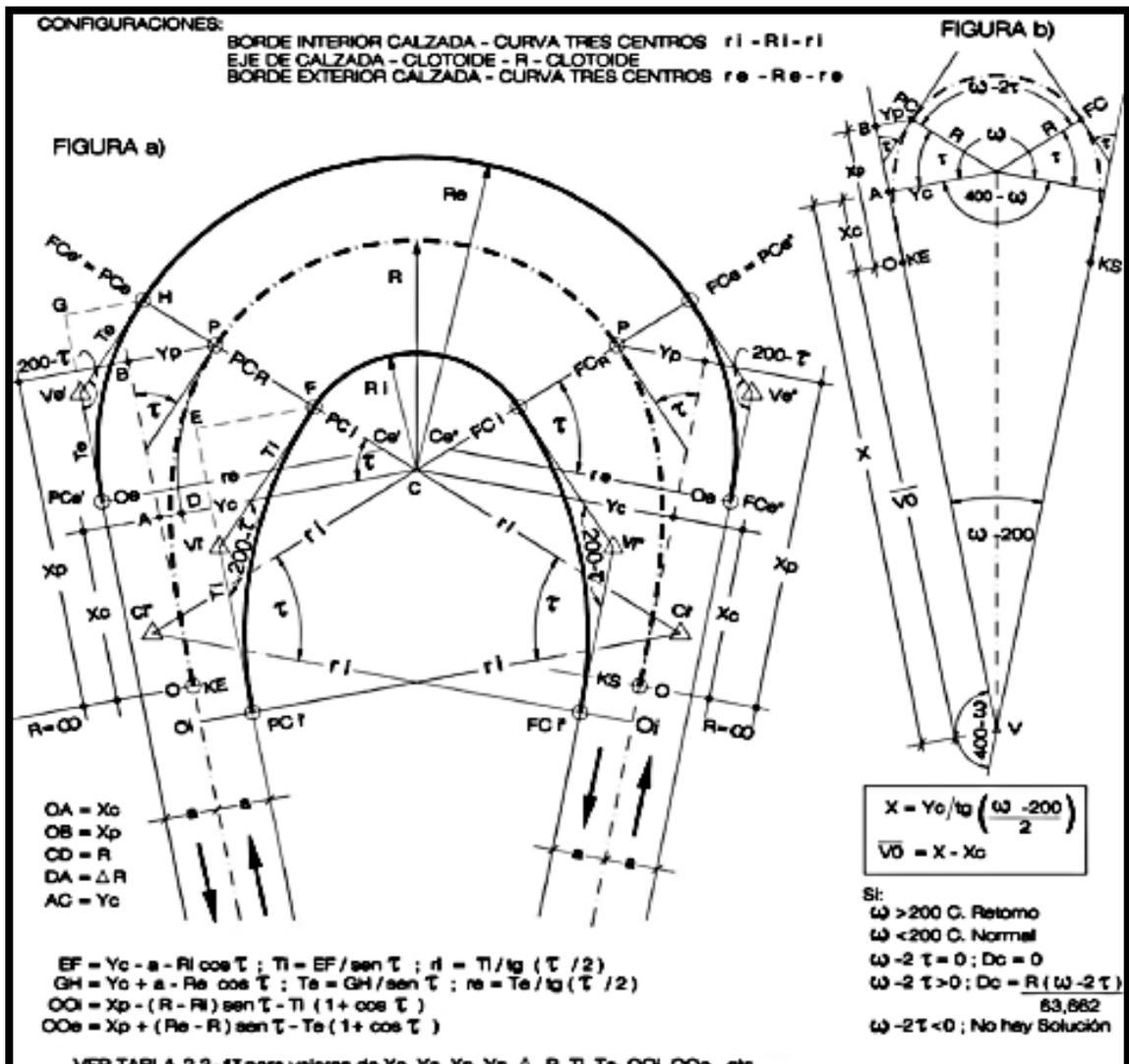
4.1.5.5. Curvas de herradura

En trazados de alta montaña suelen requerirse curvas de herradura, con el fin de obtener desarrollos que permitan alcanzar una cota dada, que no es posible lograr mediante trazados alternativos sin sobrepasar las pendientes máximas admisibles.

Las curvas de herradura constituyen puntos singulares de trazado, en los que los radios que deben emplearse son mucho menores que a los que corresponde a la V_p del camino. Los elementos para diseñarla, clotoide y curvas de tres centros, tampoco cumplen con las condiciones que se exigen en trazados normales, pues ellas están destinadas a generar ensanches requeridos en la curva de herradura y no como elementos de transición para la dinámica del emplazamiento.

Todo ello resulta aceptable por lo que la velocidad de circulación en este tipo de curvas, fluctúa entre 15 y 20km/hora.

Figura 16: Curvas de herradura tipo, para carreteras y caminos



Tipo de vía	Radios curvas central			Clotoide del eje			Curvas de borde		Ancho máx. pistas		Ancho máx. calz.	Sobre ancho
	Ri	R	Re	A	L	τ	ri	re	Int.	Ext.		
Maniobra posible												
Carreteras y colectores	8	15.50	20.65	16.20	16.93	34.771	40.73	14.545	7.50	5.15	12.65	5.65
Calzada en recta 7m	10	17.00	22.00	17.50	18.02	33.731	41.264	19.80	7.00	5.00	12.00	5.00
Diseño para:	15	21.10	25.85	20.00	18.96	28.599	48.308	20.357	6.10	4.75	10.85	3.85
2 buses Lt = 13.2m o 14.0m	20	25.60	30.10	22.60	19.99	24.905	55.709	24.781	5.55	4.55	10.10	3.10
1 SR Lt = 18.6m												
1 SR Lt = 22.4 m Ocupando toda la calzada para Ri = 8 m												
Locales y	6	9.75	13.10	9.90	10.05	32.818	15.064	13.702	3.75	3.35	7.10	1.10

Fuente: Manual de la ABC

desarrollo	Cuadro 4.6: Parámetros geométricos de curvas de herradura según radio Ri											
Calzada en recta 6m	7	10.70	14.00	10.50	10.35	30.941	16.204	14.57	3.65	3.35	7.00	1.00
Diseño para:	8	11.60	14.85	11.30	11.06	30.468	16.785	16.068	3.55	3.30	6.85	0.85
2 veh. livianos	10	13.50	16.70	12.70	11.99	28.38	19.125	18.667	3.45	3.25	6.70	0.70
1 bus rural Lt = 12m	12	15.40	18.35	14.00	12.77	26.478	21.264	23.511	3.35	3.00	6.35	0.35
Si existe semi tráiler en el flujo ensanchar calzada a 7.0m antes de la C.R. y usar solución para carreteras y colectores												

Se adoptaron los valores para el diseño de las curvas de herradura, los valores de una carretera de desarrollo, ya que nuestra carretera es montañosa y nos exige el diseño de este tipo de curvas donde sea necesario.

4.1.6. Parámetros adoptados

Los parámetros de diseño fueron adoptados del "Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras" de la ABC, estos parámetros nos servirán para el diseño tanto del alineamiento horizontal como del alineamiento vertical, utilizando el paquete Autocad CIVIL 3D 2015.

Cuadro 4.7: Resumen de parámetros adoptados

Fuente: Manual de la ABC		
Categoría del camino según la ABC	Desarrollo	Unidades
Topografía	Montañoso	-
Velocidad de diseño	30	Km/hora
Peralte máximo	4 - 7	%
Coef. de fricción transversal	0.215	-
Radio mínimo	25	m
Curva de herradura	15	m
Distancia mínima de frenado	25	m
Berma a cada lado	0.5	m
Ancho total de plataforma	5	m
Ancho de carril	2.5	m

Pendiente longitudinal máxima	12	%
Sobre ancho de protección SAP	0.5	m
Derecho de vía	50	m
Coef. Kc mínimo cóncavo	400	-
Coef. Kv mínimo convexo	300	-

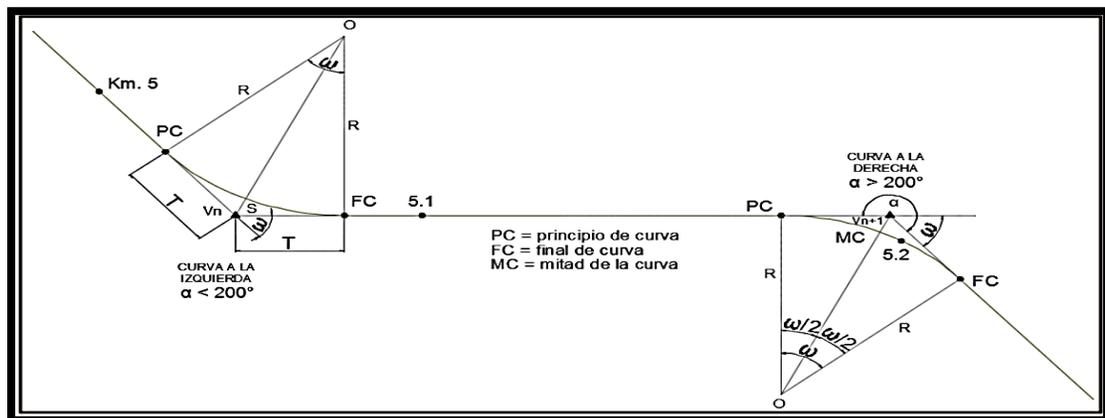
Fuente: Elaboración propia

Todos los parámetros adoptados, fueron extraídos de la norma ABC para el posterior diseño de la carretera.

