

CAPITULO I

DISEÑO TEORICO

1.1 Introducción

Se entiende por diseño de Ingeniería a la realización del diseño Geométrico y diseño Estructural aplicando todos los conocimientos científicos adquiridos y llevándolos a cabo a la realización real de un proyecto de Ingeniería para la construcción de una vía de comunicación o sistema carretero, cumpliendo normativas y parámetros de diseño establecidos por un órgano rector en este caso la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

Con el presente diseño de ingeniería para el tramo de **EL CARMEN– MECOYA** perteneciente al Municipio de Padcaya presentando el diseño geométrico y presupuesto como solución al problema de falta de infraestructura vial de la zona, donde las normativas a seguir serán las requeridas por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

1.2 Justificación

1.2.1. Justificación académica

Se decide realizar el diseño de ingeniería para aplicar todos los conocimientos científicos adquiridos en todas las materias que forman parte de la carrera, para llevar a cabo la realización real de un proyecto de Ingeniería para la construcción de una vía de comunicación o sistema carretero, cumpliendo normativas y parámetros de diseño establecidos por un órgano rector en este caso la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

Se presentará la siguiente alternativa de diseño en el tramo El Carmen-Mecoya perteneciente al municipio de Padcaya, para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona, contar con una infraestructura caminera adecuada, mejorar la disponibilidad del transporte de su producción y el fácil acceso a los insumos y servicios.

1.2.2. Justificación técnica

Lo que se pretende con el proyecto es mejorar el camino mediante la construcción de una carretera pavimentada, debido a que las condiciones físicas actuales de este camino se

encuentran con desgaste debido a su antigüedad y en tiempo de lluvia dificulta su transitabilidad.

Respecto al diseño geométrico, se pretende pavimentar la plataforma mejorando el ancho, peraltar las curvas, mejorar las pendientes longitudinales, optimizar longitudes de tangentes horizontales y sub rasantes, perfeccionar radios de curvas horizontales y longitudes de curvas verticales, proporcionar bermas, obras de arte, etc.

1.2.4. Justificación social

Una de las razones sociales que justifican el desarrollo del diseño es que los habitantes o familias requieren un camino vehicular estable todo el año, y en especial en épocas de lluvia, para poder acceder a los mercados de abasto y poder comercializar la producción de la zona (ganado y otros), y con estos ingresos puedan acceder a otros productos que no se elaboran en la zona, con la finalidad de tener una alimentación balanceada y equilibrada, además de poder convertirse con el proyecto en un punto de desarrollo para la región.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1. Situación problemática

El diseño de carreteras es la conjunción de teorías y prácticas metodológicas para el mejoramiento de un tramo carretero, aplicando todas las teorías de suelos, topografía y carreteras usando la norma de la ABC para un respaldo de los diseños y prácticas realizados en el proceso.

Las condiciones actuales del tramo El Carmen-Mecoya presentan deterioros debidos a la falta de tratamiento y mantenimiento presentando baches y en época de lluvias se dificulta mucho su transitabilidad debido a la falta de obras de drenaje.

Si no se realiza una mejora para este tramo a lo largo del tiempo este presentará más deterioro generando un malestar en la población al verse privada de transporte vehicular perjudicando también a su economía.

Se planteará un diseño de ingeniería para el tramo el Carmen-Mecoya el cual facilitará y mejorará el tránsito para vehículos, el diseño de obras de arte para evitar problemas en épocas de lluvia.

1.3.1 Delimitación temporal

Se realizará el diseño de ingeniería para el tramo El Carmen-Mecoya en el transcurso del semestre 2 gestión 2022-tiempo presente.

1.3.2 Delimitación espacial

Área de trabajo: Mecánica de suelos, topografía, pavimentos.

Base de operaciones: Laboratorio de suelos, tramo carretero, topografía.

Aplicación: carreteras

1.3.3 Formulación del problema

¿El diseño de Ingeniería para el camino vecinal El Carmen – Mecoya ayudará a mejorar las condiciones de la vía existente?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

“Diseñar; el mejoramiento de las condiciones actuales del tramo El Carmen-Mecoya”.

1.4.2 Objetivos específicos

Extraer muestras de suelo, para su análisis en laboratorio.

Aforar el tránsito del lugar para determinar los datos requeridos para el cálculo de ejes equivalentes.

Analizar el comportamiento hidrológico del lugar para determinar sus respectivos aportes.

Diseñar un trazo geométrico utilizando la topografía de la zona.

Diseñar el paquete estructural para pavimento Flexible y tratamiento superficial simple por el método de AASTHO.

Diseñar las obras de arte para el tramo (Cunetas, alcantarillas y drenaje).

Analizar el costo para el Diseño Geométrico y Estructural, con su correspondiente análisis de precios unitarios.

Establecer conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos.

1.5 Alcance de la justificación

El alcance del presente proyecto tiene como fin desarrollar el diseño geométrico y estructural del tramo El Carmen – Mecoya, engloba todo el proceso preliminar de levantamiento de datos, estudio del lugar, reconocimientos y localización de las poligonales de estudio. Del análisis y evaluación de las diferentes rutas posibles para un trazado seleccionando el que reúna las mejores cualidades y sobre el cual se realizan los estudios detallados que conducen al proyecto.

De acuerdo a la geografía, el terreno forma parte de un valle con bastante presencia vegetal, pendientes fuertes en algunas partes del tramo bastante curvoso y accidentado, con fuerte humedad debido a su colindancia con un río y un suelo con características limo arcillosa con presencia en algunos tramos de laja.

Dentro de los trabajos a realizar están los siguientes puntos:

Se realizará el reconocimiento visual del tramo de estudio verificando las condiciones en el que se encuentra. Con este reconocimiento se podrá tener una mejor idea del tipo de diseño, y en puntos específicos se deberá realizar el plantado de estacas para tener mejor análisis al momento de ejecutar una extracción de muestra o un levantamiento topográfico.

Una vez verificado el reconocimiento visual de la vía, se realiza el levantamiento topográfico usando la estación total para una mejor y precisa toma de datos.

Con los datos obtenidos del levantamiento topográfico se realizará la adecuación de este tramo a un plan vial, el cual cumpla con las normas y parámetros de diseño establecidos por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

Realización efectiva del diseño en planta, perfil, sección transversal y movimientos de tierra, todo esto realizado por el software civil 3D.

Se realizará la extracción de muestras de suelo según las técnicas de muestreo que sugiere la AASHTO.

Las extracciones de muestras se realizarán cada 500 metros, Toda esta muestra extraída se debe colocar en una bolsa de yute para poder llevarlo al laboratorio para su debido análisis.

Una vez extraídas las muestras se procederá a realizar los ensayos de laboratorio de suelos tales como granulometría, límites de atterberg, compactación, cbr y los que sean necesario para el diseño.

Se deberá realizar un aforo vehicular de por lo menos 7 días, tanto de vehículos livianos como pesados.

Una vez obtenidos los datos de tráfico vehicular se deberá realizar el estudio de tráfico y la composición vehicular para la determinación del **“tráfico promedio diario anual”** (TPDDA).

Con los datos de las caracterices físicas y mecánicas del suelo el estudio del tráfico de la zona y la topografía se deberá realizar del diseño estructural para esto es necesario tener un amplio conocimiento tanto de los conceptos como de los elementos que caracterizan a los pavimentos flexibles, conocer los diferentes factores que intervienen en el diseño para la posterior determinación de los espesores del paquete, y así de esta forma dotar de una vía asfaltada para el tramo de emplazamiento del proyecto.

Con toda la información y el trabajo de gabinete realizado se procederá a su ordenamiento en el siguiente orden:

- La planilla de cómputos métricos se mostrará en los anexos.
- Para el análisis de precios se tendrá en cuenta tres componentes específicos: Mano de obra, equipo y herramienta y materiales.
- Los planos del proyecto se realizarán con la ayuda del programa civil 3D
- Se definirán las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos

1.6 Hipótesis

“El diseño de ingeniería proveerá al tramo El Carmen –Mecoya un mejoramiento en sus características físicas actuales y a su vez una mejor fluidez de circulación vehicular”.

CAPÍTULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Carreteras

Una **carretera** o **ruta** es una vía de transporte de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Existen diversos tipos de carreteras, la carretera convencional que puede estar conectada, a través de accesos, las autovías y autopistas, que no pueden tener pasos y cruces al mismo nivel. Las carreteras se distinguen de un simple camino porque están especialmente concebidas para la circulación de vehículos de transporte.¹

2.1.2 Vía o camino

Denominamos camino a una franja de la superficie terrestre modificada por el hombre para dotarla de características y condiciones adecuadas para la circulación de los vehículos, principalmente automotores.

Funcionalmente es un medio destinado a satisfacer anhelos y necesidades de la población en cuanto a comunicación, traslado de bienes y personas, comercialización. Algunas de sus características son invisibles (resistencia, valor soporte, grado de compactación, etc.) y otras visibles (anchos, pendientes, curvaturas, etc.)².

2.1.3 Pavimento

En ingeniería civil, el pavimento forma parte del firme y es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos.

Superficie especialmente acondicionada para la circulación de los vehículos, más especiales capas inferiores que le dan apoyo.³

¹ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/carretera>

² Citado en 14 de mayo del 2021. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Camino>

³ Citado en 14 de mayo del 2021. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Pavimento>

2.1.4 Calzada

Franja superficial destinada a la circulación de los vehículos; la calzada pavimentada tiene especiales condiciones de resistencia, durabilidad, impermeabilidad, fricción, lisura, etc.⁴

2.1.5 Carril

carril es la franja longitudinal parte de una calzada que está construida para ser utilizada por una sola fila de vehículos.

Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.⁵

2.1.6 Banquina o berma

Franja adyacente a la calzada destinada al estacionamiento de los vehículos accidentalmente detenidos, para usos de emergencia y como soporte lateral de la calzada.⁶

2.1.7 Cuneta

Canal longitudinal de desagüe, si el producto de su excavación se utiliza en la obra también se llama préstamo.⁷

2.1.8 Zona de camino

Todo espacio incorporado o afectado a la vía pública y sus instalaciones anexas, comprendido entre las propiedades lindantes.

2.1.9 Clasificación de las vías

La clasificación para diseño consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

- Carreteras: autopistas, auto rutas y primarias
- Caminos: colectores, locales y de desarrollo

Cada categoría se subdivide según las velocidades de proyecto consideradas al interior de la categoría. Las Vp(velocidad de proyecto) más altas corresponden a trazados en terrenos

⁴ Citado en 14 de mayo del 2021. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Calzada>

⁵ Citado en 14 de mayo del 2021. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Carril_\(desambiguaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Carril_(desambiguaci%C3%B3n))

⁶ Citado en 14 de mayo del 2021. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Arc%C3%A9n>

⁷ Citado en 14 de mayo del 2021. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Cuneta>

llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo entorno presenta limitaciones severas para el trazado.⁸

2.2 Marco normativo

2.2.1 Topografía

La topografía es la disciplina o técnica que se encarga de describir de manera detallada la superficie de un determinado terreno. Esta disciplina rama hace foco en el estudio de todos los principios y procesos que brindan la posibilidad de trasladar a un gráfico las particularidades de la superficie, ya sean naturales o artificiales.

Los topógrafos utilizan para su tarea sistemas bidimensionales sobre los ejes X e Y, mientras que la altura (eje Z) constituye la tercera dimensión. La elevación del terreno, de todas maneras, se ve reflejada en los mapas topográficos por medio de líneas que se unen con un plano de referencia, conocidas con el nombre de curvas de nivel.

Para un mejor estudio la Topografía se divide en dos ramas: Planimetría y la Altimetría.

2.2.1.1 Planimetría.

Puede entenderse a la planimetría como la parte de la topografía dedicada al estudio de los procedimientos y los métodos que se ponen en marcha para lograr representar a escala los detalles de un terreno sobre una superficie plana.

Imagen 2. 1. Plano topográfico planimétrico



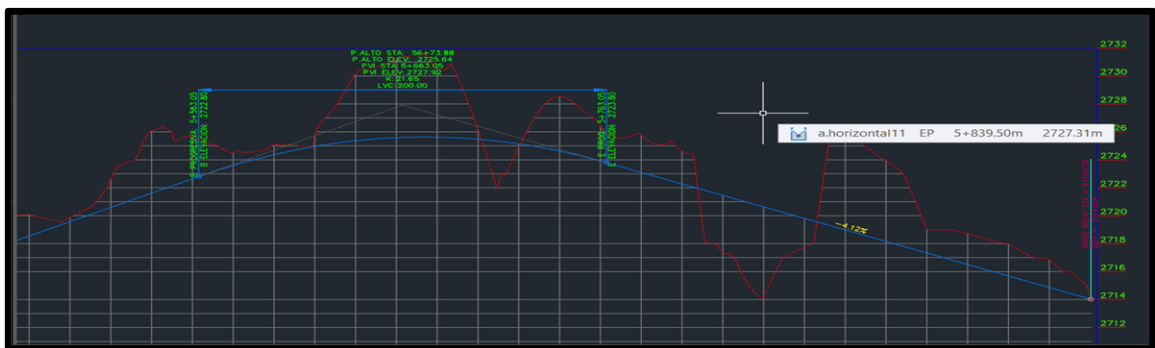
Fuente: Elaboración propia.

⁸ Citado en 14 de mayo del 2021. Disponible en <https://www.monografias.com/docs/clasificacion-de-las-vias-FKYG5CTFC8U2Z>

2.2.1.2 Altimetría

La altimetría es la parte de la Topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura; también llamada "cota", de cada uno de los puntos, respecto de un plano de referencia. Con la Altimetría se consigue representar el relieve del terreno, (planos de curvas de nivel, perfiles, etc.). También consiste en la determinación de las diferencias de nivel existentes entre dos o más puntos del terreno. Para poder conocer estas diferencias de nivel se debe medir la distancia vertical directa o indirectamente, a esta operación se denomina nivelación.

Imagen 2. 2. Perfil Altimetrico de una carretera.

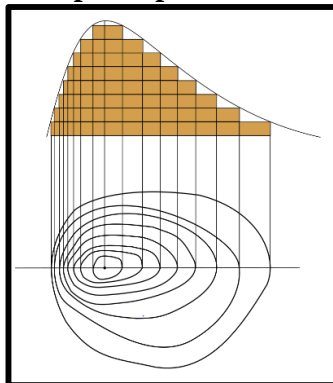


Fuente: Elaboración propia

2.2.2 Curvas de nivel

Curvas de nivel son líneas que, en un mapa, unen puntos de la misma altitud, por encima o por debajo de una superficie de referencia, que generalmente coincide con la línea del nivel del mar y tienen el fin de mostrar el relieve del terreno. Las curvas de nivel pueden construirse interpolando una serie de puntos de altitud conocida o a partir de la medición en el terreno, utilizando la técnica de la nivelación.

Imagen 2. 3. El principio de las curvas de nivel.



Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Curva_de_nivel

2.2.3 Diseño geométrico de carreteras

El Diseño Geométrico de Carreteras es la parte más importante ya que representa lo que será la carretera. Se debe tomar muy en cuenta el tipo de topografía del terreno porque ésta determinará su funcionalidad, su costo, su seguridad y otros aspectos importantes de ella. Además, el diseño de la vía debe realizarse considerando las características del terreno, el impacto ambiental, la economía y otras consideraciones legales.

2.2.4 Clasificación de carreteras

A nivel local, según Manual ABC 2.007, se clasifican de la siguiente manera:

Por su Administración

Red Fundamental, está bajo la responsabilidad de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

Redes Departamentales, se encuentran bajo la jurisdicción de los Gobiernos Autónomos Departamentales.

Por el Tipo de Superficie de Rodadura

Carreteras de Tierra.

Carreteras de Ripio.

Carreteras de Pavimento.

Por sus Características Técnicas

Carreteras: Autopistas, Auto rutas y Primarias.

Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo.

Clasificación técnica de carreteras.

Por el Tipo de Terreno

Terreno Llano: la rasante de la vía estará comprendida entre $\pm 3 \%$.

Terreno Ondulado: con pendientes que pueden fluctuar entre 3 a 6 %.

Terreno Montañoso: la rasante presenta pendientes sostenidas de 4 a 9 %.

Por su Función

Autopista (O) Son carreteras nacionales destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, al que se asocian longitudes de viaje considerables.

Auto rutas (I.A). Son carreteras nacionales están destinadas principalmente al tránsito de paso, de larga distancia.

Carreteras primarias (I.B). Son carreteras nacionales o regionales, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia.

Caminos colectores (II). Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo.

Caminos locales (III). Son caminos que se conectan a los Caminos Colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente.

Caminos de desarrollo. Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal.

Cuadro 2.1. Clasificación para diseño de carreteras y caminos rurales.

Categoria	Seccion transversal		Velocidades de proyecto (km/h)	Codigo tipo
	No. DE CARRILES	No. DE CALZADAS		
AUTOPISTA (O)	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
AUTORUTA (I.A)	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
PRIMARIO (I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
	2 BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
COLECTOR (II)	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
	2 BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
LOCAL (III)	2 BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
DESARROLLO	2 BD	1	50 - 40 - 30*	D - xx
- UD: Unidireccionales (n) Número Total de Carriles - BD: Bidireccionales - xx Velocidad de Proyecto (km/h) * Menor que 30 km/h en sectores puntuales conflictivos				

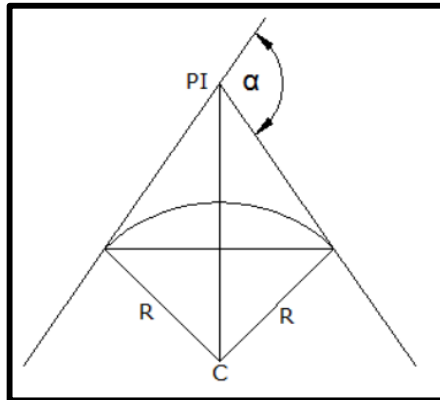
Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.5 Curvas circulares

2.2.5.1 Curva circular simple

Las curvas circulares simples son el tipo de curva horizontal más usado. Se definen como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos tangentes de un alineamiento.

Imagen 2. 4. Curva Simple.

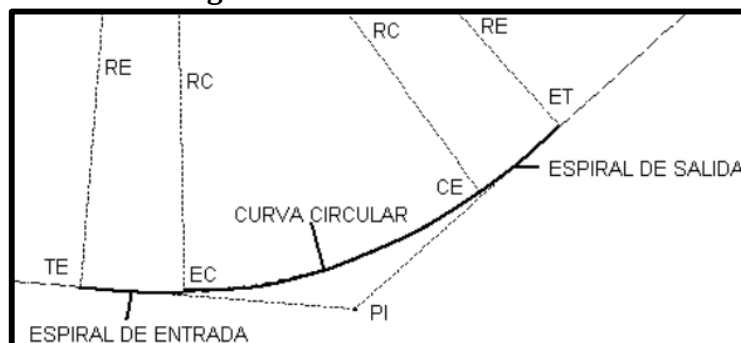


Fuente: “Apuntes de Topografía Ingeniero Julio Gonzales”

2.2.5.2 Curva espiral de transición

Las curvas espirales de transición se utilizan para unir las tangentes con las curvas circulares formando una curva compuesta por una transición de entrada, una curva circular central y una transición de salida de longitud igual a la de entrada.

Imagen 2. 5. Curva de transición.



Fuente: “Apuntes de Topografía Ingeniero Julio Gonzales”

Para efectuar las transiciones se empleará la clotoide o espiral de Euler, cuya expresión es:

$$R * L_e = K^2$$

Donde:

R: Radio de la curva circular en metros(m).

Le: Longitud de la espiral de transición en metros(m).

K: Parámetros de la espiral en metros(m).

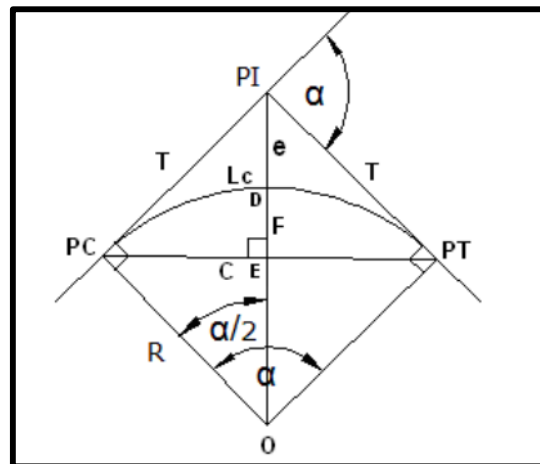
La distancia de visibilidad es la longitud continúa hacia delante del camino, que es visible al conductor del vehículo.

En diseño se consideran dos distancias, la de visibilidad suficiente para detener el vehículo, y la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaje a velocidad una velocidad inferior, en el mismo sentido.

2.2.5.3 Elementos de la curva circular

Para una mejor apreciación de los elementos de la curva circular se presenta la siguiente imagen:

Imagen 2. 6. Elementos de una curva circular.



Fuente: “Apuntes de Topografía Ingeniero Julio Gonzales”

Donde:

PI: Es el punto donde se encuentran dos alineamientos rectos.

PC: Es el punto donde comienza la curva.

PT: Punto donde termina la curva.

α : Angulo de deflexión o ángulo central. Es el ángulo formado por la prolongación de un alineamiento recto y el siguiente.

T: Tangente. Es la distancia entre el PI y los puntos PC y PT.

C: Es el centro de la curva circular

R: Es el radio de la circunferencia que describe el arco de la curva.

C: Cuerda Larga. Es la línea recta que une el PC y el PT.

F: Flecha. Distancia entre el punto medio de la curva (D) y el punto medio de la cuerda (E).

Lc: Longitud de la curva. Es el arco descrito por la curva de la circunferencia desde el PC hasta el PT.

De donde tenemos las formulas:

Tangente $T = R \text{ Tang}(\frac{\alpha}{2})$

Longitud de curva $L = \frac{\pi R \alpha}{180}$

Cuerda $C = 2R \text{ Sen}(\frac{\alpha}{2})$

Externa $E = R [\text{Sec}(\frac{\alpha}{2}) - 1]$

Flecha $F = R [1 - \text{Cos}(\frac{\alpha}{2})]$

Radio s mínimos de curvas circulares

Los radios mínimos de curvas horizontales calculados para las velocidades directrices, los peraltes y los coeficientes de fricción, condiciones climáticas, tipo de tráfico, etc. Han sido determinadas a partir de la siguiente formula:

$$R_{\text{mín}} = \frac{v^2}{127 * (e_{\text{max}} + f)}$$

Dónde:

$R_{\text{mín}}$ = Radio de curva mínimo (metros)

V = Velocidad directriz (Km. /h)

e = Peralte (m/m)

f = Coeficiente de fricción a dimensional

Imagen 2. 7. Radios mínimos absolutos en curvas horizontales

Caminos colectores - Locales - Desarrollo			
Vp	e _{máx}	f	R _{mín}
km/h	(%)		(m)
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 - Primarias			
80	8	0,122	250
90	8	0,114	330
100	8	0,105	425
110	8	0,096	540
120	8	0,087	700

Fuente: “Manual y Norma para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

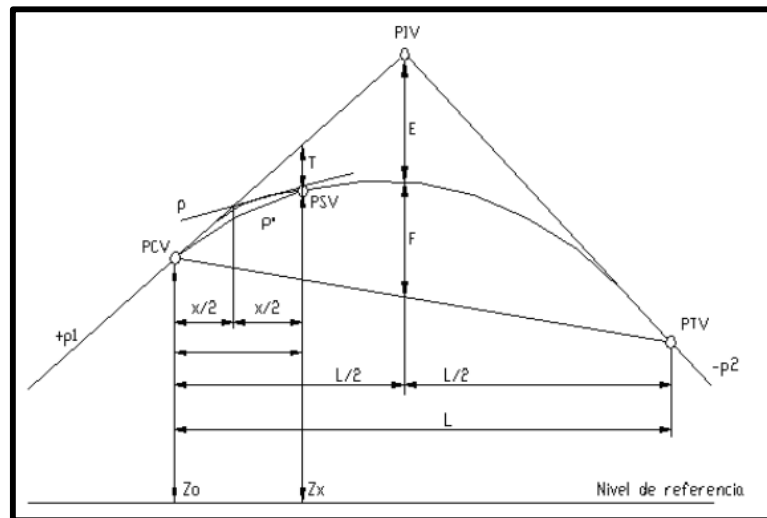
Cuadro 2.2. Valores máximos para el peralte y la fricción transversal.

Tipo de vía	e máx.	f
Caminos Vp 30 a 80 Km/h	7%	0,265 - V/602,4
Carreteras Vp 80 a 120 Km/h	8%	0,193 - V/1134

Fuente: “Manual y Norma para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.6 Curvas verticales

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical; la curva vertical puede ser cóncava o convexa, la curva vertical cóncava (columpio) es una curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba, y la curva vertical convexa (cresta) es aquella cuya concavidad queda hacia abajo.

Imagen 2. 8. Elementos de la curva vertical.

Fuente: “Apuntes de Topografía Ingeniero Julio Gonzales”

Donde:

PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales

PCV: Punto en donde comienza la curva vertical

PTV: Punto en donde termina la curva vertical

PSV: Punto cualquiera sobre la curva vertical

p_1 : Pendiente de la tangente de entrada, en m/m

p_2 : Pendiente de la tangente de salida, en m/m

A : Diferencia algebraica de pendientes

L : Longitud de la curva vertical, en metros

K : Variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro)

x : Distancia del PCV a un PSV, en metros

p : Pendiente en un PSV, en m/m

p' : Pendiente de una cuerda, en m/m

E : Externa, en metros

F: Flecha, en metros

T: Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros

Zo: Elevación del PCV, en metros

Zx: Elevación de un PSV, en metros

Nota: Si X y L se expresan en estaciones de 20 m. la elevación de un PSV puede calcularse con cualquiera de las expresiones:

$$Z_x = Z_o + (20 p_1 - (10AX/L)) X$$

$$Z_x = Z_{x-1} + 20 p_1 - (10A/L) (2X - 1)$$

$$A = P_1 - (-P_2)$$

$$K = L / A$$

$$P = P_1 - A (X/L)$$

$$P' = \frac{1}{2} (P_1 + P)$$

$$E = (AL) / 8$$

$$F = E$$

$$T = 4E (X / L) ^2$$

$$Z_x = Z_o + [P_1 - (AX/2L)] X$$

2.2.6.1 Visibilidad en curvas verticales

Para que las curvas verticales convexas (en cresta) cumplan con la distancia de visibilidad necesaria su longitud deberá calcularse a partir del parámetro K, que se obtiene con la expresión:

$$K = \frac{H}{D^2} = \frac{h}{D^2}$$

Donde:

D: distancia de visibilidad, en metros.

H: altura al ojo del conductor (1.14 m).

h: altura del objeto (0.15 m).

La distancia de visibilidad de parada deberá proporcionarse en todas las curvas verticales, este requisito esta tomado en cuenta en el valor del parámetro K, especificado en la siguiente tabla:

Cuadro 2.3. Valores del parámetro “K” y la longitud de las curvas verticales.

Velocidad de proyecto (km/h)	Valores del parámetro K (m/%)			Longitud mínima aceptable (m)
	Curvas Convexas		Curvas Cóncavas	
	Carretera tipo E D,C,B,A		Carretera tipo E,D,C,B,A	
30	4	3	4	20
4	7	4	7	30
50	12	8	10	30
60	23	12	15	40
70	36	20	20	40
80	-	31	25	50
90	-	43	31	50
100	-	57	37	60
110	-	72	43	60

Fuente: “Manual y Norma para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.6.2 Longitud mínima de una curva vertical.

La longitud mínima de las curvas verticales se calculará con la expresión:

$$L = K * A$$

Donde:

L: Longitud mínima de la curva vertical, en metros.

K: Parámetro de la curva cuyo valor mínimo se especifica en la tabla de valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales.

A: Diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales

2.2.6.3 Longitud máxima de una curva vertical

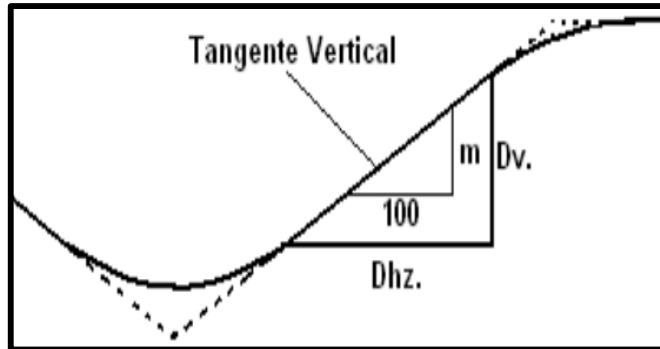
No existirá límite de longitud máxima para las curvas verticales. En caso de curvas verticales convexas con pendiente de entrada y salida de signos contrarios, se deberá

revisar el drenaje cuando la longitud de la curva proyectada corresponda un valor del parámetro K superior a 43.

2.2.7 Pendientes máximas del perfil longitudinal.

La pendiente m de la tangente vertical es la relación entre el desnivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la misma.

Imagen 2. 9. La pendiente.



Fuente: “Apuntes de Topografía Ingeniero Julio Gonzales”

Dada por la fórmula:

$$m = \frac{Dv}{Dhz} * 100$$

Donde:

m : Pendiente

Dv : Distancia Vertical (Desnivel)

Dhz : Distancia Horizontal

Esta relación se la expresa en porcentaje.

Las pendientes máximas tolerables son definidas en las normas teniendo en cuenta la topografía, el volumen y características de tráfico en coherencia con la velocidad directriz, por lo tanto, la categoría de la carretera.

Los valores correspondientes a las categorías de diseño adoptadas para el proyecto se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.4. Pendientes máximas admisibles

Categoría	Velocidad de proyecto (km/hr)									
	<30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10 a 12	10 a 9	----	----	----	----	----	----	---(1)	----
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 y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.” de la ABC

2.2.8 Peralte

Los peraltes son las sobre elevaciones transversales de la calzada en trazados horizontales curvos, donde aparece la fuerza centrífuga originando peligros a la estabilidad de los vehículos en movimiento, el deslizamiento transversal y el vuelco.

Para evitar estos peligros, la norma propone ciertos valores como se ven en el cuadro 2.5 en consideración de los factores principales siguientes:

- El flujo de tráfico puede circular a velocidades menores que las velocidades de diseño.
- La longitud de transición del peralte resulta prácticamente viable.
- Categoría del camino, topografía de la región y velocidades directrices.
- Razones económicas, reducción de costos de construcción y mantenimiento.

Cuadro 2.5. Peraltes

Criterios de aplicación	e máx. Deseable	e máx. Absoluto
Zonas rurales con probabilidad de formación de hielo o acumulación de nieve sobre la calzada. carreteras de categoría 0 y I.A	6	6
Zonas llanas y ondulaciones sin probabilidad de hielo o acumulación de nieve sobre la calzada	6	8
Zonas montañosas, sin probabilidad de formación de hielo o acumulación de nieve sobre la plataforma	8	10

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.9 Distancia de visibilidad para sobrepaso

Equivale a la visibilidad mínima que requiere un conductor para adelantar a un vehículo que se desplaza a velocidad inferior a la de proyecto; esto es, para abandonar su carril, sobrepasar el vehículo adelantado y retornar a su carril en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo adelantado ni la de un vehículo que se desplace en sentido contrario por el carril utilizado para el adelantamiento.

De lo expuesto se deduce que la visibilidad de adelantamiento se requiere sólo en caminos con carriles para tránsito bidireccional.

El cuadro 2.6 entrega los valores mínimos a considerar en el diseño como visibilidades adecuadas para adelantar.