4.1.7. Diseño planimétrico

Este punto se refiere al diseño en planta de la carretera, que se encuentra compuesto por la línea del eje principal de la carretera, así como de los diferentes tipos de curvas utilizadas, peraltes, anchos de calzada, bermas, sobre ancho, etc. todos los valores de estos parámetros se muestran resumidos en el siguiente cuadro:

Figura 17: Elementos de una curva



Fuente: Manual de la ABC

A continuación, se muestra el cálculo que se realizó utilizando las fórmulas empíricas para una curva circular:

CURVAS HORIZONTALES REPLANTEO, PERALTE Y SOBRECANCHO

CURVA 1

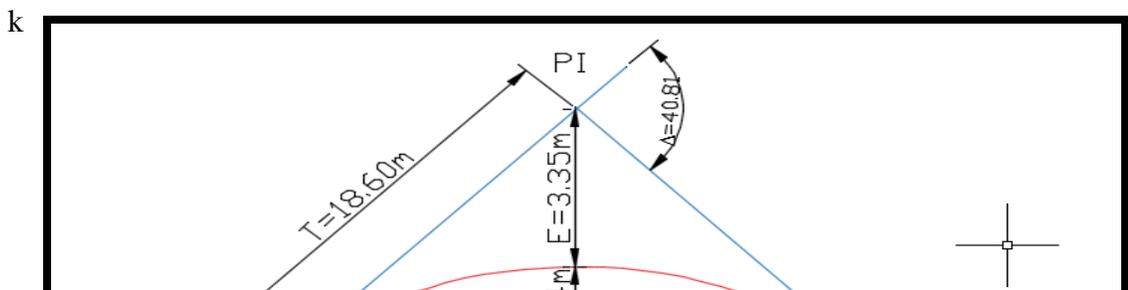
DATOS INICIALES.-

Velocidad de proyecto.:	30 km/hr
Numero de carriles:	2
Progresiva inicial	0+017.16
Progresiva finalL	0+052.78

Curva Circular Simple

Progresiva	Distancia parcial (m)	Distancia acumulada (m)	Ángulos tangenciales Ci	Peralte (m)	Sobre ancho X (Cm)
------------	-----------------------	-------------------------	-------------------------	-------------	--------------------

Figura 18: Elementos de la curva N° 1



PC 0+17.16	0.00	0.00	0°	0'	0.00"	0.000	0.00
0+021.61	4.45	4.45	2°	33'	2.09"	0.049	0.25
0+026.06	4.45	8.90	5°	6'	4.18"	0.070	0.50
0+030.51	4.45	13.35	7°	39'	6.27"	0.070	0.50
0+034.97	4.45	17.81	10°	12'	8.35"	0.070	0.50
0+039.42	4.45	22.26	12°	45'	10.44"	0.070	0.50
0+043.87	4.45	26.71	15°	18'	12.53"	0.070	0.50
0+048.32	4.45	31.16	17°	51'	14.62"	0.049	0.25
FC 0+52.77	4.45	35.61	20°	24'	16.71''	0.000	0.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.8: Planilla de replanteo

En la siguiente tabla se mostrará los elementos de las curvas horizontales correspondientes al tramo Trancas – Huacata.

Cuadro 4.9: Detalle de curvas horizontales

N°	Prog. Inicio	Radio (m)	Desarrollo de curva (m)	Tipo de curva
1	0+017.16	50.00	35.61	Simple

2	0+173.79	15.00	28.61	Herradura
3	0+271.39	15.00	38.71	Herradura
4	0+316.54	15.00	46.03	Herradura
5	0+371.03	50.00	30.16	Simple
6	0+421.42	25.00	29.54	Simple
7	0+493.22	100.00	25.51	Simple
8	0+567.44	80.00	36.77	Simple
9	0+803.86	25.00	22.56	Simple
10	0+850.41	23.79	24.37	Simple
11	0+891.98	50.00	22.17	Simple
12	0+981.38	25.00	23.64	Simple
13	1+032.80	30.00	17.18	Simple
14	1+068.81	30.00	20.80	Simple
15	1+130.54	150.00	31.82	Simple
16	1+284.03	300.00	17.05	Simple
17	1+426.86	100.00	25.99	Simple
18	1+500.11	25.00	28.35	Simple
19	1+550.92	30.00	19.67	Simple
20	1+641.31	150.00	6.12	Simple
21	1+684.44	50.00	17.31	Simple
22	1+747.31	30.00	31.42	Simple
23	1+813.42	50.00	21.87	Simple
24	1+896.60	200.00	35.14	Simple
25	2+000.08	80.00	35.45	Simple
26	2+070.54	25.00	16.97	Simple
27	2+193.62	30.00	35.90	Simple
28	2+321.77	200.00	31.69	Simple
29	2+427.51	100.00	75.78	Simple
30	2+641.02	50.00	70.09	Simple
31	2+827.80	50.00	51.92	Simple
32	3+017.16	50.00	67.87	Simple
33	3+165.42	50.00	26.76	Simple
34	3+345.10	25.00	37.77	Simple
35	3+563.01	15.00	43.63	Herradura
36	3+670.87	100.00	45.74	Simple
37	3+752.90	30.00	16.82	Simple
38	3+772.14	15.00	41.79	Herradura
N°	Prog. Inicio	Radio (m)	Desarrollo de curva (m)	Tipo de curva
39	3+834.03	25.00	18.36	Simple
40	3+915.74	25.00	7.28	Simple
41	3+976.85	15.00	44.23	Herradura

42	4+259.26	25.00	49.94	Simple
43	4+313.50	25.00	5.40	Simple
44	4+396.63	100.00	45.75	Simple
45	4+482.71	100.00	11.27	Simple
46	4+629.60	15.00	41.94	Herradura
47	4+713.83	100.00	40.63	Simple
48	4+802.69	25.00	25.91	Simple
49	4+935.66	50.00	38.82	Simple
50	5+096.28	15.80	45.63	Herradura
51	5+236.46	50.00	34.74	Simple
52	5+338.68	25.00	57.87	Simple
53	5+459.68	30.00	42.56	Simple
54	5+687.92	15.00	45.82	Herradura
55	5+805.51	50.00	18.14	Simple
56	5+868.86	30.00	26.58	Simple
57	5+987.88	30.00	29.04	Simple
58	6+059.19	50.00	42.39	Simple
59	6+226.79	50.00	31.49	Simple
60	6+345.60	16.00	41.37	Herradura
61	6+421.29	100.00	13.12	Simple
62	6+530.81	50.00	16.59	Simple
63	6+681.58	50.00	44.76	Simple
64	6+782.80	50.00	19.83	Simple
65	6+933.73	15.00	45.30	Herradura
66	7+027.92	50.00	7.72	Simple
67	7+104.87	50.00	14.80	Simple
68	7+175.60	30.00	18.86	Simple
69	7+354.46	100.00	30.06	Simple
70	7+478.55	25.00	57.04	Simple
71	7+551.98	50.00	34.80	Simple
72	7+614.50	100.00	2.61	Simple
73	7+656.90	150.00	33.02	Simple
74	7+770.04	100.00	12.70	Simple
75	7+860.32	80.00	37.96	Simple
76	8+018.97	15.00	46.22	Herradura
77	8+139.34	25.00	50.26	Simple
78	8+259.39	50.00	53.88	Simple
N°	Prog. Inicio	Radio (m)	Desarrollo de curva (m)	Tipo de curva
79	8+328.72	15.00	42.05	Herradura
80	8+370.77	33.54	27.27	Simple
81	8+404.88	50.00	41.85	Simple

82	8+496.47	50.00	17.91	Simple
83	8+560.54	50.00	51.65	Simple
84	8+646.22	50.00	21.09	Simple
85	8+746.52	15.00	44.69	Herradura
86	8+863.07	50.00	8.56	Simple
87	8+932.78	30.00	41.96	Simple
88	9+031.08	25.00	51.97	Simple
89	9+189.65	150.00	44.78	Simple
90	9+544.70	50.00	16.78	Simple
91	9+689.35	50.00	15.90	Simple
92	9+788.08	80.00	15.02	Simple
93	9+865.54	50.00	29.72	Simple
94	10+002.38	250.00	63.68	Simple
95	10+156.40	50.00	29.59	Simple
96	10+231.08	50.00	29.60	Simple
97	10+295.24	25.00	17.74	Simple
98	10+356.53	15.00	45.29	Herradura
99	10+443.88	50.00	16.66	Simple
100	10+483.84	50.00	22.15	Simple
101	10+552.76	50.00	23.54	Simple
102	10+643.47	50.00	25.74	Simple
103	10+760.34	200.00	41.71	Simple
104	10+879.82	200.00	22.44	Simple
105	10+985.00	16.28	50.22	Herradura
106	11+106.32	200.00	21.48	Simple
107	11+225.54	70.00	19.04	Simple
108	11+327.62	50.00	34.31	Simple
109	11+427.75	100.00	22.68	Simple
110	11+526.33	50.00	60.89	Simple
111	11+654.38	25.00	66.07	Simple
112	11+874.49	50.00	52.67	Simple
113	12+056.96	100.00	48.25	Simple
114	12+247.34	25.00	70.91	Simple
115	12+357.95	50.00	20.81	Simple
116	12+486.35	50.00	3.94	Simple

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el diseño geométrico de este tramo con puro curvas horizontales simples, ya que la mayoría de este tramo cuenta con pendientes hasta el 12%, es decir que este tramo solo es ascendente y se procuró realizar el diseño lo más factible para el usuario.

Se podrá observar el detalle en el ANEXO 3 (alineamiento horizontal).

4.1.8. Alineamiento vertical

4.1.8.1. Longitud mínima de curvas verticales

La longitud mínima de las curvas verticales está dada por:

$$2 * T(m) \geq \left[Vp \left(\frac{km}{hora} \right) \right]$$

$$2 * T(m) \geq 30$$

Es decir, el desarrollo mínimo de la curva vertical será el correspondiente al mínimo al número de metros que representa la velocidad de proyecto de la carretera, expresada en km/h.

El criterio que se tomara para este proyecto; se tomara como punto crítico $2 * T(m) = 30$.

4.1.8.2. Pendientes mínimas

Es deseable proveer una pendiente longitudinal mínima del orden de 0.5% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales.

4.1.8.3. Pendientes máximas

Las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino son:

Cuadro 4.10: Pendiente máxima

Categoría	Velocidad de proyecto (km/hora)									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10 – 12	10 – 9	9	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Manual de la ABC

La pendiente máxima para el proyecto es de 12%.

4.1.8.4. Curvas verticales convexas y cóncavas

Cuadro 4.11: Parámetros mínimos en curvas verticales de visibilidad

Velocidad de proyecto Vp = (km/hora)	Curvas convexas Kv	Curvas cóncavas Kc
30	300	400
40	400	500
50	700	1000
60	1200	1400
70	1800	1900
80	3000	2600
90	4700	3400
100	6850	4200
110	9850	5200
120	14000	6300

Para curvas convexas se utiliza el parámetro de curva vertical Kv igual a 300, para curvas cóncavas Kc igual a 400.

4.1.9 Diseño altimétrico

CURVA VERTICAL

CURVA CONVEXA

Diferencia de pendientes (P) :

$$g_1 = 12.00 \quad P = 2.03$$

$$g_2 = 14.03 \quad \text{Se diseña la curva}$$

Calculo de la distancia de visibilidad para parar:

$$d_o = \frac{V * t}{3.6} + \frac{V^2}{254 * (f \pm i)}$$

$$V = 30 \quad \text{Km/hr}$$

$$t = 3 \quad \text{seg}$$

$$f = 2 \quad -$$

$$i = 0.12 \quad \text{m/m}$$

$$d_o = 26.671 \quad \text{m}$$

Calculo de la longitud minima:

$$\text{Altura de los faros del vehiculo (H1)} = 0.60 \quad \text{m}$$

$$\text{Angulo que forma el cono luminoso } (\alpha) = 1.00 \quad \text{m}$$

$d_o < L_{min}$

$$L_{min} = \frac{P * d_o^2}{2 * (H_1 + d_o * \tan \alpha)} \quad L_{min} = 6.776 \quad \text{No Cumple}$$

$d_o > L_{min}$

$$L_{min} = 2 * d_o - \frac{2 * (H_1 + d_o * \tan \alpha)}{P} \quad L_{min} = -51.638 \quad \text{Cumple}$$

Criterio N° 2

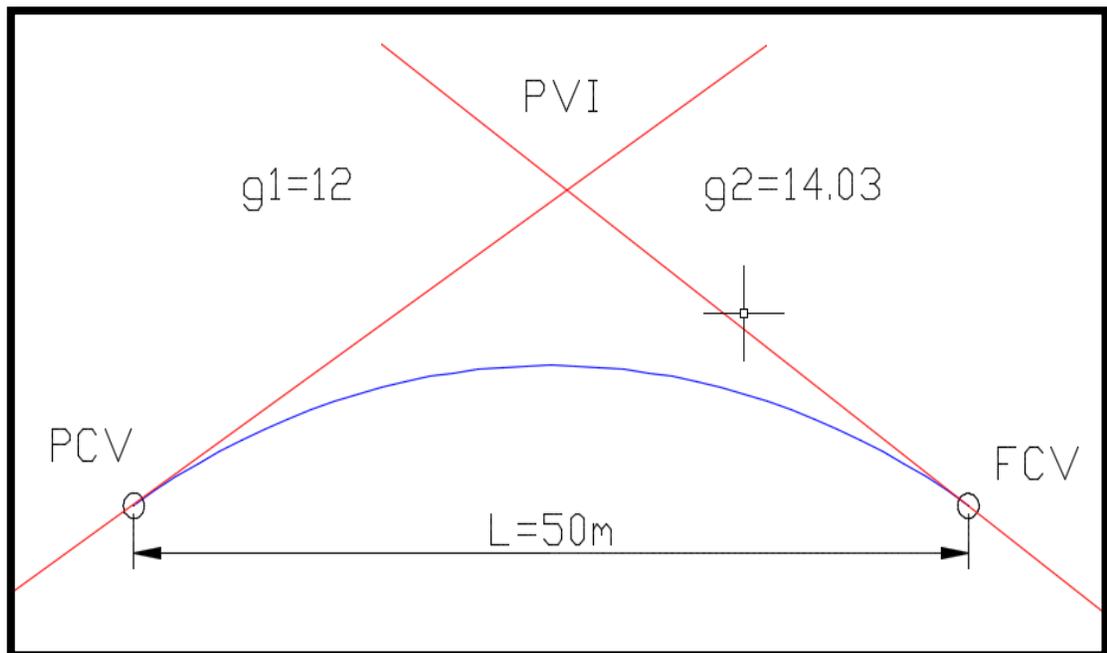
La longitud mínima de las curvas verticales está dada por:

$$2 * T(m) \geq [Vp \text{ (km/h)}]$$

$$2 * T(m) \geq 30 \text{ km/hora}$$

Es decir que el desarrollo de la curva vertical será el correspondiente al número de metro que representa la velocidad del proyecto de la carretera en km/hora.

Figura 19: Elementos de la curva convexa N° 1



Cuadro 4.12: Detalle de curvas verticales

Curva vertical	Progresiva	Elevación (m)	Pendiente de salida (%)	Longitud de curva (m)	Tipo de curva
1	0+845.84	2305.181	4.76%	80.000	Convexo
2	1+020.76	2316.373	4.76%	80.000	Cóncavo

3	1+636.19	2383.638	-1.02%	120.000	Convexo
4	2+550.14	2381.749	0.60%	80.000	Cóncavo
5	3+256.62	2385.318	-10.70%	80.000	Convexo
6	3+851.77	2326.150	0.06%	80.000	Cóncavo
7	4+285.81	2322.089	10.96%	80.000	cóncavo
8	4+753.48	2368.975	6.76%	80.000	Convexo
9	5+238.06	2403.393	6.26%	80.000	Convexo
10	5+825.51	2440.380	3.38%	80.000	Convexo
11	6+279.04	2456.844	8.91%	80.000	cóncavo
12	7+421.13	2556.369	11.03%	80.000	cóncavo
13	8+829.35	2710.796	1.29%	80.000	Convexo
14	9+234.06	2719.893	11.65%	80.000	cóncavo
15	10+488.96	2861.986	3.44%	80.000	Convexo
16	10+921.52	2880.156	10.84%	80.000	cóncavo
17	11+209.20	2911.337	6.76%	80.000	Convexo
18	12+060.78	2970.519	10.78%	80.000	cóncavo

Fuente: Elaboración propia

El detalle de el alineamiento vertical se detalla en el ANEXO 4 (alineamiento vertical).

4.1.10. Sección transversal

4.1.10.1. Ancho de plataforma

El ancho de los carriles de circulación proviene, generalmente de adicionar en ancho del vehículo tipo de proyecto adoptado o ancho de seguridad. Ese ancho de seguridad depende de la velocidad directriz, de la categoría del tramo de carretera y de que la calzada tenga uno o ambos sentidos de circulación.

Con la anterior premisa para proyecto la categoría de la vía es camino de desarrollo con una velocidad de proyecto de 30km/hora, entrando a la tabla 3.1-1 del manual de diseño geométrico de la A.B.C. se define el ancho total de la plataforma en 5.0m con dos carriles de 2.50m con bermas de 0.50m.

4.1.10.2 Pendiente transversal de la calzada

La pendiente transversal de la calzada se adopta según el siguiente cuadro.

Cuadro 4.13.: Bombeo de la calzada

Tipo de superficie	Pendiente transversal	
	$(I_{10}) \leq 15 \text{ mm/hora}$	$(I_{10}) \geq 15 \text{ mm/hora}$
Pav. de hormigón o asfalto	2	2.5
Tratamiento superficial	3	3.5
Tierra, grava, chancado	3 - 3.5	3.5 - 4

Fuente: Manual de la ABC

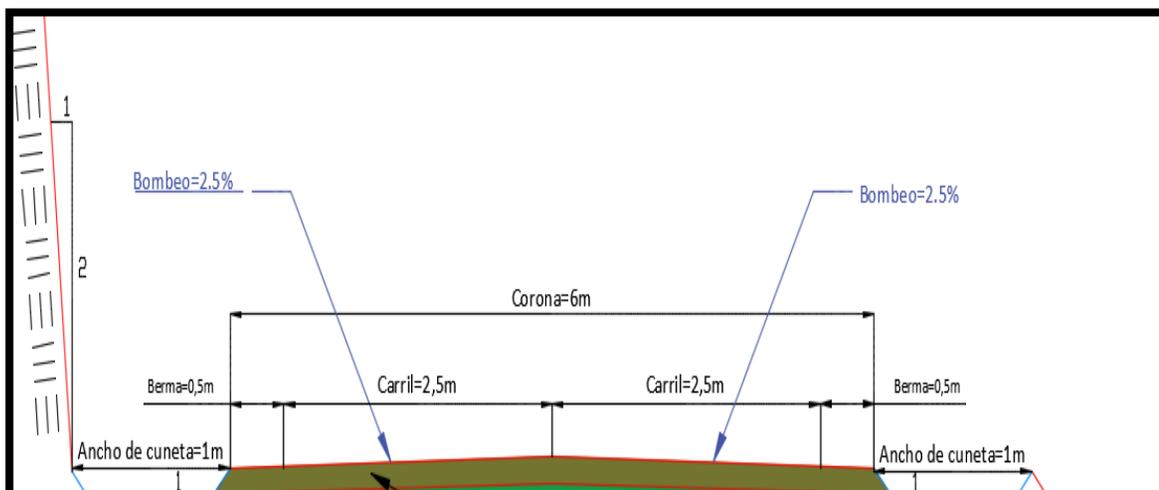
Para una intensidad máxima de periodo de retorno $T = 10$ años según el estudio hidrológico la pendiente transversal de la calzada es igual a $b = 2.50\%$

Cuadro 4.14: Parámetros de diseño de secciones transversales

Secciones transversales	
Ancho de calzada	5 m
Bombeos	2.5%
Bermas	0.5m
Sobre ancho	0.5m
Talud en corte	1:2
Talud en terraplén	1:4

Fuente: Manual de la ABC

Figura 20: Sección transversal



Ancho de cuneta=0.5m

Ancho de cuneta=0.5m

Fuente: Elaboración propia

4.2. Diseño de obras de drenaje

4.2.1. Diseño de cunetas

Esta sección fue diseñada observando las condiciones constructivas bajo las cuales será materializada la misma; en este caso se asume que las cunetas de corte serán construidas al mismo tiempo que el paquete estructural de pavimento, utilizando para este fin una motoniveladora. Por esta razón, la sección tipo adoptada para el diseño es de geometría triangular con taludes asimétricos 1: 1 y 1: 1.

Diseño de cunetas

Progresiva	Lados	
1 + 200 - 1 + 000	Izquierda	-

Datos:

$a = 3\text{m}$

Ancho de carril.

$C1 = 0.83$

Coefficiente de escorrentía de la calzada.

$C_2 = 0.30$	Coefficiente de escorrentía del terreno.
$I = 97.01\text{mm/hora}$	Intensidad de lluvia para un $T = 50$ años.
$n = 0.015$	Coefficiente de Manning cunetas revestidas.
$S = 0.1136\text{m/m}$	Pendiente del tramo.
$L = 25\text{m}$	Ancho de vía.

a) Cálculo del área de la calzada

$$A_1 = 3\text{m} \times 200\text{m} = 600 \text{ m}^2$$

b) Cálculo del área de terreno natural

$$A_2 = 25\text{m} \times 200\text{m} = 5000 \text{ m}^2$$

c) Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderada

$$C_{ponderado} = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_{Total}} = 0.363$$

d) Cálculo del caudal máximo

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal máximo (m^3/seg)

I = Intensidad máxima (mm/hora)

A = Área de calzada más terreno (km^2)

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

$$Q = 0.041 \text{ m}^3/\text{seg}$$

e) Cálculo de la sección de la cuneta

$$Qd = \frac{1}{n} * \left(\frac{A}{P}\right)^{\frac{2}{3}} * A * S^{0.5}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (m³/seg)

A = Área de la sección (m²)

P = Perímetro de la sección (m)

S = Pendiente del canal (m/m)

$$0.228 = \frac{1}{0.015} \left(\frac{1 * Yn^2}{2 * Yn\sqrt{1 + 1^2}} \right)^{2/3} * (1 * Yn)^2 * 0.0059^{0.5}$$