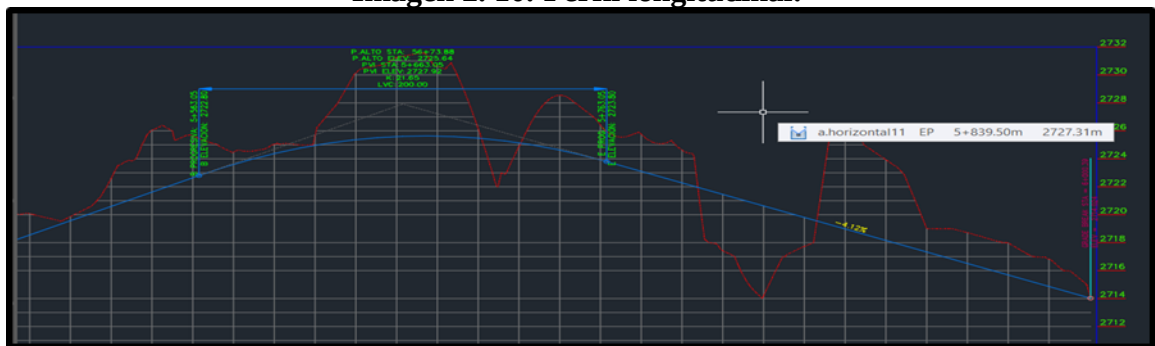
Cuadro 2.6. Distancia mínima de adelantamiento

Velocidad de Proyecto km/h	Distancia Mínima de Adelantamiento (m)
30	180
40	240
50	300
60	370
70	440
80	500
90	550
100	600

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.10 Perfil Longitudinal

El perfil longitudinal, es la proyección del eje real de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección, mostrara la longitud real del eje de la vía. A este eje también se le denomina rasante.

Imagen 2. 10. Perfil longitudinal.

Fuente: Elaboración propia

El perfil longitudinal, es la proyección del eje real de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección, mostrara la longitud real

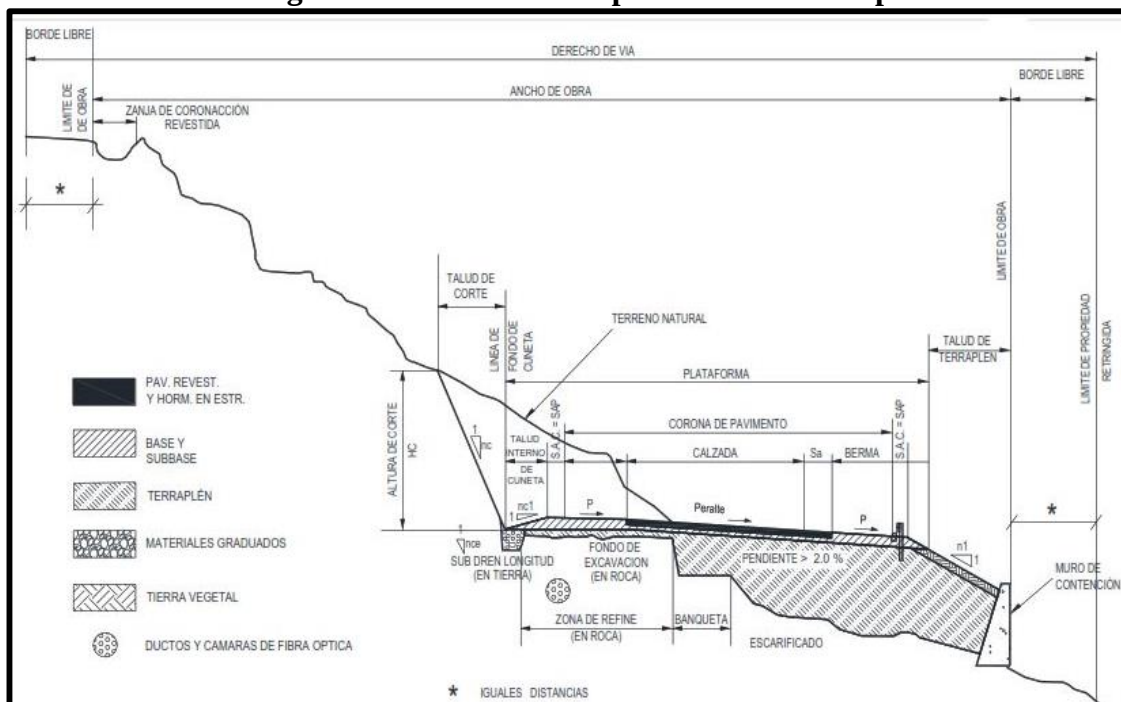
del eje de la vía. A este eje también se le denomina rasante. Este perfil representa todas las características de la topografía del terreno natural. De manera más simple, es como si un plano vertical cortara de manera normal la línea central de la vía, en toda su longitud; representándose así las características del terreno.

2.2.11 Sección transversal

2.2.11.1 Perfil transversal

El Perfil Transversal de una carretera o camino describe las características geométricas de éstas, según un plano normal a la superficie vertical que contiene el eje de la carretera.

Imagen 2. 11. Detalle de un perfil transversal tipo.



Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

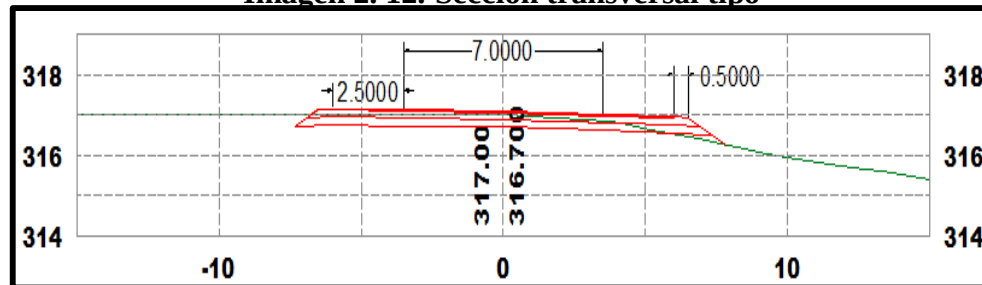
Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que ella resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que ellas cumplan y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados. En el grafico (Imagen 2.11) se hace la representación de una sección transversal tipo de una ruta bidireccional de dos carriles, en curva. En ellas aparecen los elementos fundamentales que normalmente se dan en una carretera o camino; plataforma, cunetas, taludes, etc.

2.2.11.2 Calzada

Una calzada es una banda material y geoméricamente definida, de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros de los mismos.

En el caso de carreteras o caminos con calzada bidireccional de dos carriles, cada uno de ellos podrá ser utilizado ocasionalmente por vehículos que marchan en el sentido opuesto, en el momento en que estos adelanten a otros más lentos.

Imagen 2. 12. Sección transversal tipo



Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.11.3 Berma

Las bermas son las franjas que flanquean el pavimento de la(s) calzadas(s). Ellas pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial, o simplemente ser una prolongación de la capa de grava en los caminos no pavimentados.

2.2.11.4 Sobre ancho de plataforma (SAP)

La plataforma en terraplén tendrá siempre un SAP mínimo de 0,5 m que permita confinar las capas de sub-base y base de modo que en el extremo exterior de la berma sea posible alcanzar el nivel de compactación especificado.

Consecuentemente, en los 0,5 m exteriores del SAP no se podrá lograr la compactación máxima exigida por el resto de la plataforma por falta de confinamiento y riesgo por pérdida de estabilidad del equipo de compactación autopropulsado.

Toda vez que el SAP tenga un ancho mayor que 0,5 m, el ancho adicional adyacente a la berma deberá compactarse según las mismas exigencias especificadas para las bermas. En el cuadro 2.7 mostramos el valor de calzada, berma y SAP, adecuados a los parámetros anteriormente citados.

Cuadro 2.7. Descripción técnica de calzada, berma y sap.

NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA		VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m) (1)	ANCHO BERMAS		ANCHO SAP (3)		ANCHO CANTERO CENTRAL - M (m)			ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE ⁽⁶⁾ ATP = na + 2(ba + Sa) + M final			
				"b" INTERIOR (m)	"b" EXTERIOR (m)	"S" INTERIOR (m)	"Se" EXTERIOR (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6	FINAL 6 PISTAS	FINAL + INICIAL 4 PISTAS	6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE	4 PISTAS	2 PISTAS	
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	AUTOPISTA	120	3.5	1.2	2.5	0.5 - 0.8	1.5	13.0	6.0	6.0	35	28	-	
		100	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	1.0	13.0	6.0	6.0	34	27	-	
		80	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	0.8	11.0	4.0	4.0	31.6	24.6	-	
	PRIMARIO Y AUTORRUTA	100	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	1.0	13.0	6.0	6.0	34	27	-	
		90	3.5	1.0	2.5	0.5 - 0.8	1.0	12.0	5.0	5.0	33	26	-	
		80	3.5	1.0	2.0	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	10.0	3.0	3.0 ⁽⁴⁾	29	22	-	
	COLECTOR	80	3.5	1.0	2.0	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	10.0	3.0	3.0 ⁽⁴⁾	29	22	-	
		70	3.5	0.6 - 0.70	1.5	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	9.0	2.0	2.0 ⁽⁴⁾	27	20	-	
		60	3.5	0.6 - 0.70	1.0	0.5 - 0.8	0.5 - 0.8 ⁽⁴⁾	9.0	2.0	2.0 ⁽⁴⁾	26	19	-	
CALZADA BIDIRECCIONAL	PRIMARIO	COLECTOR	100 - 90	3.5	-	2.5	-	1.0	-	-	-	-	-	14.0
			80	3.5	-	2.0	-	0.5 - 0.8	-	-	-	-	-	12.0
	DESARROLLO	LOCAL	80	3.5	-	1.5	-	0.5 - 0.8	-	-	-	-	-	11.0
			70	3.5	-	1.0 - 1.5 ⁽²⁾	-	0.5 - 0.8	-	-	-	-	-	10 - 11.0
			60	3.0 - 3.5	-	0.5 - 1.0 ⁽²⁾	-	0.5 - 0.8	-	-	-	-	-	8.0 - 10.0
			50	3.0 - 3.5	-	0.5 - 1.0 ⁽²⁾	-	0.5	-	-	-	-	-	8.0 - 10.0
			40	3.0	-	0.0 - 0.5 ⁽²⁾	-	0.5	-	-	-	-	-	7.0 - 8.0
			30	2.0 - 3.0	-	0.0 - 0.5 ⁽²⁾	-	0.5	-	-	-	-	-	5.0 - 6.0

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.11.5 Pendiente transversal de la calzada

La pendiente transversal de la calzada debe ser lo suficiente para asegurar un adecuado escurrimiento de las aguas superficiales, para evitar que la infiltración afecte la estructura del pavimento y para disminuir las posibilidades de formación de láminas de agua, peligrosas durante la circulación de los vehículos.

En el siguiente cuadro extraído de las normas de la ABC, se muestran las pendientes transversales de las calzadas en función del tipo de pavimento y el clima de la zona, ya que estos son los factores más importantes en la elección de este parámetro de diseño, sin dejar de lado la comodidad y funcionalidad de la vía.

Cuadro 2.8. Pendiente transversal de la calzada.

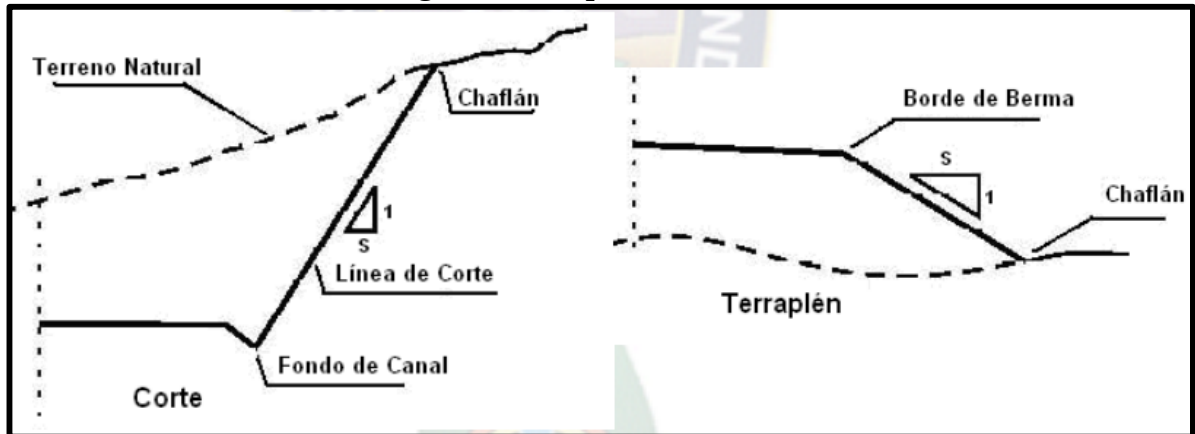
Tipo de pavimento	Pendiente transversal	
	Zona húmeda	Zona seca
Pavimento de Hormigón	2 - 1.5	2-1.5
Pavimento flexible	2.5 - 2	2
Pavimentos porosos o tratamientos Superficiales	3 - 2.5	2.5-2
Calzadas no Pavimentadas	4 - 3	3.5-3

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.11.6 Taludes

Se denomina talud a la superficie que delimita la explanación lateralmente. En cortes, el talud está comprendido entre el punto de chaflán y el fondo del canal. En terraplenes, el talud está comprendido entre el chaflán (pie del terraplén) y el borde de la berma.

Imagen 2. 13. Tipos de taludes.

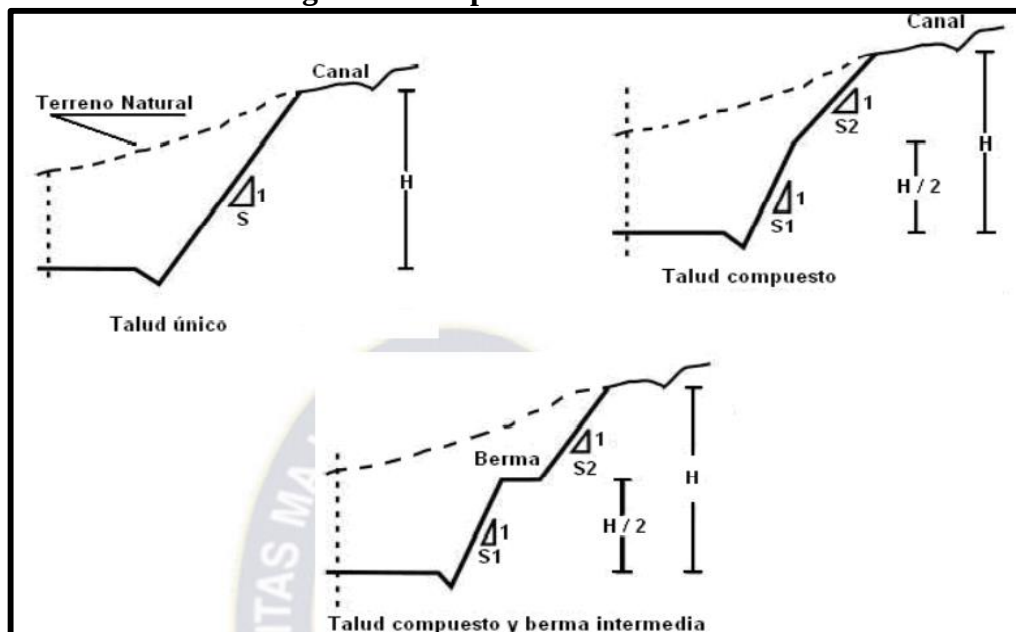


Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.11.7 Taludes de corte.

Para un corte de baja altura se puede recomendar un talud único; para alturas mayores podrán requerirse dos taludes diversos; en algunos casos, se sugerirá la construcción de bermas o banquetas intermedias.

Imagen 2. 14. Tipos de taludes en corte.



Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

Cuadro 2.9. Taludes recomendados en corte.

Material	Talud recomendable altura del corte H (m.) hasta 5 m.	Observaciones
1. Arenas limosas y limos compactos	1/2	k=10-7 cm/s. Descopetar 1:1 la parte superior más intemperizada. Si son materiales fácilmente erosionables, deberá proyectarse talud 1:1
2. Arenas limosas, limo poco compacto	1/4	k=10-7 cm/s contracuneta impermeable. Descopetar 1.5:1 la parte más intemperizada.
3. Arenas limosas y limos muy compactos	1/4	k=10-7 cm/s. Descopetar la parte superior suelta.
4. Arcillas poco arenosas, firmes y homogéneas.	1/2	k=10-8 cm/s. Descopetar 1:1 la parte intemperizada. Si existe flujo de agua, construir subdrenaje.
5. Arcillas blandas expansivas	1	k=10-8 cm/s.