Por lo tanto:

$$T = 2 * Z * Yn$$

$$Yn = 0.2014\text{m.}$$

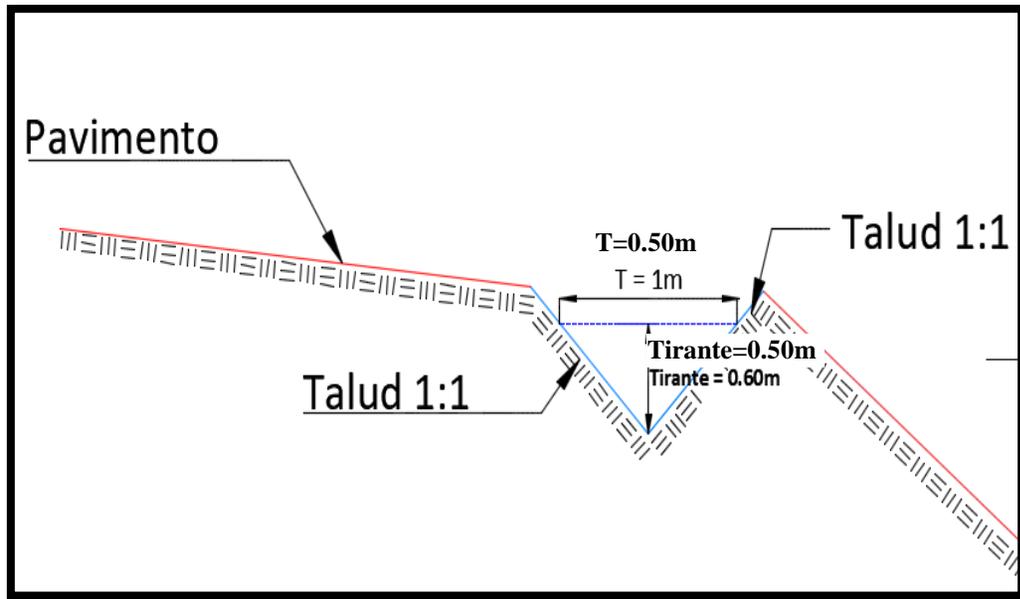
$$T = 0.4029\text{m.}$$

Asumiendo un borde libre de 10cm.

$$Yn = 0.3014\text{m} = 0.5\text{m (asumiendo un valor constructivo)}$$

$$T = 0.5\text{m (asumiendo un valor constructivo)}$$

Figura 21: Perfil de cuneta



Fuente: Elaboración propia

Obteniendo así una longitud total de cunetas de: 15424.58m.

El cálculo de cunetas se muestra en ANEXO 10 (diseño de cunetas).

4.2.2. Alcantarillas de alivio

Las alcantarillas de alivio se las ubicara a una profundidad de 1.5 metros en función de la cota rasante de la carretera.

Para el cálculo de las áreas de aporte se tomó un derecho de vía de 25 metros. El cálculo de áreas de aporte para las alcantarillas de alivio se representa como:

Progresiva 2 + 251.00:

Para diseñar la alcantarilla se utilizará la ecuación de Maning.

$$\theta = 2 \arccos \left(\frac{D - 2Y}{D} \right)$$

$$A = \frac{D^2}{8} * (\theta \text{ rad} - \text{sen } \theta)$$

$$P = \frac{D * \theta \text{ rad}}{2}$$

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2} \right)^{1/3} * S^{1/2}$$

Donde:

Q = 0.048 m³/seg Caudal de diseño (m³/seg)

S = 0.02 m/m Pendiente de la alcantarilla (m/m)

Y = 0.6*D Tirante (m)

n = 0.01 Coeficiente de rugosidad

A = Área mojada

P = Perímetro mojado

Entonces, sustituyendo valores en la ecuación e iterando se obtiene:

$$D = 0.5 \text{ m}$$

Por lo tanto, el diámetro de la alcantarilla de alivio por razones constructivas y diámetro comercial, será de 0.60 metros, tubo de chapa ARMCO.

Cuadro 4.15: Resumen de alcantarillas de alivio

Nro	Progresiva	Q (m3/seg)	So (m/m)	D (m)	Long. (m)
1	0 + 240.00	0.124	0.02	0.60	10.40
2	0 + 840.00	0.141	0.02	0.60	8.90
3	1 + 520.00	0.048	0.02	0.60	8.90
4	2 + 020.00	0.056	0.02	0.60	9.10
5	2 + 680.00	0.079	0.02	0.60	8.90
6	2 + 251.00	0.048	0.02	0.60	10.80
8	6 + 375.00	0.073	0.02	0.60	8.90
9	7 + 500.00	0.048	0.02	0.60	9.40
10	7 + 733.00	0.088	0.02	0.60	9.40
12	8 + 480.00	0.075	0.02	0.60	8.90
Nro	Progresiva	Q	So	D	Long.

		(m3/seg)	(m/m)	(m)	(m)
13	9 + 000.00	0.079	0.02	0.60	9.90
14	9 + 380.00	0.035	0.02	0.60	9.40
15	9 + 680.00	0.035	0.02	0.60	10.40
16	11 + 000.00	0.116	0.02	0.60	8.90

Fuente: Elaboración propia

El detalle de alcantarillas de alivio se encuentra en el ANEXO 11

4.2.3. Diseño de alcantarilla de cruce

Estos alcantarillados se las ubico estratégicamente en los puntos bajos donde cumpla la función de evacuar las aguas provenientes de las quebradas como también de algunas vertientes que se forman en épocas de lluvias.

Se ubicará las alcantarillas de cruce a la profundidad del lecho de las quebradas en las que se encuentre la cual se encuentra detallada en ANEXO DE ALCANTARILLAS DE CRUCE.

CALCULO DE CAUDALES PARA LA ALCANTARILLA PROG: 2 + 440.00

Conocida la precipitación máxima diaria para un un cierto Periodo de Retorno T = 50 años, se usara la FORMULA DE GRUNSKY, tal y como indica la norma de la A.B.C., dada la expresion:

$$i_{24} = \frac{P_d}{24} \text{ (mm/hr)}$$

$$i_{diseño} = i_{24} * \sqrt{\frac{24}{t}} \text{ (mm/}$$

Donde:

$i_{diseño}$ = es la intensidad en una duración cualquiera "t"

i_{24} = es la intensidad media en 24 horas

t = duración en horas

P_d = Precipitación diaria

$$i_{24} = 4.17 \text{ mm/Hra} \quad i_{diseño} = 47.61 \text{ mm/Hra}$$

PARAMETROS DE LA CUENCA:

A: Area de la cuenca en Km2	0.210	km2
L: Longitud del rio principal km.	0.422	km
J: Pendiente media del rio principal m/m	0.442	m/m
H: Desnivel maximo, se expresa en m	186.469	m/m
C: coeficiente de escorrentia	0.6	Adoptado
Cota mas alto del rio principal	2469.218	m.s.n.m.
Cota mas baja del rio principal	2282.749	m.s.n.m.

Calculo del Tiempo de Concentracion:

Kirpich

$$T_c = 0.0195 \left(\frac{L^2}{H} \right)^{0.385}$$

Tc = 0.00981 Hrs

Pasini

$$T_c = 0.023 \left(\frac{A * L}{S} \right)^{0.5}$$

Tc = 0.000502 Hrs

Temez

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{1/4}} \right)^{0.76}$$

Tc = 0.1819 Hrs

California

$$T_c = 0.066 \left(\frac{L}{J^{1/2}} \right)^{0.77}$$

Tc = 0.0465 Hrs

Ventura Herbas

$$T_c = 0.5 \left(\frac{A}{J} \right)^{0.5}$$

Tc = 0.3449 Hrs

Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3 * J * L}$$

Tc = 0.523 Hrs

Tiempo de Concentracion Promedio = 0.184 Hrs

CALCULO DEL DISEÑO PARA LA ALCANTARILLA

El Metodo Racional Modificado es utilizable en pequeñas cuencas, menores de 25 km². supone que el escurrimiento maximo proveniente de una tormenta es proporcional a la lluvia caída.

$$Q = CU * \frac{C * I * A}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal punta correspondiente a un determinado periodo de retorno (m³/s).

I = Intensidad maxima media de precipitacion, correspondiente al periodo de retorno considerado y aun intervalo igual al tiempo de concentracion (mm/h)

A = Superficie de la cuenca (km²)

C = Coeficiente de escorrentia

CU = Coeficiente de Uniformidad

El coeficiente de uniformidad "CU" toma en cuenta la falta de uniformidad en la precipitacion y su formula

$$CU = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{t_c^{1.25} + 14}$$

CU = 1.009
Q = 1.682 m³/s

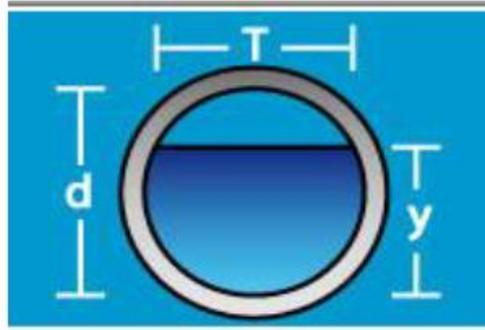
ALCANTARILLA DE CHAPA METALICA SECCION CIRCULAR

Formula de Manning

$$Q = \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

Q = 1.6818 m3/seg
n = 0.022 adim.
S = 2 %
R = Radio Hidraulico
A = Area Hidraulico
bl = 0.4 D



Por lo tanto iterando obtenemos el valor del diametro de la alcantarilla:

$$D = 1 \text{ m}$$

En el siguiente cuadro se muestra el detalle de las alcantarillas de cruce.

Cuadro 4.16: Resumen de alcantarillas de cruce

Alcantarilla de cruce	Progresiva	Pendiente (%)	C (adim.)	tc (hrs)	I (mm/hrs)	A (km2)	Q max (m3/seg)	Diámetro obtenido (m)	Pend. de alcan. (%)
Alcantarilla 1	2 + 440.00	0.44	0.60	0.18	47.61	0.21	1.68	1.00	2.00
Alcantarilla 2	3 + 060.00	0.35	0.60	0.23	42.71	0.31	2.23	1.00	2.00
Alcantarilla 3	4 + 396.00	0.37	0.60	0.19	47.09	0.13	1.03	1.00	2.00
Alcantarilla 4	4 + 955.00	0.43	0.60	0.19	46.68	0.25	2.00	1.00	2.00
Alcantarilla 5	5 + 365.00	0.40	0.60	0.17	49.88	0.19	0.73	1.00	2.00
Alcantarilla 6	6 + 040.00	0.48	0.60	0.16	50.38	0.06	1.58	1.00	2.00
Alcantarilla 7	6 + 755.00	0.18	0.60	0.39	32.62	0.07	0.32	1.00	2.00
Alcantarilla 8	7 + 247.00	0.74	0.60	0.13	57.28	0.20	0.67	1.00	2.00
Alcantarilla 9	8 + 240.00	0.30	0.60	0.23	42.89	0.20	1.47	1.00	2.00
Alcantarilla 10	9 + 850.00	0.31	0.60	0.22	43.77	0.17	1.26	1.00	2.00
Alcantarilla 11	10 + 170.00	0.45	0.60	0.14	53.82	0.08	0.74	1.00	2.00
Alcantarilla 12	10 + 620.00	0.45	0.60	0.14	53.82	0.08	0.74	1.00	2.00
Alcantarilla 13	11 + 560.00	0.11	0.60	0.53	58.42	0.02	0.11	1.00	2.00
Alcantarilla 14	11 + 901.00	0.11	0.60	0.53	27.99	0.02	0.11	1.00	2.00

Fuente: Elaboración propia

4.3. Volúmenes de movimiento de tierra

Obtenidos a partir del trazado de la subrasante, nos indica la cantidad de volumen de corte y relleno que tendrá el proyecto. Estos valores se muestran detallados en el ANEXO 5 que corresponde al movimiento de tierras, y que nos ayudan a determinar la curva masa.