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.11.8 Taludes en terraplén

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción, selección y colocación del material que forma el relleno (lleno en tierra), el valor que comúnmente se usa en taludes es el 5:1.

En relación con los taludes de basura para la conformación de los terraplenes en el relleno sanitario manual, se recomienda 2:1 ó 3:1. Se garantizará su estabilidad con una buena compactación manual de las basuras y la construcción de taludes compuestos con berma intermedia.

Cuadro 2.10. Taludes recomendados en terraplén.

MATERIAL	TALUD
Rocas	¼:1 a ½
Roca Fracturada	1:1 a 1 ½:1
Suelos granulares	1 ½:1
Suelos arcillosos	2:1 a 3:1

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.12 Volúmenes de movimiento de tierra

2.2.12.1 Aspectos generales

Un factor que influye significativamente a la selección del trazado de una vía, es el terreno, que a su vez afecta al trazado de la rasante. El factor primordial que el diseñador considera para el trazado de la rasante, es el volumen de movimiento de tierras que será necesario para la rasante seleccionada.

Una de las actividades constructivas más frecuentes en las construcciones civiles son los movimientos de tierra necesarios para construir obras de ingeniería, explanadas para ubicar obras socio-económicas, campos deportivos y otras, siendo de gran importancia el realizar con adecuada precisión los volúmenes de tierra a mover.

2.2.12.2 Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras

Para determinar el volumen de movimiento de tierra que interviene para una rasante dada, se toman perfiles transversales a intervalos regulares a lo largo de rasante.

En general, las secciones transversales están separadas cada 10 metros, aunque a veces se aumenta esta distancia.

Un método común para determinar el volumen es el del promedio de las áreas extremas. Este procedimiento se basa en la suposición de que el volumen, entre dos secciones transversales consecutivas, es el promedio de sus áreas multiplicado por la distancia entre aquéllas, tal como se da en la siguiente ecuación.

$$V = \frac{L}{2} * (A1 + A2)$$

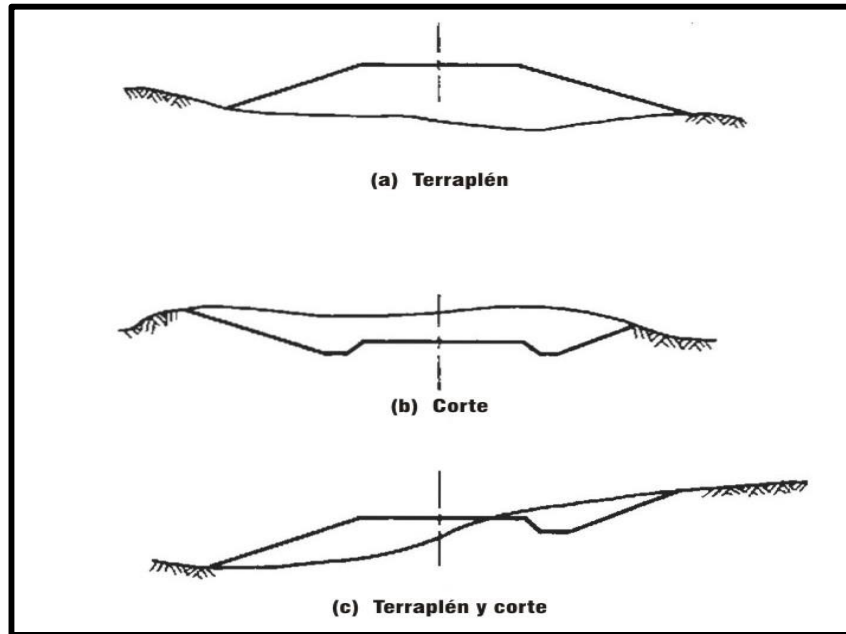
Dónde:

V = Volumen (m3).

A1 y A2 = Áreas extremas (m2).

L = Distancia entre las secciones transversales (m).

Imagen 2. 15. Tipos de sección transversal.



Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.13 Mecánica de suelos

2.2.13.1 Estudio de la sub rasante

Básicamente ésta investigación está orientada a conocer las características y la calidad de los suelos que constituyen el perfil de la sub rasante natural, en función al conocimiento del tipo de suelos a lo largo del trazado, su caracterización, su clasificación, y la determinación de las propiedades físicas y mecánicas, que permiten definir la aptitud de dichos materiales para ser utilizados como material de fundación del paquete estructural, aptitud resumida en el conocimiento de su capacidad de soporte como base de sustentación para la implementación de pavimentos flexibles o rígidos.

Deberán tener un diámetro máximo de partícula de 7.00 cm. El índice de soporte california (CBR), determinado por el ensayo AASHTO T-193, con la energía de compactación del ensayo AASHTO T-180-D y para la densidad seca correspondiente al 95% de la máxima determinada en este ensayo, deberá ser igual o mayor que la considerada para el dimensionamiento del pavimento (capa superior de los terraplenes).

2.2.13.2 Estudio del material cuerpo de terraplén

Los terraplenes son segmentos de la carretera cuya conformación requiere el depósito de materiales provenientes de cortes o préstamos dentro de los límites de las secciones de diseño que definen el cuerpo de la carretera.

La construcción de terraplenes comprende; esparcimiento, conveniente humedecimiento o desecación y compactación de los materiales provenientes de cortes o préstamos, para la construcción del cuerpo del terraplén, hasta los 40 cm. por debajo de la cota correspondiente a la sub rasante.

En la ejecución del cuerpo de los terraplenes se utilizarán suelos con CBR igual o mayor que 4% y la expansión máxima de 4% correspondiente al 90% de la densidad seca máxima del ensayo AASHTO T- 180D y para el ensayo AASHTO T-193 respectivamente.

Cuando por motivos de orden económico el cuerpo del terraplén deba ser construido con materiales de soporte inferiores al indicado hasta el mínimo de 2%, se procederá al aumento del grado de compactación o sustitución del material a modo de obtener el CBR mínimo indicado en la tabla siguiente:

Este procedimiento también se aplica a los tramos en corte o de terraplenes existentes.

Cuadro 2.11. Relación de CBR con respecto a la profundidad.

Profundidad por debajo del nivel de la sub rasante (cm)	CBR mínimo requerido
60 a 90	3%
Mayor a 90	2%

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.13.3 Estudio de la capa sub base

Los materiales a ser empleados en la sub-base son suelos que presentan un índice de soporte de california (CBR) igual o mayor a 30% y una expansión máxima de 1% determinados con la energía de compactación de la AASHTO T-180 D.

Los requisitos de plasticidad son: límite líquido < 25 % e índice plástico > 6 %.

El agregado retenido en el tamiz N° 10 debe estar constituido por partículas duras y durables, la fracción fina que pase el tamiz N° 10 deberá estar constituida por arena natural, o arena obtenida por trituración. La fracción que pase el tamiz 200 será no mayor de los 2/3 de la fracción que pase el tamiz N° 40.

El diámetro máximo de agregado no será menor de 7.5 cm ni mayor que la mitad del espesor de la capa compactada. La ubicación de fuentes de explotación de estos materiales en su caso, será indicada o aprobada por el Ingeniero, según el informe del estudio de suelos. La sub-base será efectuada con materiales que cumplan con las siguientes granulometrías:

Cuadro 2.12. Granulometría capa sub base.

Tamiz	Tipo de gradación		
	A	B	C
4"	100	-	-
3"	-	100	-
1 ½"	-	-	100
1"	-	-	-
¾"	-	-	-
3/8"	-	-	-
N° 4	15 – 45	20 – 50	25 – 55
N° 10	-	-	-
N° 40	-	-	-
N° 200	0 – 10	0 – 10	0 – 10

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.13.4 Estudio de la capa base

Las capas base son ejecutadas con materiales que cumplen los siguientes requisitos:

Deberán poseer una composición granulométrica encuadrada en una de las columnas de la siguiente tabla:

Cuadro 2.13. (%) Por peso del material que pasa por tamices con malla cuadrada según AASHTO t-11 y t-27.

Tamiz	Tipo de graduación		
	A	B	C
2"	100	100	-
1"	-	75 - 95	100
3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85
Nº4	25 - 55	30 - 60	35 - 65
Nº10	15 - 40	20 - 45	25 - 50
Nº40	8 - 20	15 - 30	15 - 30
Nº200	2 - 8	5 - 20	5 - 15

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

De la misma manera, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

La fracción que pasa el tamiz Nº 40 deberá tener un límite líquido inferior o igual ($\leq$) a 25% y un índice de plasticidad inferior o igual ($\leq$) a 6%. Pasando de estos límites, el equivalente de arena deberá ser mayor ($>$) que 30%.

El porcentaje del material que pasa el tamiz No. 200 no debe exceder a 2/3 del porcentaje que pasa el tamiz Nº 40.

El índice de soporte de california no deberá ser inferior a 60% y la expansión máxima será de 0.5%, cuando sean determinados con la energía de compactación del ensayo AASHTO T-180 D.

El agregado retenido en el tamiz Nº 10 debe estar constituido de partículas duras durables, exentas de fragmentos blandos, alargados o laminados y exentos de materia vegetal, terrones de arcilla u otra sustancia perjudicial, los agregados gruesos deberán tener un desgaste no superior a 50% a 500 revoluciones, según lo determine el ensayo AASHTO T-96.

2.2.13.5 Estudio de la capa de rodadura o carpeta asfáltica

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Los porcentajes de agregados que pasen los tamices especificados, estarán en base al peso seco del agregado. Estos porcentajes deberán estar dentro de los límites detallados en la tabla de esta especificación presentada a continuación:

Cuadro 2.14. (%) Peso que pasa cribas con mallas cuadradas, AASHTO t-11 y t-27

Determinación del tamiz	Graduación					
	A	B	C	D	E	F
2"	100	-	-	-	-	-
1 1/2"	97-100	100	-	-	-	-
1"	-	97-100	100	-	-	-
3/4"	66/80 (5)	-	97-100	100	-	-
1/2"	-	-	76-88 (5)	97-100	-	-
3/8"	48-60	53-70 (6)	-	-	100	100
Nº 4	33-45 (5)	40-52 (6)	49-59 (7)	57-69 (6)	97-100	33-47 (6)
Nº 8	25-33 (4)	25-39 (4)	36-45 (5)	41-49 (6)	62-81 (5)	7-13 (4)

Nº 40	9-17 (3)	10-19 (3)	14-22 (3)	14-22 (3)	22-37 (3)	-
Nº 200	3-8 (2)	3-8 (2)	3-7 (2)	3-8 (2)	7-16 (2)	2-4 (2)

Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC.

2.2.14 Estudio de tráfico

El tráfico es uno de los parámetros más importantes para el diseño de pavimentos. Para obtener este dato es necesario determinar el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el periodo de diseño, a partir de un tráfico inicial medido en el campo a través de aforos.

2.2.15 Determinación del tráfico promedio diario anual “TPDA”

Es el tráfico normal que son los estudios de intensidad del tránsito, estos se realizan mediante aforos para conocer el número de vehículos que se desplazan entre dos puntos, que sirven de base para determinar las estimaciones del tráfico promedio diario a considerar para el diseño de la vía en el tramo de estudio.

2.2.16 Proyección de tráfico

La parte fundamental de un estudio de tráfico consiste en la estimación de volúmenes futuros, esta estimación no es tarea fácil debido a la incertidumbre respecto a los cambios en la economía de un país y los cambios en los precios de mercancías originando cambios en la demanda de transporte.

Para la proyección del tráfico usamos el método de crecimiento aritmético:

Método Crecimiento Aritmético

$$TPDf = TPD_o \left(1 + i * \frac{t}{100} \right)$$

Las variables son tiempo “t” en años, índice de crecimiento “i” en % y el tráfico promedio diario “TPD”.

2.2.17 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 del transporte, disminución del tiempo de viaje, aumento de la comodidad, confort o seguridad en el viaje.

2.2.18 Tráfico inducido o atraído

El tráfico inducido se produce cuando existen rutas paralelas. Por ello, la pavimentación de una carretera puede atraer el tráfico de una ruta paralela, debido a las mayores velocidades que se imprimen en carreteras pavimentadas.

2.2.19 Tránsito futuro

El pronóstico del volumen de tránsito futuro, referido al TPDA del proyecto, deberá basarse en los incrementos de tránsito que se espera que utilicen el camino mejorado. Lo cual influye el crecimiento normal del tránsito (CNT), el tráfico inducido (TI) y el generado (TG)

$$Tf = CNT + TI + TG$$

Donde:

Crecimiento normal del tránsito (CNT),

Tráfico inducido (TI)

Tráfico generado (TG)

2.2.20 Diseño estructural

2.2.20.1 Periodo de diseño

Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido a un costo razonable definida por el proyectista.

Cuadro 2.15. Periodos de diseño.

Tipo de facilidad vial	Período de (en años)	
	análisis	diseño
Urbana de alto volumen	30 – 50	15-20 (30)
Interurbana de alto volumen	20 – 50	15-20 (30)
De bajo volumen		
° pavimentada con asfalto	15 – 25	5-12
° con rodamiento sin tratamiento (Base granular sin capa asfáltica)	10 – 20	5-8

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2.2.20.2 Factores equivalentes de carga (LEF)

La conversión del tráfico a un número de ESAL's de 18 kips (carga de eje equivalente simple) se realiza utilizando factores equivalentes de carga FCE (factor equivalente de carga). Estos factores fueron determinados por la AASHTO en sus tramos de prueba, donde pavimentos similares se sometieron a diferentes configuraciones de ejes y cargas, con el fin de analizar el daño producido y la relación existente entre estas configuraciones y cargas a través del daño que producen.

El factor equivalente de carga FCE es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad ocasionada por una determinada carga de un tipo de eje y la producida por el eje patrón de 18 kips.

$$FCE = \frac{1}{10^{\frac{4.79 \cdot \log(18+1) - 4.79 \cdot \log(L_x + L_2) + 4.33 \cdot \log L_2 + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}}{}}$$

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.081 \cdot (L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} \cdot L_2^{3.23}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5}\right)$$

Los factores equivalentes de carga de la AASHTO están tabulados en función a cuatro parámetros: tipo de eje (simple, tandem, tridem), índice de serviciabilidad final (2, 2,5 y 3), carga por eje, y número estructural SN del pavimento (de 1 a 6”).

2.2.20.3 Número total de ejes simples equivalentes (ESAL's)

Se calcula para el carril de diseño utilizando la siguiente ecuación:

$$W_{18} = 365 (\text{Días/Año}) * \%TV * TPDA * FCE (\text{ejes 18 Kips/eje})$$

Dónde:

W18 = Número de reiteraciones de ejes equivalentes de 18000 Libras

%TV = Distribución Direccional

FCE = Factor Equivalente de Carga

TPDA = Tránsito promedio diario anual

2.2.21 Diseño pavimento flexible

El diseño del pavimento flexible, según la AASHTO, está basado en la determinación del Número Estructural “SN” que debe soportar el nivel de carga exigido por el proyecto, a continuación, se describen las variables que se consideran en el método AASHTO:93.

2.2.21.1 Módulo de resiliencia

Dado que no siempre se cuenta con equipos para ejecutar un ensayo de módulo resiliente, es conveniente relacionarlo con otras propiedades de los materiales, por ejemplo, con respecto al CBR.

2.2.21.2 Índice de serviciabilidad

Se define el índice de serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento.

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final.

El estado de serviciabilidad inicial se evalúa cuantitativamente con numero entre 0 y 5.

Por lo general se parte de un valor inicial de 4 a 4.2 (estado bueno de la vía).

La serviciabilidad final se obtiene de la siguiente tabla:

Cuadro 2.16. Serviciabilidad final.

Tipo de vía	Serviciabilidad final
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano industrial	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2.2.21.3 Pérdida o disminución del índice de serviciabilidad

Los valores anteriormente descritos permiten determinar la disminución del índice de servicio, que representa una pérdida gradual de la calidad de servicio de la carretera, originada por el deterioro del pavimento. Por tanto:

$$\Delta\text{PSI} = p_o - p_t$$

Dónde:

PSI = Índice de servicio presente.

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado.

p_o = Índice de servicio inicial.

p_t = Índice de servicio final.

2.2.21.4 Nivel de confianza y desviación estándar

El nivel de confianza es uno de los parámetros más importante introducido por la AASHTO para el diseño de pavimentos, porque establece un criterio que está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las solicitaciones exteriores. La confiabilidad se define como la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto, bajo las solicitaciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de deformación y fallas estén por debajo de los niveles permisibles. Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado.

Cuadro 2.17. Valores del nivel de confianza “R” de acuerdo al tipo de camino.

TIPO DE CAMINO	ZONAS URBANAS	ZONAS RURALES
AUTOPISTAS	85 – 99.9	80 – 99.9
Carreteras de primer orden	80 – 99	75 – 95
Carreteras secundarias	80 – 95	75 – 95
Caminos vecinales	50 – 80	50 – 80

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2.2.21.5 Coeficiente de drenaje “Cd”

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros: la capacidad del drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento; y el porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, en el transcurso del año. Dicho porcentaje depende de la precipitación media anual y de las condiciones de drenaje; la AASHTO define cinco capacidades de drenaje, que se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 2.18. Capacidad del drenaje.

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

De acuerdo a las capacidades de drenaje la AASHTO establece los factores de corrección m_2 (bases) y m_3 (sub-bases granulares sin estabilizar), en función del porcentaje de tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

Cuadro 2.19. Valores m_i para modificar los coeficientes estructurales.

CAPACIDAD DE DRENAJE	% DE TIEMPO EN EL QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PRÓXIMOS A LA SATURACIÓN.			
	Menos del 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2.2.21.6 Determinación del número estructural “SN”

El método está basado en el cálculo del Número Estructural “SN” sobre la capa subrasante o cuerpo del terraplén. Para esto se dispone de la ecuación siguiente:

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

Donde:

W_{18} = Número de eje equivalentes expresados en ESAL.

R = Nivel de confiabilidad.

Z_R = Desviación normal standard para el grado de confiabilidad R elegido.

So = Error standard combinado de las predicciones de tránsito y de comportamiento.

P_i = Serviciabilidad inicial.

P_t = Serviciabilidad final.

ΔPSI = Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial y final.

M_R = Modulo Resiliente de la Sub-rasante.

SN = Número estructural.

2.2.21.7 Determinación de espesores por capas

La estructura del pavimento flexible está formada por un sistema de varias capas, por lo cual debe dimensionarse cada una de ellas considerando sus características propias.

Una vez que el diseñador ha obtenido el Número Estructural SN para la sección estructural del pavimento, se requiere determinar una sección multicapa, que en conjunto provea una suficiente capacidad de soporte, equivalente al número estructural de diseño. Para este fin se utiliza la siguiente ecuación que permite obtener los espesores de la capa de rodamiento o carpeta de la capa base y de la sub-base:

$$SN = a_1 h_1 + a_2 m_2 h_2 + a_3 m_3 h_3$$

Dónde:

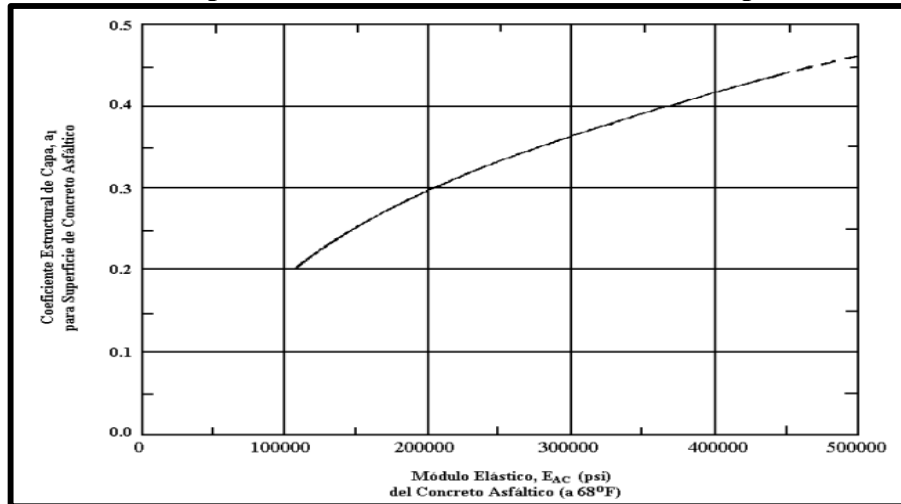
a_1 , a_2 y a_3 = Coeficientes estructurales de capa de carpeta, base y sub-base respectivamente.

h_1 , h_2 y h_3 = Espesor de la carpeta, base y sub-base respectivamente, en pulgadas.

m_2 y m_3 = Coeficientes de drenaje para base y sub-base, respectivamente.

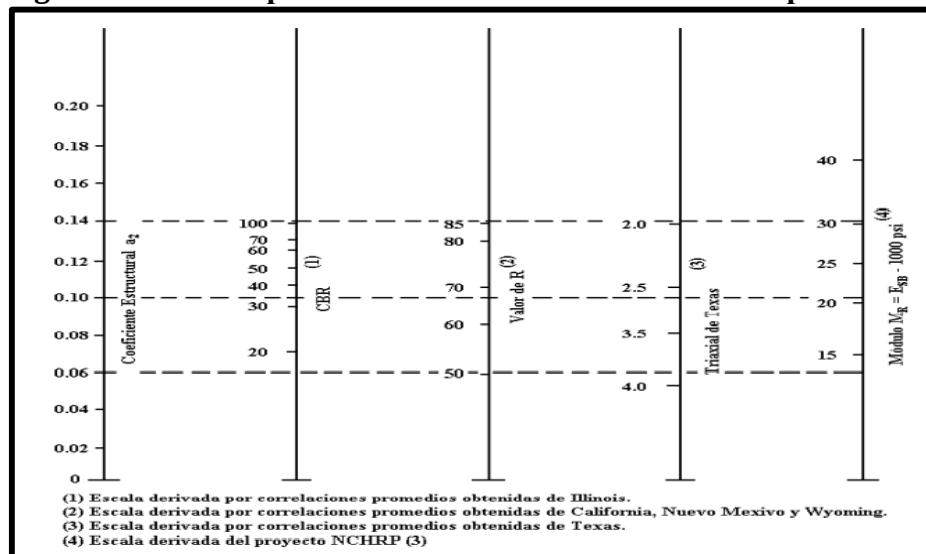
Los coeficientes de capa a_1 , a_2 y a_3 se obtienen utilizando las correlaciones de valores de diferentes pruebas de laboratorio como se muestra en las siguientes Imágenes:

Imagen 2. 16. Ábaco para estimar el N° estructural de la carpeta asfáltica “ a_1 ”.



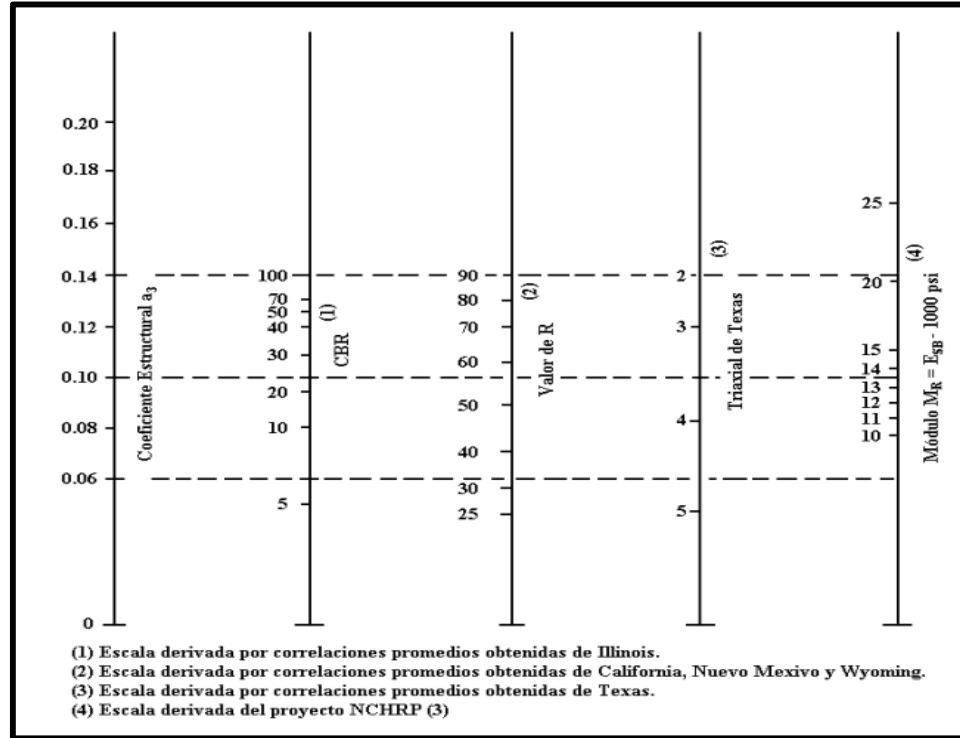
Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Imagen 2. 17. Ábaco para estimar el N° estructural de la capa base “ a_2 ”.



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Imagen 2. 18. Ábaco para estimar el N° estructural de la sub-base “a3”.



Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

2.2.22 Hidrología

La hidrología es la ciencia que se dedica al estudio de la distribución, espacial y temporal, y las propiedades del agua presente en la atmosfera y en la corteza terrestre.

2.2.22.1 Determinación de parámetros estadísticos

Los parámetros estadísticos para el análisis hidrológico son los siguientes:

- **Media.** - La media de cada una de las series de máximos fue calculada con la siguiente expresión:

$$\overline{ht} = \frac{\sum_{i=1}^n ht_i}{n}$$

Dónde:

$\overline{ht}$ = Precipitación promedio anual en (mm)

ht = Precipitación máxima anual en (mm)

n = Número de años, correspondiente al periodo.

- **Desviación típica.** - Asimismo, para cada serie fue estimada la desviación standard.

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_i^n (h_i - \overline{ht})^2}{n-1}}$$

Dónde:

Sd = Desviación típica en (mm)

$\overline{ht}$ = Precipitación promedio anual en (mm)

h = Precipitación máxima anual en (mm)

n = Número de años, correspondiente al periodo

- **Moda.** - También conocido como valor modal:

$$Ed = \overline{ht} - 0.45 * Sd\{ht\}$$

Dónde:

Ed = Moda (mm)

$\overline{ht}$ = Precipitación promedio anual en (mm)

Sd = Desviación típica en (mm)

- **Parámetro característico.** - Este parámetro fue calculado para las diferentes estaciones analizadas para las series de valores máximos en 24 horas.

Este parámetro caracteriza a una zona de igual clima, es decir que debe ser único y constante para el área de influencia hidrológica de la estación.

$$kt = \frac{Sd\{ht\}}{0.557 * Ed}$$

Dónde:

K = Característica.

Sd = Desviación típica en (mm).

Ed = Moda (mm).

• **Moda ponderada:**

$$E_d = \frac{E_{t1} \cdot N_1 + E_{t2} \cdot N_2}{N_1 + N_2}$$

Dónde:

Ed = Moda de cada estación (mm)

N = Número de datos de cada estación

• **Característica ponderada:**

$$K_{tp} = \frac{K_{t1} \cdot N_1 + K_{t2} \cdot N_2}{N_1 + N_2}$$

Dónde:

K= Característica de cada estación

N = Numero de datos de cada estación

2.2.22.2 Cálculo de alturas de precipitación máxima diaria

Para el cómputo de las precipitaciones máximas diarias para diferentes periodos de retorno se utiliza la Ley de Gumbell.

$$h_{dT} = E_D \cdot (1 + K_D \cdot \text{Log}T)$$

Dónde:

hdT = Lluvia máxima diaria para un periodo de retorno (mm)

Ed = Moda (mm).

Kd = Característica de la distribución.

T = Periodo de retorno (años)

2.2.22.3 Cálculo de alturas de precipitación máxima horaria

Se emplea la siguiente fórmula para el cálculo de las alturas de precipitación máxima horaria.

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

Dónde:

Ed = Moda ponderada, la cual se adquiere de las precipitaciones máximas en 24 hrs. de las estaciones climatológicas estudiadas.

tc = Tiempo de concentración (hrs).

T = Periodo de Retorno (años).

Kd = Característica Ponderada.

β = entre 0,2 o 0,3

α = Equivalente de lluvia diaria que depende de la magnitud.

2.2.22.4 Intensidad máxima

La intensidad de la lluvia de diseño corresponde a aquella de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y de la frecuencia o período de retorno seleccionado para el diseño de la obra en cuestión.

2.2.23 Objetivo de la hidrología dentro del diseño de carreteras

El objetivo fundamental de la hidrología dentro del diseño de carreteras es el de obtener los caudales de diseño de las obras de drenaje necesarias para la correcta evacuación de agua proveniente de las precipitaciones sobre la carretera, ya sea drenaje transversal, superficial o sub superficial.

2.2.24 Drenaje transversal

Estas obras del proyecto vial, abarca obras transversales como longitudinales. Las primeras son las que permiten el paso de las corrientes hídricas por medio de alcantarillas, transversales o sesgadas. Las obras hidráulicas longitudinales comprenden las cunetas y todo tipo de obras de control que se ubican en ambos lados de la plataforma.

2.2.24.1 Tiempo de retorno

Se usan los siguientes tiempos de retorno para las estructuras hidráulicas de la ruta

Cuadro 2.20. Tiempo de retorno

Drenaje de la plataforma:	5 años
Alcantarilla menor:	10 años
Alcantarilla mayor:	25 años
Puentes:	50 años

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

2.2.24.2 Tiempo de concentración

Hidrológicamente está demostrado que el caudal máximo en una corriente de agua para una sección particular de interés, se produce para una lluvia o tormenta cuya duración es igual al tiempo de concentración.

Para la determinación del tiempo de concentración de la cuenca se utiliza las siguientes formulas las cuales se promedian para obtener un tiempo de concentración representativo.

VENTURA
$$tc = 0.05 \sqrt{\frac{A}{S}}$$

TEMEZ
$$tc = 0.3 * \left(\frac{L}{S^{0.35}} \right)^{0.76}$$

CHEREQUE
$$tc = \left[0.871 * \frac{L^3}{H} \right]^{0.385}$$

GIANDOTII
$$tc = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 * L}{25.3 * S * L}$$

CALIFORNIA
$$tc = 0.066 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77}$$

KIRPICH
$$tc = 0.06626 * \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0.385}$$

Unidades de los parámetros a utilizar.

A = Área de la cuenca (Km²)

L = Longitud del río principal (Km)

ΔH = Diferencia de cotas (m)

i = Pendiente media del río principal (m/m)

2.2.24.3 Coeficientes de escurrimiento “C”

Con relación al coeficiente de escurrimiento C , éste depende, entre otros factores, de la pendiente de la cuenca y del río, del tipo de suelo, de la geología y de la vegetación.

Cuadro 2.21. Coeficientes de escurrimiento “C”

Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada >50%	Alta 50%-20%	Media 20%-8%	Suave 8%-1%	Despreciable <1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos y vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierva y grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques y vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Ramírez, Maritza.2003. Hidrología Aplicada. Universidad de Los Andes

2.2.24.4 Coeficiente de rugosidad “n”

De acuerdo al material de las alcantarillas se obtendrán los coeficientes de rugosidad de Manning se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro 2.22. Coeficientes de rugosidad

Materiales	n
a) Hormigón	0,012
b) Metal Corrugado	
Ondulaciones estándar (68 mm x 13 mm)	0,024
25% revestido	0,021
Totalmente revestido	0,012
Ondulaciones medianas (76 mm x 25 mm)	0,027
25% revestido	0,023
Totalmente revestido	0,012
Ondulaciones grandes (152 mm x 51 mm)	
25% revestido	0,026
Totalmente revestido	0,012

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

2.2.24.5 Estimación de caudales máximos

Una vez que se tienen las relaciones intensidad – duración – periodo de retorno, se pueden estimar los caudales máximos usando el método o fórmula racional. Este método es usado, en general, para la estimación de caudales máximos en obras de alcantarillas en carreteras y otras obras de arte.