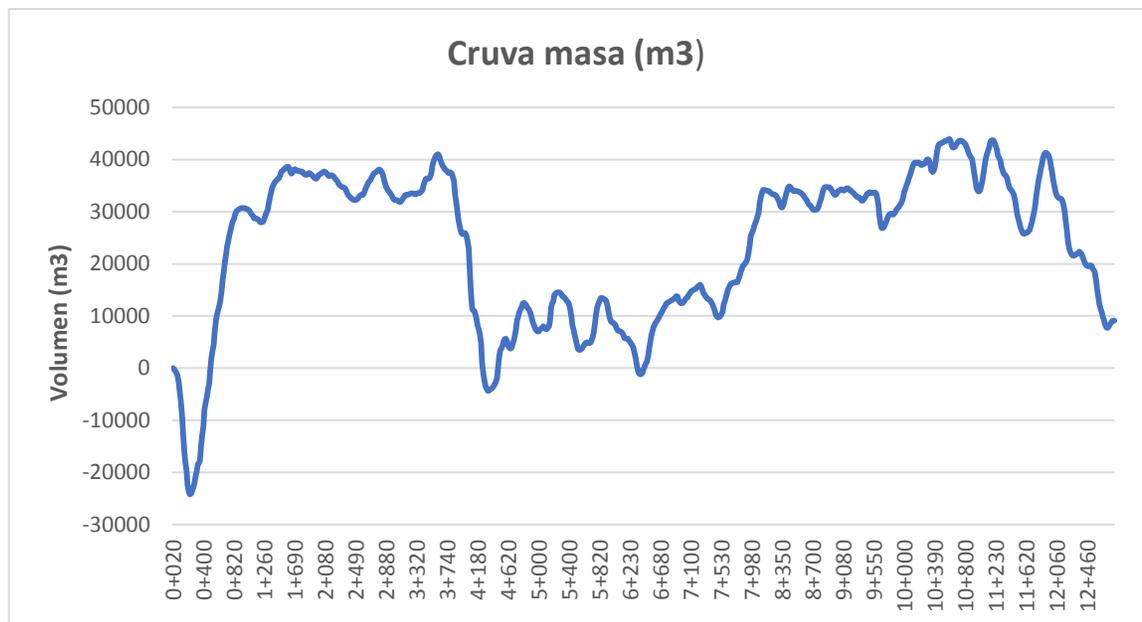
Cuadro 4.17: Volumen de movimiento de tierra

Volúmenes totales de movimiento de tierras		
Volumen total de relleno	228364.85	m ³
Volumen total de corte	237499.08	m ³
Sobre acarreo	9134.22	m ³

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar se presenta volúmenes de corte y relleno a lo largo del tramo carretero, esto es debido para no transportar el suelo excedente a tramos largos economizando el presupuesto de la obra.

Figura 22: Diagrama de curva masa



Fuente: Elaboración propia

El detalle de volúmenes se encuentra en el ANEXO 5 (Volúmenes de corte y relleno).

4.4. Estabilidad de taludes

La estabilidad de taludes se la determinó utilizando el programa GEO SLOPE STABILITY tomando los datos de tablas de cohesión, ángulo de fricción interna y peso específico de los suelos que se encuentran a lo largo de todo el tramo donde se construirá la carretera.

Los resultados obtenidos por el programa se muestran a continuación:

Cuadro 4.18: Análisis de taludes

Progresiva	Tipo de suelo	Peso específico (KN/m3)	Cohesión (KN/m2)	Angulo de fricción	Factor de seguridad
0+360	Roca extrusiva, básica	28	100	42	1.966
1+320	Roca intrusiva, básica intermedia	26	80	40	3.476
1+640	Roca extrusiva, básica	28	100	42	4.42
4+520 - 4+800	Roca metamórfica	27	70	40	2.001
7+440 - 7+600	Roca metamórfica	27	70	40	1.563
7+920 - 8+120	Roca metamórfica	27	70	40	1.521
8+680 - 8+880	Roca metamórfica	27	70	40	1.79

Fuente: Elaboración propia

En la sección de anexos se pueden observar las imágenes del programa realizando la estabilidad de taludes. El detalle se encuentra en el ANEXO 7.

4.5. Diseño del paquete estructural de la carretera

4.5.1. Modulo resiliente

la propiedad que se usa para caracterizar la subrasante es el módulo resiliente "M_r". Este valor es una medida de la elasticidad del suelo reconociendo características no lineales.

El módulo resiliente puede ser utilizado directamente para el diseño de pavimentos flexibles.

El método utilizado para caracterizar la subrasante es el método de valor soporte california C.B.R. ya que equipo necesario para utilizar el M_r es costoso y no disponible.

La AASHTO proporciona la siguiente ecuación para correlacionar valores de C.B.R. menores o iguales a 10% y para materiales de grano fino y empapado.

$$M_r = 1500 * CBR$$

M_r en psi y C.B.R. en %, para suelos finos con C.B.R. menor al 10%.

De acuerdo a la experiencia en Latinoamérica, las ecuaciones que se presentan a continuación son las más utilizadas y las que han sido aplicadas en el presente diseño:

$$M_r = 17.600 * CBR^{0.640}$$

M_r en MPa y C.B.R. en %, para suelos finos con C.B.R. menor a 12%.

$$M_r = 22.100 * CBR^{0.550}$$

M_r en MPa y C.B.R. en %, para suelos granulares $12\% < C.B.R. < 80\%$.

4.5.2. C.B.R. de diseño

El C.B.R. de diseño se consiguió de los datos obtenidos del estudio de suelos, se utilizaron los valores de C.B.R. al 95% del proctor modificado AASHTO T – 180.

Los valores obtenidos para la carretera en estudio son:

Cuadro 4.19: Valores de soporte de la subrasante

Tramo	C.B.R. %	M_r (Psi)	M_r (Mpa)
Trancas - Huacata	8%	12000	69357.2343

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. Materiales de construcción

El pavimento flexible consiste de una subrasante preparada, sub base, base y una superficie bituminosa.

Sub base; es la porción del pavimento entre la base y la subrasante. Consiste de material granular. Las especificaciones, granulométrica de los materiales se ven en la especificación M147 de la AASHTO con C.B.R. mayor o igual a 30%.

Base; la base es la capa inmediatamente debajo de la superficie. Construida encima de la sub base. Consiste de agregado de piedra triturada, las especificaciones para la capa base son más estrictas que las de sub base. Las especificaciones, granulométricas de los materiales se ven en la especificación M147 de la AASHTO con C.B.R. mayor o igual a 80%.

Bajo estas primicias se calculó y definen los módulos de resiliencia de las capas del pavimento flexible como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.20: Modulo de resiliencia de las capas del pavimento flexible

Capa	C.B.R.	M _r (psi)	M _r (Mpa)
Base granular triturada	80%	35,692.71	246.089
Sub base granular	30%	20,811.18	143.486

Fuente: Elaboración propia

4.5.4. Periodo de diseño

El periodo de diseño definido para un pavimento flexible con mantenimiento es de 20 años.

4.5.5. Índice de serviciabilidad

La serviciabilidad de un pavimento está definido como la habilidad de servir tráfico de alto volumen y alta velocidad. Se mide por medio del índice de serviciabilidad actual "psi", que es una escala que va desde el 5 (camino perfecto) hasta 0 (camino imposible).

No se toma en cuenta la pérdida de serviciabilidad por el hinchamiento debido a que se planta la remoción del suelo expansivo.

4.5.5.1. Serviciabilidad inicial

Se llama serviciabilidad inicial "Po" al valor del Psi que tendrá un pavimento inmediatamente luego de la construcción. En la mayoría de los casos la serviciabilidad inicial debe ser mayor a 4, según la AASHTO tenemos:

Pavimento flexible: $Po = 4.200$

4.5.5.2. Serviciabilidad final

La serviciabilidad final "Pt" es el valor del Psi mínimo tolerable de un pavimento. Cuando la serviciabilidad de un pavimento alcanza a este valor, se requiere rehabilitación. Para volúmenes bajos de tránsito de AASHTO recomienda un valor de:

Pavimento flexible: $Pt = 2.500$

Se ha tomado una serviciabilidad inicial de 4.200 y serviciabilidad final de proyecto de 2.500, con una diferencia entre ambos de $\Delta\Psi = 1.700$, conforme recomienda la guía de la AASHTO.

4.5.6. Número total de ejes simples y equivalentes

Según el estudio de tráfico se tiene un total de ejes equivalentes de $W18 = 83,435.856$ ESALs.

4.5.7. Confiabilidad

La confiabilidad de un proceso de diseño de un pavimento es la probabilidad de que una sección diseñada con ese proceso rendirá satisfactoria con las condiciones de tráfico y ambientales para el periodo de diseño.

Los parámetros que miden esa confiabilidad son dos:

Nivel de confiabilidad

Desviación estándar

4.5.7.1. Nivel de confiabilidad

El nivel de confiabilidad es la probabilidad en porcentaje de que la estructura dure el periodo de diseño. Esta probabilidad es extraída de una curva de distribución normal. La selección de este parámetro depende del uso e importancia del pavimento. Un nivel de confiabilidad alto implica mayores costos iniciales, pero menores costos de mantenimiento. Según recomendaciones de AASHTO, para una carretera rural el rango es de 75% – 95%, se adoptará un valor un valor de:

$$r = 80\%$$

La desviación normal estándar para el grado de confiabilidad r elegido es:

$$Z_r = -0.841$$

4.5.7.2. Desviación estándar

La desviación estándar es una medición de los errores o variabilidad de los datos introducido, propiedades de los materiales, trafico, propiedades de la subrasante, condiciones climáticas y calidad de construcción. En la ausencia de valores locales, AASHTO recomienda los siguientes valores:

$$\text{Pavimentos flexibles: } S_o = 0.440$$

4.5.8. Coeficientes estructurales de las capas

El coeficiente estructural de una capa representa la relación empírica entre el número estructural SN y el espesor de dicha capa, siendo una medida de la capacidad relativa del material para actuar como componente estructural de pavimento dado.

El método AASHTO (guía de diseño de pavimentos AASHTO – 93) presenta las siguientes fórmulas para obtener el valor del coeficiente estructural.

Carpeta asfáltica:

$$a_1 = 0.400 * \log \frac{E_{CA}}{435} + 0.440$$

$$0.200 \leq a_1 \leq 0.440$$

Donde:

Módulo de elasticidad del asfalto a 68°F (20°C) $E_{CA} = 435$ ksi

Coefficiente estructural carpeta asfáltica $a_1 = 0.440$

Bases granulares:

$$a_2 = 0.250 * \log \frac{E_B}{23} + 0.110$$

$$0.060 \leq a_2 \leq 0.200$$

Donde:

Módulo resiliente de la base granular $E_B = 36$ ksi

Coefficiente estructural base granular $a_2 = 0.160$

Sub base granulares

$$a_3 = 0.230 * \log \frac{E_{SB}}{23} + 0.150$$

$$0.060 \leq a_3 \leq 0.200$$

Donde:

Módulo resiliente de la suba base granular $E_{SB} = 21$ ksi

Coefficiente estructural suba base granular $a_2 = 0.140$

4.5.9. Coeficiente de drenaje

El método AASHTO propone la utilización de los coeficientes modificados para las capas de pavimento, en función de las características de drenaje de los materiales. Para eso, la calidad del drenaje es definida en función del tiempo exigido para la remoción del agua del pavimento.

Se considera los coeficientes de drenaje en función del material empleado y de la posición de la capa en la estructura. Además, de eso, en las tablas indicadas de la guía de la AASHTO que la calidad de drenaje será regular, es decir, el tiempo de remoción del agua del pavimento será de cerca de una semana, y el porcentaje de tiempo a que el pavimento estará sujeto a condiciones de humedad próxima de la saturación será de 5% y 25%.

Resulta que para capa base, sub base y refuerzo, se adoptó coeficiente igual a:

$$m_1 = 0.950$$

$$m_2 = 0.950$$

Cuadro 4.21: Calidad de drenaje en función al tiempo en que alcanza 85% de saturación

Calidad del drenaje	85% de saturación alcanzado en:
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	Agua no drena

Fuente: Diseño de pavimentos (AASHTO – 93) del IBCH

Cuadro 4.22: Coeficiente de drenaje en relación al porcentaje de tiempo que el pavimento está sometido a niveles de saturación y la calidad de drenaje

Calidad de drenaje	Porcentaje del tiempo al cual está expuesta la estructura del pavimento a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menor del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mayor del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: Diseño de pavimentos (AASTHO – 93) del IBCH

4.5.10. Número estructural

Con los parámetros y valores determinados posteriormente se determina el número estructural.

$$\log W_{18} = Z_R * S_o + 9.36 * \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left\{ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right\}}{\frac{0.40 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log M_R - 8.07$$

Entonces los datos obtenidos se mostrarán en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.23: Datos obtenidos para el diseño el paquete estructural

Numero de ejes equivalentes	$W_{18} =$	83,442.864 ESALs
Serviciabilidad inicial	$P_o =$	4.2
Serviciabilidad final	$P_f =$	2.5
Diferencia de seviciabilidad	$\Delta psi =$	1.7
Nivel de confianza	$R =$	80
Desviación normal	$Z_r =$	-0.841
Desviación estándar	$S_o =$	0.44
Modulo resiliente de la subrasante	$M_r =$	12000 Psi
Numero estructural	$SN =$	48.997mm

Fuente: Elaboración propia

4.5.11. Determinación de espesores de las capas del pavimento flexible

Los espesores de la capa del pavimento flexible serán definidos criterios constructivos para la carpeta asfáltica y capa base según los valores mínimos establecidos por la guía de diseño AASHTO y el espesor de la capa sub base determinado resolviendo la siguiente ecuación:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_1 + a_3D_3m_2$$

Donde:

SN = 48.997mm	Número estructural necesario
$a_1 = 0.440$	Coefficiente estructural carpeta asfáltica
$a_2 = 1.60$	Coefficiente estructural capa base
$a_3 = 0.140$	Coefficiente estructural capa sub base
$m_1 = 0.950$	Coefficiente de drenaje capa base
$m_2 = 0.950$	Coefficiente de drenaje capa sub base
D_1	Espesor de la carpeta asfáltica
D_2	Espesor de la capa base
D_3	Espesor de la capa sub base

Los valores mínimos de la carpeta asfáltica y base granular se definen en base al siguiente cuadro.

Cuadro 4.24: Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular

Número de ESALs	Concreto asfáltico	Base granular
Menos de 50.000	2.50cm	10.00cm
50.000 - 150.000	5.00cm	10.00cm
150.000 - 500.000	6.50cm	10.00cm
500.000 - 2.000.000	7.50cm	15.00cm
2.000.000 - 7.000.000	9.00cm	15.00cm
Más de 7.000.000	10.00cm	15.00cm

Fuente: Diseño de pavimentos (AASHTO – 93) del IBCH

Se tiene 83,435.856 ESALs, lo que corresponde a un espesor de carpeta asfáltica de 5cm y base granular de 10cm.

Resolviendo la ecuación se tiene un espesor de sub base igual a:

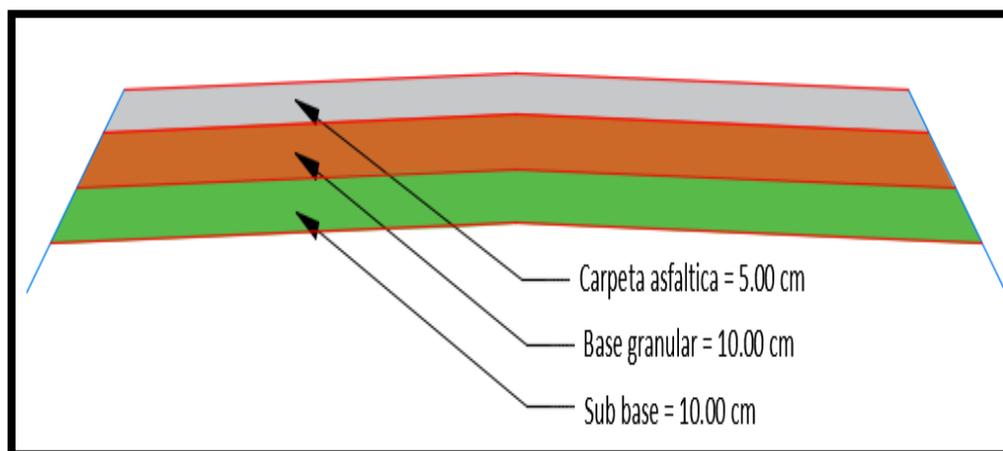
$D_3 = 93.987\text{mm}$; constructivamente se adopta $D_3 = 100\text{mm}$

Cuadro 4.25: Espesores de pavimento flexible

Periodo de diseño	Capa	Trancas - Huacata
2021 - 2041 (n = 20 años)	Carpeta asfáltica	5.00cm
	Base granular	10.00cm
	Sub base	10.00cm

Fuente: Elaboración propia

Figura 23: Espesores del pavimento flexible



Fuente: Elaboración propia

El diseño del paquete estructural se encuentra en el ANEXO 9

Tratamiento superficial doble

Son dos riegos alternados y uniformemente distribuidos de ligante bituminoso y árido sobre una superficie acondicionado previamente. El tamaño medio del árido de cada distribución sucesiva es la mitad o menos del tamaño medio de capa precedente.

Este tipo tratamientos son económicos, fáciles de construir y de larga duración. Pueden efectuarse sobre pavimentos asfálticos o sobre una base estabilizada. El agregado pétreo para cada aplicación debe ser granulométricamente lo más uniforme posible y el tamaño máximo de cada aplicación sucesiva debe estar en proporción 2:1 respectivamente.

Tanto el tratamiento superficial simple como el doble constituyen superficies de rodado y capas impermeables.

Según los ábacos, los espesores para un tratamiento superficial doble serán los siguientes:

Cuadro 4.26: Espesores tratamiento superficial doble

Periodo de diseño	Capa	Trancas - Huacata
2021 - 2041 (n = 20 años)	Rodadura	3.00cm
	Base granular	10.00cm
	Sub base	10.00cm

Fuente: Elaboración propia

4.6. Costos del diseño de ingeniería

4.6.1. Cómputos métricos

El detalle de cómputos métricos se presenta en el ANEXO 8.

El siguiente cuadro se muestra el resumen de cómputos métricos de manera resumida.

4.6.2. Análisis de precios unitarios

El análisis de precios unitarios para los diferentes ítems de construcción que se definieron en el presente proyecto, se desarrolla teniendo en cuenta tres componentes específicos: mano de obra, equipo y herramienta y materiales (costos directos). Para cada componente se consideraron los gastos generales, utilidades e impuestos (costos indirectos), donde cada uno de estos rubros es analizado en forma particular.

Cuadro 4.26: Incidencias

Incidencias	Porcentaje
Cargas sociales	70.00%
IVA	14.94%
Gastos generales	10.00%
Herramientas menores	5.00%
Utilidad	10.00%
IT	3.09%

Fuente: Elaboración propia

Los detalles del análisis de precios unitarios de todos los ítems del proyecto se presentan en el ANEXO 13.

4.6.3. Presupuesto general

El presupuesto de infraestructura con carpeta asfáltica se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 4.28: Presupuesto general del camino Trancas - Huacata

No	MODULO/ITEM	Unidad	Cantidad	Unit. (Bs)	Parcial (bs)
MODULO 1: OBRAS PRELIMINARES					90720.87
1	Instalaciones de Faenas c/campamento	glp	1.00	9355.42	9355.42
2	Movilización y Deslizamiento de Equipo	glp	1.00	38563.6	38563.56
3	Replanteo Topográfico Vial	Km	13.00	2435.51	31661.63
4	Provisión y colocación de letrero de obras	ml	1.00	1091.24	1091.24
5	Remoción de cercos (postes c/alambre de púas)	ml	718.30	13.99	10049.02
MODULO 2 - MOVIMIENTO DE TIERRAS Y ROCA					12206816.96
3	Terraplén compactado	m3	228,364.85	13.6	3105761.96
4	Excavación común con maquinaria	m3	237,499.08	38.2	9072464.86
	Sobre acarreo	m3	9,134.23	3.13	28590.14
MODULO 3 - PAVIMENTO - PAQUETE ESTRUCTURAL					2307710.40
1	Conformación Capa Sub Base, Clasif, Estabil, Granolum.	m3	7,655.75	105.92	810896.83
2	Conformación Capa Base Triturada Clasificada	m3	7,655.75	130.89	1002060.86
3	Imprimación Bituminosa	m2	76,557.48	6.07	464703.90
4	Capa Sellado asfáltico	m3	3,189.90	9.42	30048.81
MODULO 4: OBRAS DE DRENAJE					1221449.29
1	Replanteo de estructuras	m2	1,016.40	2.92	2967.89
2	Provisión y colocado de tubería armco d=0.60m	ml	132.20	3835.97	507115.23
3	Provisión y colocado de tubería armco d=1.00m	ml	111.60	5083.36	567302.98
4	Excavación común con maquinaria	m3	647.70	8.34	5401.82
5	Hormigón Ciclópeo (1:2:3 50% P.D.)	m3	156.20	156.20	24397.19
6	Relleno y Compactado c/saltarín	m3	534.09	70.65	37733.59
7	Revestimiento de Cunetas	m3	616.98	124.04	76530.60
MODULO 5: SEÑALIZACION					884596.58
1	Demarcación del Pavimento Vertical	ml	52,660.00	4.87	256454.20
2	Pintado de Símbolos en el Pavimento - Horizontal	pza	96.00	98.66	9471.36
3	Señaliza con Reflectiva ambos sentidos (ojos de gato)	pza	6,501.00	84.03	546279.03
4	Postes Delineadores - Terraplén	pza	94.00	201.21	18913.74
5	Señalización Reglamentaria - Vertical	pza	61.00	441.46	26929.06
6	Señalización Preventiva - Vertical	pza	51.00	454.57	23183.07
7	Señalización Informativa Vertical	pza	4.00	841.53	3366.12
MODULO 6: LIMPIEZA GENERAL Y ENTREGA DE OBRA					52423.93
1	Reposición de Cercos (postes, c/alambre de púas)	ml	718.30	53.02	38084.27
2	Limpieza general de la Obra	glb	1.00	13306.1	13306.11
3	Entrega de Placa	glp	1.00	1033.55	1033.55
T O T A L					16763718.02

Fuente: Elaboración propia

Los detalles del presupuesto general del proyecto se presentan en el ANEXO 14.