Método racional

La ecuación del método racional responde a la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3.6}$$

Dónde:

Q = Caudal (m³/s).

C = Coeficiente de escorrentía (relación entre la cantidad de agua que escurre entre el total de agua que se precipita).

I = Intensidad media máxima de precipitación (mm/hora), para una duración t y un periodo de retorno T.

A = Área de la cuenca o superficie drenada (km²).

2.2.25 Alcantarillas

Las alcantarillas son estructuras hidráulicas ubicadas transversalmente al camino cuya función es permitir el paso de corrientes de aguas superficiales ya sean naturales o artificiales.

2.2.25.1 Diseño de alcantarillas

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las alcantarillas a proyectarse, es el establecido por la fórmula de Robert Manning para canales abiertos.

$$V = \frac{1}{n} * R_H^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Dónde:

V = Velocidad (m/s)

RH = Radio Hidráulico (m)

S = Pendiente de la Cuenca (m/m)

n = Coeficiente de Manning

2.2.25.2 Longitud de las alcantarillas

La longitud de las alcantarillas depende del ancho de la calzada del camino, de la altura del terraplén de su talud y del ángulo de la misma con respecto a la carretera.

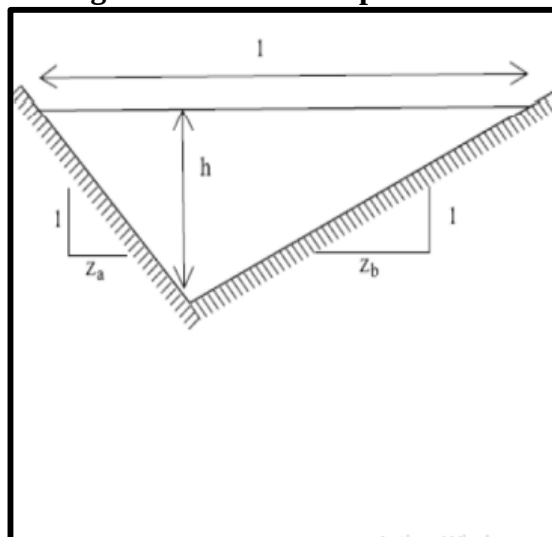
2.2.25.3 Diseño de cunetas

Las cunetas son canales que se adosan a los lados de la carretera en el lado del corte. Permiten recibir los escurrimientos de origen pluvial propios del talud y los del área comprendida por la vía y el coronamiento del corte.

Sección tipo

Esta sección fue diseñada observando las condiciones constructivas bajo las cuales la misma será materializada; en este caso se asume que las cunetas de corte serán construidas antes de la colocación de la carpeta asfáltica, utilizando para este fin una motoniveladora.

Imagen 2. 19. Sección tipo de cuneta.



Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras

Ecuaciones:

$$\text{I} \quad Q = \frac{1}{n} ARh^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{II} \quad V = \frac{1}{n} Rh^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{III} \quad Rh = \frac{(Za + Zb)y}{2((1 + Za^2)^{0,5} + (1 + Zb^2)^{0,5})}$$

$$\text{IV} \quad T = (Za + Zb)y$$

El drenaje transversal de la carretera se consigue mediante alcantarillas, cuya función es proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente.

2.2.26 Señalización

2.2.26.1 Introducción

La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada, esto con el fin de que pueda llevarse en forma segura, fluida, ordenada y cómoda; todo esto se podrá lograr con una señalización de tránsito diseñada adecuadamente.

Por medio de la señalización se indica a los usuarios de las vías, la forma correcta y segura de transitar por ésta, con el único propósito de evitar riesgos y disminuir demoras innecesarias.

Es importante conocer los criterios técnicos básicos para el diseño de los dispositivos de control de tránsito, para ellos se tomará como base del estudio al Manual de Dispositivos para el control de Tránsito de la ABC.

2.2.26.2 Requisitos que deben cumplir los dispositivos de control de tránsito

Todo dispositivo para el control del tránsito deberá satisfacer los siguientes requisitos fundamentales para cumplir integralmente su objetivo:

a) Debe ser necesaria. - Satisfacer una necesidad para el adecuado desenvolvimiento del tránsito. Cuando se coloca un dispositivo donde no se requiere, no sólo resulta inútil sino perjudicial.

b) Debe ser visible y llamar la atención. - Atraer la atención del usuario. Todo dispositivo debe ser advertido por el público.

c) Debe ser legible y fácil de entender. - Transmitir un mensaje claro y sencillo. La indicación suministrada por un dispositivo debe ser concisa y clara para que sea interpretada rápidamente.

d) Debe infundir respeto. - Infundir respeto a los usuarios de la vía. Los usuarios deben ser compelidos, por la sensación que brinde el dispositivo, a respetar la indicación que éste transmite.

e) Debe dar tiempo suficiente al usuario para responder adecuadamente. - Permitir suficiente tiempo y espacio para una respuesta adecuada. Los dispositivos deben tener un diseño y colocarse de modo que el usuario, al advertirlos, tenga suficiente tiempo y espacio para efectuar la maniobra conforme lo dispongan los mensajes.

f) Debe contar con una instalación adecuada. - Instalar en forma adecuada los dispositivos, y emplear materiales de alta calidad que garanticen su duración. Para conseguir los propósitos antes mencionados, deben tenerse en cuenta los siguientes factores básicos: Diseño, ubicación, operación, uniformidad y Mantenimiento.

2.2.26.3 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 e informar sobre rutas, nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés y servicios.

Las señales verticales también suministran información sobre rutas, direcciones, destinos, puntos de interés y otras informaciones que se consideren necesarias.

Desde el punto de vista funcional, las señales se clasifican en:

- Señales preventivas.
- Señales reglamentarias.
- Señales informativas.

2.2.26.4 Señales preventivas

Las señales de advertencia de peligro, llamadas también preventivas, tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones especiales presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Se identifican como base con el código SP.

Imagen 2. 20. Señales preventivas.



Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

2.2.26.5 Señales reglamentarias

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Se deberá evitar, de no ser estrictamente necesario, la inscripción de leyendas o mensajes adicionales en las señales verticales reglamentarias. Estas señales se identifican con el código SR.

Imagen 2. 21. Señales reglamentarias.



Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

2.2.26.6 Señales informativas

Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios, etc.

Las señales informativas están diseñadas para brindar información al usuario de la carretera, suministrando información necesaria que se refiere principalmente a la

identificación de poblaciones, destinos, direcciones, intersecciones y cruzamientos, prestación de servicios, etc.

Imagen 2. 22. Señales informativas



Fuente: Elaboración propia.

2.2.26.7 Señales horizontales

Las señales horizontales o demarcaciones, son marcas o elementos instalados sobre el pavimento, que mediante el uso de símbolos y leyendas determinadas cumplen la función de ordenar y regular el uso de la calzada.

2.2.26.8 Líneas longitudinales

Una línea continua sobre la calzada, independiente de su color, significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella.

Una línea discontinua sobre la calzada, independiente de su color, significa que traspasable por cualquier conductor.

Cuadro 2.23. Distancia mínima de adelantamiento.

Velocidad máxima (Km/h)	Distancia mínima de adelantamiento (m)
30	80
40	110
50	140
60	180
70	240
80	290
90	350
100	430

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

2.2.26.9 Líneas de eje

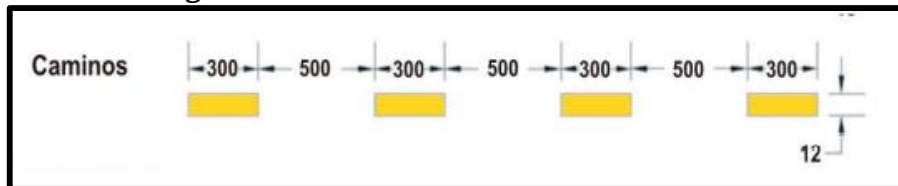
Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar dónde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas.

Dada la importancia de esta línea en la seguridad del tránsito, ella debería encontrarse siempre presente en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5 m de ancho.

Línea amarilla discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde se permite la maniobra de adelantamiento.

Imagen 2. 23. Diseño línea amarilla discontinua.

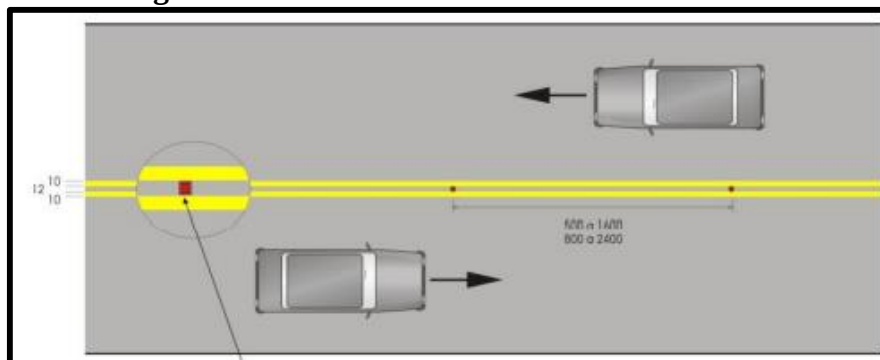


Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

a) Línea doble amarilla continua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento.

Imagen 2. 24. Diseño doble línea amarilla continua.

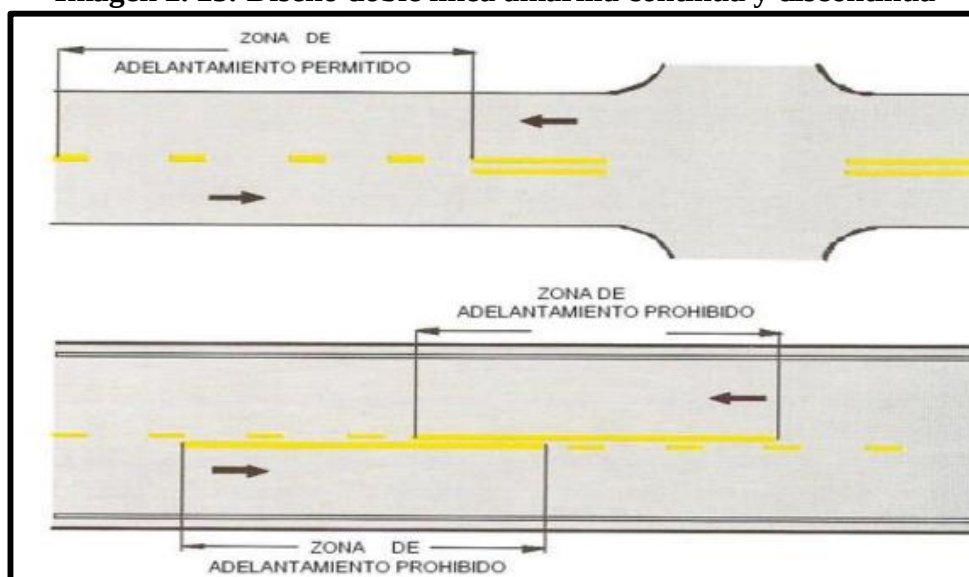


Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

b) Línea doble amarilla continua y discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde la maniobra de adelantamiento es permitida sólo para el tránsito adyacente a la línea de trazado discontinuo.

Imagen 2. 25. Diseño doble línea amarilla continua y discontinua



Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

c) Línea Continua

La línea continua sobre la calzada significa que ningún conductor con su vehículo debe atravesarla ni circular sobre ella. Estas líneas indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, lo que les permite posicionarse correctamente sobre ésta.

2.2.27 Presupuesto del proyecto

2.2.27.1 Cálculos métricos

El cálculo métrico es la cuantificación o determinación de volumen, superficie, etc. de los materiales necesarios para ejecución de cada ítem del proyecto y para luego, poder determinar el costo del proyecto.

2.2.27.2 Precios unitarios

Es el importe de la remuneración o pago total, que debe cubrirse al contratista por unidad de obra de cada uno de los conceptos de trabajo que se realice.

Unidad del ítem: puede definirse como la unidad de medición que se señala en las especificaciones técnicas, como base para cuantificar cada concepto de trabajo para fines de medición y pago.

Para la confección de las planillas de análisis, costos y precios unitarios se ha establecido la participación de los siguientes conceptos básicos.

- Materiales
- Mano de obra
- Cargas sociales
- Impuestos IVA
- Maquinaria y equipo de construcción
- Gastos generales y administrativos
- Utilidad
- Impuestos IT

Materiales

Es el primer componente que tiene su importancia en la estructura de costos, su magnitud y cantidad dependen de la definición técnica y las características propias de cada uno de los materiales que integran el ítem.

Mano de obra

La mano de obra, se halla condicionada a dos factores:

- El precio que pagan por ella o salario.
- El tiempo de ejecución de la unidad de obra o rendimiento y a tres sistemas de trabajo, a jornal, a contrato y destajo.

Cargas sociales

Las cargas sociales relacionadas con la mano de obra se dividen en dos categorías:

- Cargas de aplicación directa (inmediata).
- Cargas de aplicación diferida.

Las cargas de aplicación directa comprenden los aportes que efectúa el empleador al sistema del seguro social y a los beneficios que recibe el empleado de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

Las cargas de aplicación diferida se refieren a los compromisos que el empleador asume con el empleado, en forma voluntaria o forzosa, de acuerdo a circunstancias especiales como: rescisión del contrato de trabajo, días no trabajados por feriados, licencias, y otros.

Incidencia por subsidios

A partir del 1 de enero de 1993 en cumplimiento a las previsiones contenidas en el artículo 2do. Del D. S. No. 23410 del 16 de febrero de 1993, que modifica la cuantía del salario mínimo nacional, los subsidios, prenatal, natalidad, lactancia y sepelio, cuya obligación está a cargo de la empresa o los empleadores, según lo dispuesto por el D. S. 21637 en su art. 25 de junio de 1987 deben considerarse dentro de la estructura de costos.

Incidencia por seguridad industrial e higiene.

En la Ley general del trabajo, existe la ley general de higiene, seguridad ocupacional y bienestar (Decreto Ley N° 16998 del 2 de agosto de 1979), la cual recomienda la utilización de implementos de seguridad.

Influencia del IVA.

La influencia del impuesto al valor agregado afecta la estructura del precio unitario con un 14.94% del costo de Mano de Obra, puesto que los precios de materiales utilizados en la estructura de la planilla ya incluyen este Impuesto.

Maquinaria y equipo.

Para seleccionar el equipo y la maquinaria a utilizar en la construcción del proyecto, se toman en cuenta la potencia, capacidad de trabajo y condiciones de operabilidad del equipo.

Rendimiento de equipos

El rendimiento de los equipos, se entiende como la cantidad de unidades a producirse en una cierta tarea y en un tiempo determinado, por lo general en una hora de trabajo.

Gastos generales y administrativos

Otro de los porcentajes con el que se mayor el precio unitario es el de los gastos generales, este considera todos los gastos operacionales indirectos como ser los administrativos, seguros, garantías, etc.

Utilidades

Es el beneficio que busca la empresa en la realización de las obras, y por consiguiente su fijación en porcentaje es difícil de determinar. Normalmente se suele utilizar el valor del 10% del Costo parcial del Ítem (Costo Parcial más Gastos Generales).

Influencia del IT

Los impuestos a las transacciones, tienen su incidencia en la estructura del precio unitario con un 3,09% del costo del Subtotal de la actividad.

2.2.28 SOFTWARE

Autodesk AutoCAD Civil 3D

Es un software dirigido al diseño y generación de documentación para una gran variedad de proyectos de ingeniería civil carreteras y vías de alta capacidad (autovías/autopistas) con todo tipo de complejidad, ferrocarriles, aeropuertos, etc.

GUIA AASHTO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS (1993)

Para el cálculo de los espesores se usará al programa.

POR: Luis Ricardo Vásquez Varela Ingeniero Civil. Manizales. Colombia. 2006.

H CANALES V3.0.

Para el cálculo y diseño de cunetas y alcantarillas, programa de Máximo Villón Béjar.

PRESCOM 2020

Para el cálculo de costos y presupuestos de la obra.

2.3 Marco referencial.

Universidad mayor de San Andrés “Facultad de tecnología carrera de topografía y geodesia” - “levantamiento topográfico georreferenciado para el diseño final de una carretera de acuerdo a normas vigentes” **postulante: José Félix Gutiérrez Chambi.**

Universidad católica (Colombia) “Facultad de ingeniería especialización gerencia de obras” - proyecto de trabajo de grado “seguimiento y control para la obra de infraestructura vial bajo la metodología Pimentel municipio de Madrid Cundinamarca”

Deiner Alexander Sarmiento Sarmiento, John Mauricio Sosa Méndez, Gustavo Andrés Sánchez Ruiz y Geimer Angarita Navarro.

Universidad francisco de paula Santander Ocaña “Facultad de estudios a distancia tecnología en obras civiles” - análisis del estado de la vía terciaria de la vereda el chorro en el municipio de Abrego **Wilder Orlando Casadiegos Angarita, Frey Julián coronel Tarazona.**

Manual de diseño de conservación vial ABC.

2.4 Análisis de aporte teórico

Para el presente proyecto de “**DISEÑO DE INGENIERIA TRAMO EL CARMEN-MECOYA**”, con el aporte del alcance de la justificación mencionado en el capítulo 1, hace conocer las características del terreno, su geografía, sus condiciones, la accesibilidad al realizar el levantamiento topográfico, la elección más viable sobre las alternativas de diseño y el cual se debe adecuar a un plan vial que cumpla las normas y parámetros de diseño establecidos por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

Según las normas del manual de diseño geométrico, el diseño estructural de ingeniería vial se puede realizar sin ningún inconveniente, pero si se necesita de más horas de práctica con los softwares, para el diseño geométrico por el tipo de zona que este implica, cumpliendo normativas y parámetros de diseño establecidos por un órgano rector en este caso la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

En mecánica de suelos, al efectuar el muestreo y el estudio de estos en laboratorio, debe ser realizado con precaución, para así obtener su caracterización, su clasificación, y la determinación de las propiedades físicas y mecánicas.

Diseñar las obras de drenaje necesarias para la correcta evacuación de agua, proveniente de las precipitaciones sobre la carretera, ya sea drenaje transversal, superficial o sub superficial.

El estudio de muestreo y tráfico debe realizarse como indica la norma, siete días; el estudio debe realizarse en los puntos específicos de la ruta.

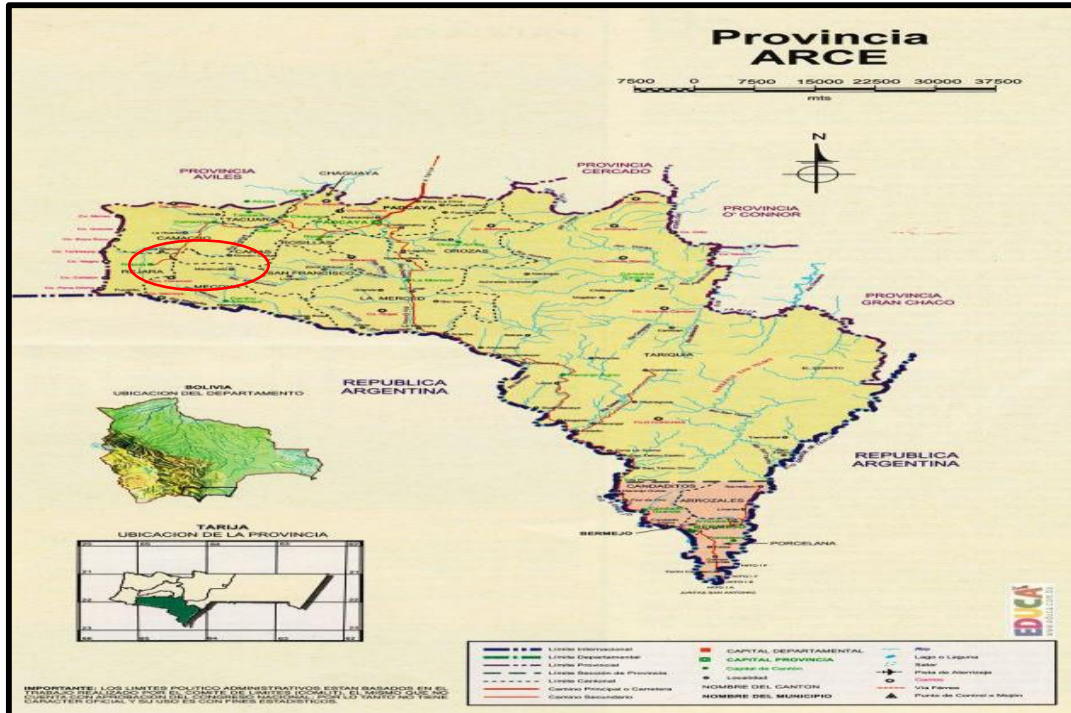
CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGICO Y RELEVAMIENTO DE LA INFORMACION

3.1. Criterios del diseño metodológico.

3.1.1. Localización.

Imagen 3.1. Ubicación del Proyecto (mapa referencial).



Fuente: Elaboración propia.

País: Bolivia.
Departamento: Tarija.
Provincia: Arce.
Municipio: Padcaya.
Distritos: N° 1.

3.1.2. Puntos principales de la zona.

Se ubica la ruta El Carmen - Mecoya mediante coordenadas geográficas y UTM.

Las coordenadas geométricas de la ruta son:

El Carmen entre $22^{\circ} 3' 3,3''$ S y $64^{\circ} 50' 46,91''$ O

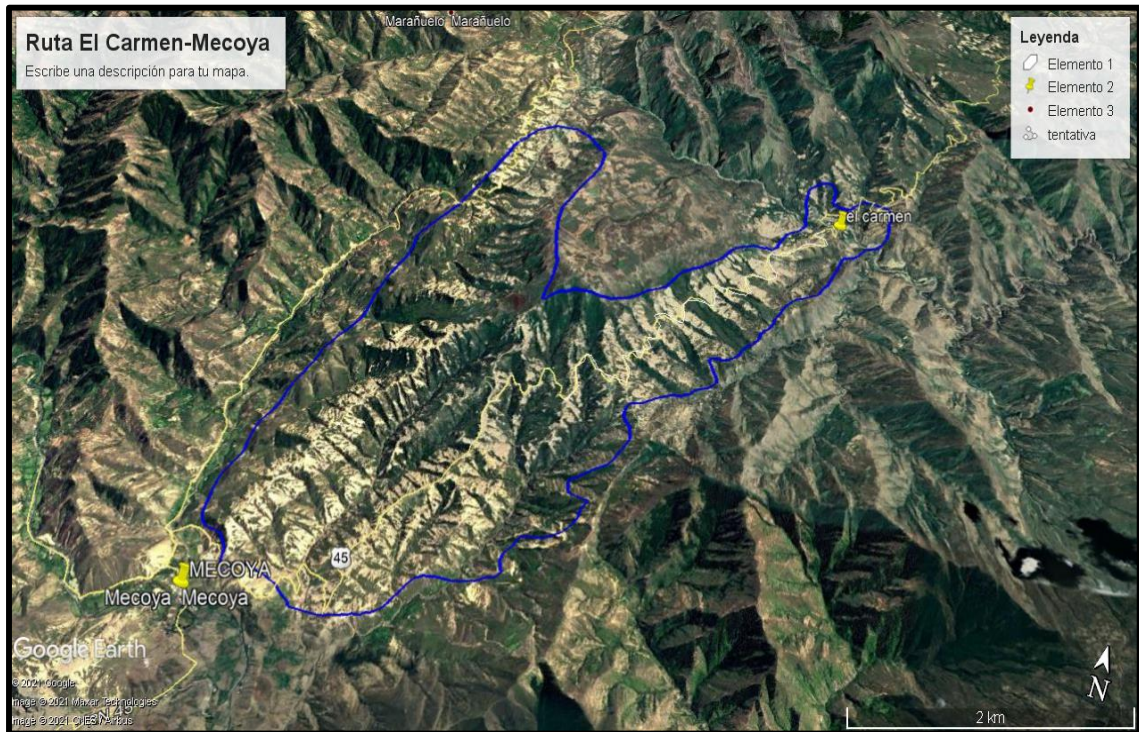
Mecoya entre $22^{\circ} 6,14' 14,61''$ S y $64^{\circ} 53' 43,25''$ O

Las coordenadas UTM de la ruta son:

El Carmen entre 309461,17 m E y 7560383,51 m S

Mecoya entre 304478,03 m E y 7554437,91 m S

Imagen 3.2. Ubicación del proyecto (mapa referencial).



Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Límites territoriales.

La provincia Arce limita al sur con la República Argentina, al norte con las provincias Avilés y Cercado; al este con las provincias O'Connor y Gran Chaco y al oeste con la provincia Avilés. La primera sección o municipio de Padcaya, por constituir el 81% del territorio provincial, tiene como límites norte, este y oeste, los mismos de la provincia, es decir, las provincias Avilés, Cercado, O'Connor y Gran Chaco, variando solamente al sur donde limita con la segunda sección y la República Argentina.

3.1.4. Acceso a la zona del proyecto.

Para acceder a la zona del Carmen se inicia el recorrido desde el municipio de de Padcaya para luego dirigirse Al cruce de Rosillas siendo unos 6.45 km de recorrido aproximadamente, luego desde el cruce de Rosillas se procede a la comunidad de San

Francisco a unos 8.7 km de distancia entre sí, y finalmente hasta la comunidad de El Carmen siendo unos 12 km distancia entre dichas comunidades.

3.2. Factores abióticos

3.2.1. Altura

La fluctuación altitudinal del municipio oscila desde los 4500 m.s.n.m. en las cumbres más altas de las serranías de Rajará, ubicadas en el lado oeste del municipio, hasta los 500 m.s.n.m. en las partes más bajas, ubicadas en los márgenes del Río Grande de Tarija, comunidades de San Francisco San Telmo, Santa Clara, San Antonio, Tremental y Valle Dorado.

3.2.2. Superficie

El Municipio tiene una superficie de 4225,17 km² y cuenta con una población de 18,681 habitantes (según el Censo INE 2012).

3.2.3. Clima

En el municipio de Padcaya se presentan varios tipos climáticos determinados por la orografía, altitud sobre el nivel del mar principalmente. En general, el verano se caracteriza principalmente por una temperatura y humedad relativa alta y masas de aire inestables, produciéndose precipitaciones aisladas de alta intensidad y corta duración.

Precipitación pluvial

La temperatura media anual es de 16,7 °C, con una máxima y mínima promedio de 24,6 °C y 8,8 °C respectivamente. Los días con helada se registran en los meses de mayo a septiembre. La humedad relativo promedio es de 67%. La dirección del viento predominante es el Sur - Este con una velocidad promedio de 2,6 Km/h.

3.2.4. Hidrografía

- a) Fuentes de agua, disponibilidad y características el municipio de Padcaya y el departamento de Tarija, tienen dos fuentes importantísimas de agua, tal es el caso de las reservas de flora y fauna Tariquía y biológica cordillera de Sama, además de la reserva del Aguaragüe.
- b) Cuencas, sub cuencas y ríos existentes. Las cuencas que se encuentran en el municipio de Padcaya, pertenecen a la cuenca del río Bermejo.

3.3. Factores bióticos

3.3.1. Plantas

El bosque montano, por encima de los 1500 msnm, en el que se encuentran bosques oligo-específicos de pino de monte (*Podocarpus parlatorei*) y aliso (*Alnus acuminata*).

3.3.2. Animales

En la región se puede distinguir una variedad de animales vacunos (vacas), y ovinos (ovejas) así como también caprinos (cabras) y camélidos (llamas).

3.4. Factores económicos

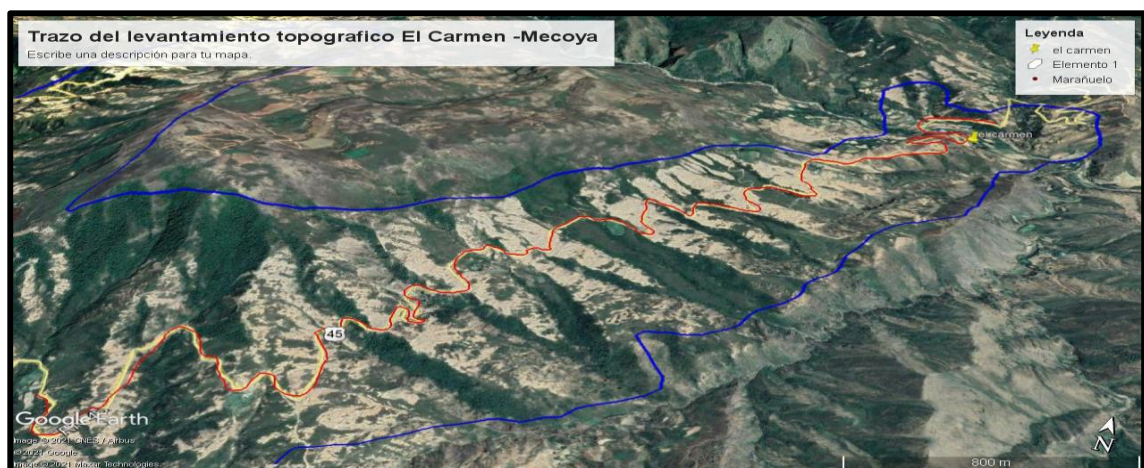
En general las comunidades perciben ingresos principalmente por la venta de su producción, luego por mano de obra como jornales o migración, y finalmente por el uso de los recursos naturales (madera, apicultura, hierbas). Entre los productos de mayor venta se encuentran: maíz, papa y caña de azúcar. Es importante notar que las comunidades que perciben un mayor nivel de ingresos lo hacen por la venta de ganado.

La sección presenta una vocación productiva orientada a la generación de excedentes, principalmente en tubérculos, fruticultura y cultivos semi industriales o transformados. Se tiene posibilidades de ampliar el área bajo riego, mediante un adecuado aprovechamiento de los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos, lo que permitirá el incremento de la producción y la diversificación de la misma.

3.5. Estudios complementarios.

3.5.1. Topografía.

Imagen 3.3. Trazo de levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración propia

Según lo expuesto en el capítulo II del presente trabajo, se realizó un levantamiento longitudinal porque sirve para estudiar y construir vías de transporte o comunicaciones.

Se realizará el levantamiento topográfico con estación total correspondiente para los 6 km del trazo en estudio, con una franja de terreno de 20 metros de ancho como mínimo a cada extremo del eje de la vía; además de elegir la mejor alternativa para que cumpla con las normativas de la (Administradora Boliviana de Carreteras) ABC. Los datos recogidos de campo serán procesados en gabinete y también se contará con el programa software de apoyo auto CAD civil 3D, para generar superficies, perfiles y otros.

Se demarcará en campo con la colocación de estacas en puntos característicos como ser: principio de curva PC, punto de intersección PI, fin de curva FC, etc.

Los planos se elaborarán a escala 1:100 y 1:1000, vertical y horizontal respectivamente, indicando la ubicación de obras de arte y todo detalle necesario para describir las características del terreno y la vía (esto se realizará con programas software de apoyo Auto CAD civil 3D).

En los planos se mostrará el estacado correspondiente de cada uno de los puntos, obteniendo de esta manera el perfil longitudinal del eje definitivo cuyas progresivas son cada 20 m en las tangentes y cada 10 m en las curvas, tomando también en cuenta otros puntos relevantes como lo son los PC, FC, ST y TS.

Para el replanteo del eje del proyecto, se utilizarán los documentos y los planos que contienen la información relacionada con la ubicación y referencias de la poligonal de diseño, en función a los puntos de intersección (PI's), bancos de nivel (BM's), poligonal básica, etc.