4.6.4. Análisis técnico económico de la alternativa

No existe un sistema de pavimentación único, los dos sistemas tienen virtudes considerables que pueden ser bien aprovechables, cada proyecto debe ser analizado a conciencia para determinar cuál es la mejor opción para cada caso, haciendo un análisis cuidadoso y a conciencia de todos los factores que intervienen en el proyecto.

Se debe tomar en cuenta las condiciones del entorno, el proyecto geométrico, los estudios de ingeniería de tránsito, geotécnicos, de drenaje y la disponibilidad de materiales y equipo de construcción.

El pavimento flexible tiene un costo de 16,763,718.02 de bolivianos, pero este tipo de pavimento ofrece mejores condiciones de seguridad y confort para el libre tránsito de vehículos, como su fácil colocación en obra. Además, su nivel de inversión inicial la hace la opción más favorable, a la hora de decidir el tipo de pavimento.

En base a todo lo expuesto anteriormente el pavimento elegido para el presente proyecto de aplicación práctica será el pavimento flexible.

4.7. Señalización

La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada a fin de que esta pueda llevarse a cabo de forma segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental para alcanzar tales objetivos.

4.7.1. Señalización horizontal

4.7.1.1. Demarcación horizontal

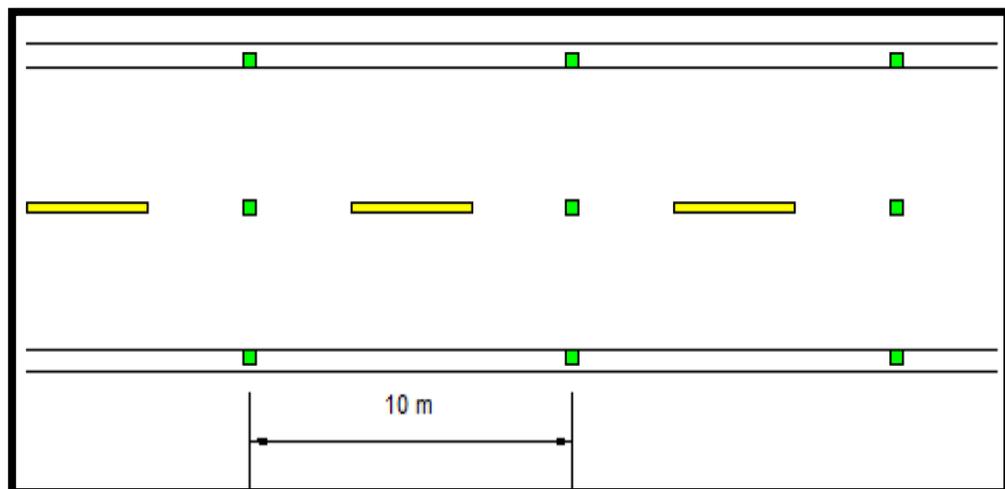
La demarcación está constituida por las líneas, símbolos y letras que se pintan sobre el pavimento, bordes y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos.

4.7.1.2. Marcas incrustadas en el pavimento (ojos de gato)

Este tipo de marca puede ser usado para guiar al tránsito hacia el carril adecuado complementando otras marcas, o en algunos casos como un sustituto de otros tipos de marcas. El color de las mismas debe regirse por el color de las marcas a las cuales ellas complementan o sustituyen.

Las marcas reflectivas tipo capta luz (ojo de gato o violeta) son las preferidas, principalmente en lugares donde las condiciones adversas del clima dificultan la visibilidad. Las marcas no reflectivas no deberían usarse solas como un sustituto de otros tipos de marcas, deberían usarse con otras reflectivas.

Figura 24: Marcas incrustadas en el pavimento (ojos de gato)



Fuente: Elaboración propia

4.7.2. Señalización vertical

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito instalados a nivel del camino o sobre él, destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones, mediante palabras o símbolos, sobre la reglamentación de tránsito vigente, o para advertir sobre la existencia de algún peligro en la vía y su entorno o para guiar o informar sobre rutas, nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés y servicios.

Las señales verticales deberían usarse solamente donde se justifiquen según un análisis de necesidades y estudios de campo.

El tamaño de las señales verticales son las indicadas en el cuadro adjunto, como se indica en dimensiones de las señales verticales en el manual actualizado de la ABC. y también hay que seguir todas las especificaciones de dicho manual en cuanto a color, materiales y todos los detalles componentes de cada señal.

Cuadro 4.29: Dimensiones de las señales verticales

Dimensiones de las señales verticales	
Tipo de señal	Dimensiones (cm)
Preventivas	Cuadrado 75cm x 75cm
Preventivas SP - 40	Rectángulo de 120cm x 40cm
Reglamentarias	Circulo de 75cm de diámetro
Reglamentaria SR - 01	Octágono con altura de 75cm.
Reglamentaria SR - 02	Triángulo equilátero 90cm de lado
Informativas de Servicio	Rectángulo de 60cm x 75cm

Fuente: Manual de la ABC

Las señales se colocarán fuera de los carriles por donde circula el tránsito al lado derecho, teniendo en cuenta el sentido de circulación de tránsito en forma tal que el plano frontal de la señal y el eje de la vía formen un ángulo comprendido entre 85 y 90 grados para que su visibilidad sea óptima al usuario

La ubicación lateral de la señal vertical corresponde a distancias de 1.2m en las bermas y en los cortes a una distancia de 2.5m. o por detrás de la cuneta revestida.

La altura de la señal desde su extremo inferior hasta la cota del borde del pavimento no será menor a 1.8m. esta distancia no será mayor a 3.6m.

Cuadro 4.30: Ubicación longitudinal de las señales

Velocidad de operación (km/hora)	Distancia (m)
30	30
40	40
50	50
60	60
≥ 80	80

Fuente: Manual de la ABC

Una separación menor dificultaría su visibilidad por las noches. Se tendrá en cuenta que es necesaria la repetición de algunas de estas señales, especialmente en zonas donde existan accesos por los que el tránsito se incorpora a la vía principal.

4.8. Estudio de impacto ambiental

4.8.1. Identificación de los impactos ambientales en la etapa de construcción

El presente acápite identifica los potenciales impactos ambientales que generaría el proyecto durante sus etapas de construcción

4.8.2. Impactos sobre el medio físico

Impactos sobre el suelo

En la etapa constructiva, los impactos que se producirán sobre el suelo serian producto de limpieza y desbroce, excavación, relleno y compactación. En este caso, se produciría la perdida de suelo como producto de las actividades antes mencionadas, que originarían un cambio permanente en el uso del suelo. Por lo expuesto, el impacto se considera negativo, localizado, duración permanente e irreversible.

El manejo y disposición inadecuados de lubricantes y cualquier tipo de hidrocarburo provenientes del usos y mantenimiento de la maquinaria, producirían esterilidad del suelo, el impacto sería negativo, de mediana importancia, localizado y parcialmente reversible.

Impactos sobre el agua y los drenajes naturales

La inadecuada disposición de desechos de construcción en cauces de las quebradas, obstaculizaría el drenaje de las mismas. El impacto sería negativo, localizado y parcialmente reversible.

El manejo inadecuado de desechos proveniente del mantenimiento y limpieza de la maquinaria, afectaría el cauce y la calidad del agua de los cursos intermitentes privando o degradando en consecuencia la fuente de agua, así como su uso para la población y agricultura. Este impacto sería negativo, de mediana importancia extensivo y reversible.

Impactos sobre el aire

La emisión de gases que generarían por la maquinaria y los vehículos en el área de trabajo, originara un impacto negativo, de baja importancia, localizado con duración y reversible.

Se producirán emisiones de polvo, producto del transporte de los materiales, actividades de limpieza, desbroce, excavación, relleno y compactación, así debido al desplazamiento de vehículos en las áreas seleccionadas como vías alternas y en los caminos de acceso a la obra, se considera que el impacto es negativo, mediana importancia, localizado, corta duración y reversible.

Impactos sobre niveles de presión sonora

Se producirán altos niveles de presión sonora (ruido) producto del transporte de los materiales; actividades de excavación, relleno y compactación, así como debido al desplazamiento de vehículos en las áreas seleccionadas como vías alternas y en los caminos de acceso a la obra debido. Debido a que el trazado de la vía comprende áreas pobladas, se considera que el impacto es negativo, mediana importancia, localizado, corta duración y reversible.

4.8.3. Impactos sobre medio biótico

Impactos sobre la flora

En la mayor parte del trazado no habrá un impacto significativo sobre este componente ambiental, ya que el mejoramiento del camino se realizará ocupando las áreas despejadas y ya existentes, donde la vegetación es poco predominante. Habrá afectaciones a algunos árboles que actualmente se encuentran al pie de la vía existente. El impacto se considera negativo, poca importancia, localizado y reversible.

Impacto sobre la fauna

El desbroce y tala de la vegetación en el sector de nuevo trazado ocasionaría la pérdida de hábitats, refugio, fuentes de alimentación, de aves y pequeños mamíferos.

Bajo estas consideraciones, se considera como impacto como negativo, mediana importancia, extensivo, permanente e irreversible.

Adicionalmente, la presencia humana indudablemente contribuirá a ahuyentar de manera temporal a la fauna más sensible en el área de trabajo y sus alrededores.

Impactos sobre los ecosistemas

Como consecuencia del desbroce podría generarse la fragmentación de ecosistemas pequeños y la desaparición de estos a mediano plazo. Este impacto se daría en los lugares más cercanos al área sujeta al efecto de "borde", siendo este de carácter negativo, localizado, duración permanente e irreversible.

4.8.4. Impactos al medio socioeconómico

Impactos sobre la salud y seguridad del componente humano

Falta de capacitación del personal en el manejo de equipos, mal funcionamiento de los mismos por falta de mantenimiento preventivo de los mismos, y ausencia de implementos de protección, pueden afectar la seguridad y salud de los trabajadores. Este tipo de impacto es negativo, alta importancia, puntual, corta duración.

La falta de una adecuada señalización durante la etapa constructiva puede incrementar los riesgos de ocurrencia de accidentes de tráfico, especialmente en los tramos del proyecto que coinciden con la vía existente. El impacto es negativo.

Impactos sobre empleo

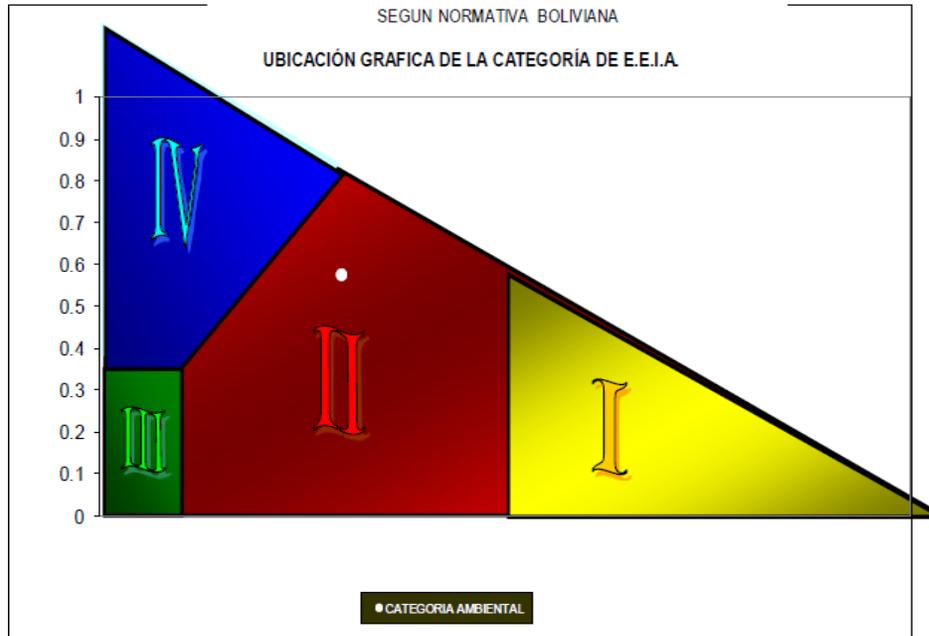
La creación de fuentes de trabajo temporales para las tareas de desbroce o de apertura de las franjas de servidumbre y mantenimiento de caminos, y en general actividades que no requiera personal especializado, generan beneficios temporales de los moradores de la zona. El impacto es positivo, alta importancia, y de corta duración.

Impactos sobre las actividades económicas

Como complemento del impacto positivo antes anotado, también habría un incremento de las actividades comerciales (actividades económicas) debido a la presencia de trabajadores en el sector (para el desarrollo de cada actividad que comprende la construcción del proyecto), que podrían generar actividades económicas por parte de moradores de varios sectores como, por ejemplo, comedores de trabajo que servirán para los trabajadores de las constructoras, lo que a su vez redundará en un beneficio para quienes habitan en el lugar como una fuente adicional de ingresos. Este impacto es positivo e importante.

Para calificar se utilizó la matriz resumen de Identificación de Impacto Ambiental que contiene los valores ponderados de los impactos ambientales negativos y positivos de cada atributo ambiental, ANEXO 17 los resultados de este análisis se resumen en la siguiente grafica que nos muestra el grado de impacto que produce la construcción de la carretera.

Figura 25: Ubicación gráfica de la categoría de E.E.I.A.



Fuente: Elaboración propia

El proyecto tiene un impacto de categoría II, significa que requieren de una evaluación de impacto ambiental analítica específica.

El detalle de la ficha ambiental se encuentra en el ANEXO 17.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ Los datos del levantamiento topográfico de la zona, se obtuvo satisfactoriamente, así pudiendo obtener un poligonal abierta con una longitud de 12926.58m con un ancho de franja de 300m aproximadamente.
- ✓ El diseño geométrico que se realizó fue producto de un análisis cuantitativo y cualitativo de la norma adoptando las siguientes dimensiones, 5m de calzada. 0.5m de berma y 0.5m de SAP, utilizando radios de diferente magnitud, y como radio mínimo de 15m, en el cual se diseñó curvas de herradura. El diseño del trazo que se pudo obtener es seguro, confortable, para usuarios y peatones, esto se pudo lograr con la ayuda del software AutoCAD Civil 3d 2015.
- ✓ Según el estudio de tráfico vehicular realizado se determinó el número de ESALs, en función a la proyección de tráfico que se obtuvo para el año 2039. Al tratarse de una variante nueva se realizó un aforo vehicular en la zona de Tres Cruces, el tráfico derivado que vendrá a sumarse al tráfico normal que existe en un tramo, una vez proyectado el tráfico generado y desarrollado por distintos factores e índices de crecimiento dando como resultado un ESALs de 83,442.864.
- ✓ En base a datos de estaciones pluviométricas, se elaboró el estudio hidrológico correspondiente del tramo en estudio para determinar intensidades máximas y así poder determinar los caudales de diseño de alcantarillas de alivio, de cruce y también para cunetas.
- ✓ Con respecto al diseño hidráulico se optó por 30 alcantarillas de material ARMCO, 14 alcantarillas tendrán 1.00m de diámetro y 16 alcantarillas de 0.60m. que permitirán la evacuación de los caudales obtenidos mediante el estudio hidrológico. También se procedió a realizar el diseño de cunetas que evacuaran toda el agua proveniente de las precipitaciones que caen sobre la calzada, estas cunetas tendrán una sección triangular con dimensiones ($T = 0.50m$ y $Y = 0.50m$) estas serán prefabricadas de hormigón simple.

- ✓ Al realizar el Estudio Geotécnico, se llega a la conclusión que existe diversos tipos de suelo, en la zona de diseño en el cual se optó por realizar el diseño del paquete estructural con el CBR más desfavorable, de todas las muestras obtenidas, es decir el CBR de diseño es de 8% que corresponde a un suelo A – 6 (10).
- ✓ El diseño geométrico del tramo Trancas – Huacata se lo efectuó tomando en cuenta la normativa vigente del Manual de la ABC de donde obtuvieron todos los parámetros básicos de diseño como ser velocidad de proyecto de 30 km/ hora, radio mínimo de 25 metros y también realizando curvas de herradura con radio de 15 metros, pendientes de 10 – 12% anchos de calzada de 6 metros con dos carriles unidireccionales de 2.5 metros de ancho, una berma de 0.5 metros pendiente transversal de 2.5% (bombeo).
- ✓ Para el diseño del paquete estructural de pavimento flexible se utilizó el método AASTHO – 93, donde por motivos económicos se optó por el pavimento flexible, debido al tránsito que circulara por esta carretera fue registrado en anexos los respectivos aforos de tráfico. El diseño del mismo dio espesores mínimos de una capa de asfalto de 5.00cm, una base granular de 10.00cm, y una sub base granular de 10.00cm.
- ✓ Se elaboro la señalización horizontal, como vertical de todo el tramo, tomando en cuenta la normativa vigente del Manual de Señalización y Seguridad Vial de la ABC, señales preventivas, reglamentarias e informativas, marcas incrustadas (ojos de gato). Línea continua y discontinua para determinar los sectores donde es permitido el adelantamiento y donde es prohibido.
- ✓ Se realizo el llenado de la ficha ambiental dando como resultado una evaluación de impacto ambiental analítico integral.
- ✓ Según los costos horarios de equipos, materiales y mano de obra, en cuanto los resultados obtenidos están dentro de lo aceptable por que utilizaron precios actuales, se obtuvo un costo total de la obra 16,763,718.02 Bs. correspondiendo 1,289,516.77 Bs por kilómetro.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda buscar la información bibliográfica necesaria antes de efectuar el diseño de cualquier proyecto para así evitar inconvenientes al momento de la realización del mismo.
- ✓ Antes de realizar el levantamiento topográfico se debe ajustar la poligonal, efectuar el levantamiento de BMs y puntos auxiliares.
- ✓ Al momento de efectuar un estudio de tráfico, se deben ubicar en puntos estratégicos para realizar el aforo de vehículos que representen el tráfico actual para no cometer errores ni calcular una proyección de vehículos incorrecta.
- ✓ Preferiblemente la construcción debe llevarse a cabo en época de estiaje habiendo así una mayor facilidad de operación en cada fase del proyecto, en especial en las obras de arte.
- ✓ Algo muy importante antes de realizar la construcción de la carpeta estructural deberá notificar a los habitantes del lugar, para tomar en cuenta, la manera de evitar lo más que se pueda el paso de los animales que pudieran estorbar a la maquinaria que se encuentre trabajando en la obra y así de esta manera evitar incidentes que perjudiquen trabajando en la obra y así de esa manera incidentes que perjudiquen el avance de la obra, además analizar con autoridades del lugar la implementación de obras como ser alcantarillado sanitario y redes de agua potable.
- ✓ Es muy importante que la empresa constructora realice un estudio más profundo del banco de los materiales antes de ser empleado en el paquete estructural como ser la subrasante, sub base y base, ya que cada capa tiene sus propias características, y estas deben ser cumplidas a cabalidad.
- ✓ El mayor problema que experimentan las carreteras es a causa del agua, es por eso que al momento de realizar el diseño de obras de arte menor o mayor no se debe escatimar costos en la construcción de estas obras; además el mantenimiento de estas es fundamental ya que si no se lo efectúa su funcionamiento no será el adecuado, ocasionando problemas en el paquete estructural.
- ✓ Las alcantarillas deberán cumplir todos los aspectos señalados en el punto de detalles de la misma en especial con la pendiente, para así permitir el correcto y

libre flujo del agua, para que de esa manera se evite el taponamiento en las alcantarillas causadas por el arrastre de material.

- ✓ El tema ambiental deberá ser analizado constantemente con los comunarios de la zona, explicando detalladamente que es lo que se hará, como se lo hará y de qué manera se compensará a los dueños de las zonas afectadas.
- ✓ Una recomendación importante para la ejecución del proyecto es que se debe tomar en cuenta el clima, es decir cuando las precipitaciones pluviales cesen, ya que en esta zona hay precipitaciones altas. Tomando estos factores se aconseja la ejecución física de la obra, entre los primeros días de abril, y además de tener horarios de trabajo aceptables tomando en cuenta las elevaciones temperaturas de la comunidad de Trancas.
- ✓ La circulación vehicular y peatonal en una carretera o camino debe ser guiada y regulada a fin de que pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental en un diseño de un camino para alcanzar tales objetivos, ya que estas indican a peatones y conductores la forma correcta y segura de transitar por la vía.