Cuadro 3.1. Datos Bm's

Código	Este	Norte	Altura
BM1	309316,460	7560527,890	2309,964
BM2	309389,410	7560551,700	2308,800
BM3	309443,390	7560480,660	2328,230
BM4	309457,260	7560370,170	2330,510
BM5	309436,630	7560367,560	2335,980
BM6	309375,090	7560483,520	2343,880
BM7	309292,640	7560414,160	2356,300

BM8	309169,730	7560207,950	2380,620
BM9	309238,600	7560271,390	2389,770
BM10	309294,870	7560272,810	2396,940
BM11	309332,370	7560140,800	2415,160
BM12	308965,900	7559823,170	2450,360
BM13	308760,830	7559652,660	2486,850
BM14	308766,900	7559552,910	2497,680
BM15	308847,540	7559376,970	2511,110
BM16	308646,190	7559065,410	2561,900
BM17	308432,750	7558927,990	2593,810
BM18	308332,830	7558698,790	2634,810
BM19	308069,020	7558439,300	2680,430
BM20	308003,950	7558351,890	2693,910
BM21	307923,790	7558117,320	2696,960
BM22	307805,990	7558051,950	2685,810
BM23	307858,760	7557902,010	2686,930
BM24	307781,240	7557938,170	2701,420
BM25	307793,550	7557821,230	2717,500
BM26	307737,690	7557795,030	2711,960
BM27	307667,440	7557729,860	2710,650
BM28	307744,560	7557448,840	2722,900

Fuente: Datos de Bm's obtenidos con levantamientos topográficos

Observaciones

En la zona donde se realizó el levantamiento topográfico, se pudo observar un terreno bastante curvoso y ondulado en su mayoría, también hubo zonas con terreno gravoso lo cual dificultó el desplazamiento del equipo.

También mencionar que se realizó el levantamiento topográfico en época de lluvia, esto se tornó más difícil para acceder a algunos lugares y realizar las mediciones, en épocas de lluvia es difícil la transitividad de movilidades por las llegadas de arroyos, los cuales hacen que a veces se corte la ruta.

3.6. Geotecnia

3.6.1. Muestreo y exploración

El muestro realizado fue el que se hace regularmente para la elaboración de los ensayos necesarios para identificar todas las propiedades de la sub rasante con la cual se va a trabajar. A continuación, se muestra la cantidad de veces que se realizaron dichos ensayos en general.

Cuadro 3.2. Ensayos realizados

Ensayo	N° de veces
granulometría	12
limites	12
compactación	3
CBR	3
TOTAL	30

Fuente: Estudio de suelos

Se tomaron muestras de la sub rasante cada 0.5 kilómetros, y se extrajeron a 1.3 metros de profundidad señalando cada muestra con la letra K y su sufijo según el orden de muestreo k-1, k-2, k-3, k-4, k-5, k-6, k-7, k-8, k-9, k-10, k-11, k-12.

Imagen 3.4. Zona de la toma de muestra K-1**Fuente elaboración propia.****Imagen 3.5. Extracción de la muestra k-1****Fuente elaboración propia.**

3.7. Ensayos de laboratorio

3.7.1. Ensayo de granulometría

Este análisis del suelo se desarrolló por medio de un juego de mallas, que tiene un tamaño graduado instituido por las normas AASHTO. Primero se estableció la cantidad de material necesario de cada muestra para efectuar el presente ensayo, en función al tipo de material que representaba cada muestra. Ya que las muestras extraídas estaban compuestas por material fino se tuvo que ejecutar el “Método del Lavado”; para esto se empleó 3000 gr. de muestra, se colocó el material en el tamiz N°200, y con ayuda de agua se empezó a lavar el suelo, hasta que el agua pasante tomó aspectos más claros. El material retenido en el tamiz N°200 se introdujo en un recipiente y se procedió a secar el mismo, para posteriormente volver a tamizar por las mallas 3”, 2”, 1”, $\frac{3}{4}$ ”, $\frac{3}{8}$ ” y N°4, N°10, N°40 y N°200. Una vez tamizado se procedió al pesado de los materiales retenidos en cada malla.

Imagen 3.6. Granulometría “Método del lavado”.



Fuente elaboración propia.

Observaciones. En nuestro caso al realizar los ensayos de granulometría, se procedió a realizar el método del lavado, ya que no lleva de mucho tiempo realizarla y además ayudará para tener una gráfica de la curva granulométrica más exacta de los resultados se obtuvieron 3 tipos de suelos A-1-a, A-4-3 y A-6-4 en la parte de **ANEXOS** se adjuntará los cálculos para cada suelo.

3.7.2. Límites de Atterberg

Se ensayaron las muestras que pasaron por el tamiz N°40, en una cantidad de 100 gramos aproximadamente.

Posteriormente, se colocó el material ya preparado, de manera horizontal en el aparato, y se realizó la ranura de manera firme en una sola pasada, para luego accionar la copa de Casagrande a un ritmo de dos golpes por segundo. Luego con ayuda de la espátula se realizó dos cortes de manera perpendicular a la ranura, para extraer la porción de suelo entre los cortes y proceder a depositarla en una de las cápsulas anteriormente pesadas.

Se pesó el suelo húmedo más la cápsula y se introdujo en el horno a una temperatura de 105 °C durante 24 horas, para luego extraer del horno y pesar la muestra seca más la capsula y registrar dichos datos en las planillas.

Para la determinación del límite plástico el material realizamos la formación de rollitos, rodándolos sobre una base de vidrio, hasta que los mismos alcancen un diámetro aproximado de tres milímetros y sobre estos se perciba pequeñas grietas en ese diámetro. Una vez que los rollitos presentaron a los tres milímetros estos agrietamientos, se los cortó en pequeños trozos y los mismos fueron introducidos en cápsulas, para registrar su peso húmedo más cápsula, las cuales después eran introducidas en el horno para su posterior pesaje del suelo seco más cápsula y por último se registraron estos datos en una planilla.

Imagen 3.7. Límite líquido.



Fuente Elaboración propia.

Observaciones

Como lo mencionado en capítulo II, en análisis de aporte teórico, las muestras extraídas en campo para realizar los ensayos de límites fueron realizadas en el transcurso de toda la semana, el suelo A-1-a no posee límite plástico y ni límite líquido, los reportes se pondrá en la parte de **ANEXOS**.

3.7.3. Ensayo de densidad y Compactación.

Para la preparación del material fue, necesario realizar una compensación del mismo entre los tamices de $\frac{3}{4}$ " y N°4, con el objetivo de extraer el material grueso y densificar más el material. Para estas muestras se empleó un molde de metal (Proctor Modificado T-180), estructurado por cinco capas y en cada una de ellas se aplicaron 56 golpes, tanteando una división de altura del molde en cinco partes iguales para la respectiva compactación. Por otro lado, se controlaron los valores de contenido de humedad de cada muestra ensayada y además el peso del molde más muestra húmeda después de realizar el proceso de compactación. Se trituraron los terrones para facilitar el manipuleo del material y así evitar problemas respecto a la homogenización de la humedad del material provocado por la presencia de grumos o terrones.

Imagen 3.8. Compactación.



Fuente elaboración propia.

Observaciones

Los reportes completos de las Compactaciones se encontrarán en la parte de **ANEXOS**.

3.7.4. Ensayo de CBR

El método de CBR es normalmente utilizado para analizar materiales cuyo diámetro máximo de partículas es de $\frac{3}{4}$ ", existiendo metodologías adicionales para los casos en los cuales no se cumpla con este tipo de granulometría, pero debido a que dichos métodos forman parte del alcance de este manual, no se detallará sobre los mismos. En el diseño de pavimentos flexibles utilizados en las diferentes obras de infraestructura vial, el método del CBR se convierte en pieza clave en la búsqueda de evaluar la resistencia potencial de los materiales utilizados en la base y sub base de las estructuras y además de esto, brindando información sobre la expansión esperada en el suelo bajo la estructura de pavimento cuando el suelo se satura e indicando la pérdida de resistencia debido a la saturación en el campo. A continuación, se presenta una tabla donde con base a los valores de CBR se establece una clasificación general para el suelo.

Imagen 3.9. Ensayo de CBR



Fuente elaboración propia.

Cuadro 3.3. Resumen de CBR tramo El Carmen – Mecoya

Resumen de los CBR obtenidos en laboratorio	
A-1-a	CBR al 100%
	17
A-4-3	8
A-6-4	7

Fuente: Resultados de los cálculos de los CBR, en comparación con la clasificación de suelos para el diseño de pavimento en el tramo El Carmen-Mecoya

3.7.5. Planilla de resultado de los ensayos

En las siguientes planillas se podrá observar las muestras tomadas en la ruta El Carmen - Mecoya. Tomando en cuenta que el muestreo se comenzó desde la progresiva 0+500.

Cuadro 3.4. Reporte de muestreo

Cuadro de resumen de las muestras del tramo El Carmen-Mecoya										
n°	Sig.	Prog.	Prof.	Clas. ASSTHO	Clas. SUCS	límite líq.	límite plás.	Dend. max	% hum. óptima	CBR
1	K1	0+500	1.3	A-1-a	GW	0	0	2.17	5.33	17
2	K2	1+000	1.3	A-1-a	GW	0	0	2.17	5.33	17
3	K3	1+500	1.3	A-4-3	ML-CL	35.47	26.72	2.01	11.35	8
4	K4	2+000	1.3	A-1-a	GW	0	0	2.17	5.33	17
5	K5	2+500	1.3	A-1-a	GW	0	0	2.17	5.33	17
6	K6	3+000	1.3	A-1-a	GW	0	0	2.17	5.33	17
7	K7	3+500	1.3	A-4-3	ML-CL	37	27.81	2.01	11.35	8
8	K8	4+000	1.3	A-1-a	GW	0	0	2.17	5.33	17
9	K9	4+500	1.3	A-1-a	GW	0	0	2.17	5.33	17
10	K10	5+000	1.3	A-4-3	ML-CL	36.58	26.97	2.01	11.35	8
11	K11	5+500	1.3	A-6-4	CL	37	21.26	2.02	7.53	7
12	K12	6+000	1.3	A-6-4	CL	36.9	21.46	2.02	7.53	7

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio tramo: El Carmen-Mecoya.

3.7.6. Materiales para capa sub base

Todos los materiales considerados aptos para la capa base podrán utilizarse para la capa sub-base.

El C.B.R. de laboratorio debe tener un valor mínimo del 60% y expansiones menores al 1% correspondiente al 97% de la densidad máxima seca del ensayo AASHTO T-180

Los requisitos de gradación son:

Los agregados en el tamiz N° 10 deberán estar conformados por partículas de grava o roca dura.

La fracción que pasa la malla N° 10 será de arenas naturales o arenas de trituración, de consistencia dura.

La fracción que pasa la malla N° 200 no será mayor que 2/3 de la fracción que pasa la malla N° 40.

Los requisitos de plasticidad son:

Límite Líquido $\leq 25\%$

Índice Plástico $\leq 6\%$

3.7.7. Materiales para capa base

La capa base debe ser de piedra semitriturada o roca triturada.

El C.B.R. de laboratorio debe tener un valor mínimo del 80% con expansiones no mayores al 0,5 % correspondiente al 100 % de la densidad máxima seca del ensayo AASHTO T-180.

Los requisitos de gradación para agregados de capa base son:

La gradación granulométrica que debe cumplir la capa base, estará de acuerdo con las Especificaciones Técnicas de las Normas AASHTO.

Los porcentajes en peso del material que pasa por los tamices de malla cuadrada, no menos del 50% en peso de las partículas retenidas en el tamiz N° 4. Deberán tener al menos una cara fracturada.

El porcentaje que pasa la malla N° 200 no debe ser mayor que 2/3 de la fracción que pasa por el tamiz N° 40.

Los requisitos de Plasticidad para los materiales de la capa base son:

Límite Líquido $\leq 25\%$

Índice Plástico $\leq 6\%$

El porcentaje máximo para el ensayo de abrasión desgaste de Los Ángeles, deberá ser < 40%.

El grado de compactación que deberá alcanzar la capa base será del 100% del ensayo T-180 D.

El porcentaje de humedad óptima de la capa base, realizada por el ensayo AASHTO - 180 D de laboratorio, no deberá variar en obra en $\pm 0.5\%$ de dicho valor.

3.7.8. Agregados para pavimento

El porcentaje de abrasión Los Ángeles deberá ser < 40%.

La pérdida por inmersión al sulfato de sodio (durabilidad) deberá ser < 12%.

Laminaridad < 15% ,Adherencia > 95% .

Los materiales pueden obtenerse por un proceso de trituración o por simple clasificación, corrigiendo cuando sean necesarias sus deficiencias, tanto en granulometría como en plasticidad.

3.7.9. Bancos de préstamo

Los bancos de materiales a utilizarse como fuentes de explotación para la obtención de materiales destinados a cubrir las demandas necesarias en la construcción de las capas base y sub-base, como también para los agregados del pavimento, estos deben encontrarse cercanas al área de influencia del proyecto.

Ubicación de los bancos de préstamo

El trabajo de campo consistió en localizar los bancos de préstamo más cercanos y con mejores características, con el fin de reducir costos y dar calidad a la construcción de la carretera los materiales provenientes de las fuentes de préstamo deben presentar características uniformes.

Las especificaciones de calidad para los materiales de capa base y de sub base, se extrajeron de las "Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway" de AASHTO.

Con tal motivo se localizó el banco de préstamo dentro de la zona del proyecto ubicada sobre el río Tholar.

Imagen 3.10. Identificación de banco de préstamo.



Fuente: Elaboración propia

3.8. Hidrología e hidráulica

La principal fuente de información climatológica en el país, es el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Institución encargada del registro de todos los datos climatológicos e hidrológicos del país.

El proyecto en estudio cuenta con datos de estaciones que están cercanas a la zona, las estaciones son Padcaya, Cañas y La Merced. Todas estas estaciones cuentan con datos suficientes para poder realizar estadísticas.

3.8.1. Procedimiento y cálculo correspondiente

Determinación de parámetros estadísticos

Con las formulas ya establecidas en el Capítulo 2 procedemos a calcular los parámetros estadísticos para la cuenca 1.

	CAÑAS	PADCAYA	LA MERCED
MEDIA	54.78	53.3	55.40909091
DESVIACIÓN	20.39297	36.3761725	15.25912544
VARIANZA	415.8734	1323.225926	232.8409091
MODA (E)	45.60316	36.91590756	48.54248446
E*nro	1641.714	996.7295041	825.2222359
CARACT. (K)	0.802843	1.76908319	0.564355092
K*Nro	28.90233	47.76524612	9.594036559
Nro Datos	36	27	17

Moda ponderada.

$$E_d = \frac{E_{t1} \cdot N_1 + E_{t2} \cdot N_2}{N_1 + N_2}$$

Donde:

Ed = Moda de cada estación (mm)

N = Número de datos de cada estación

$$Ed = 40.15303$$

Característica ponderada.

$$K_{tp} = \frac{K_{t1} \cdot N_1 + K_{t2} \cdot N_2}{N_1 + N_2}$$

Donde:

K= Característica de cada estación

N = Número de datos de cada estación

$$Kd = 1.078270$$

ALTURA DE LLUVIA MÁXIMA DIARIA PARA UN DETERMINADO PERIODO DE RETORNO

De donde se obtiene la ecuación de Gumbell Modificado para lluvias máximas diarias:

$$h_{dT} = E_D \cdot (1 + K_D \cdot \text{Log}T)$$

Donde:

hdT = Lluvia máxima diaria para un periodo de retorno (mm)
 ED = Moda (mm).
 KD = Característica de la distribución.
 T = Periodo de retorno (años).

Para determinar estas lluvias máximas diarias nos adoptaremos los periodos de retorno de: 5, 10, 25 y 50 años.

Datos	Periodo de retorno	Altura de lluvia (mm)
Ed , Kd	5	70.41551258
	10	83.44885295
	25	100.6779918
	50	113.7113321

Determinación de la altura de lluvia máxima horaria para un periodo de retorno T y tiempo de duración t

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

Ed= moda ponderada

Kd= característica ponderada

Siendo:

$T=$ periodo de retorno

$hdt=$ altura de lluvia máxima diaria

$t=$ Es el tiempo de duración de la lluvia

$\beta=$ Es una constante que en nuestro medio se adopta generalmente 0.2

$\alpha=$ Equivalente de lluvia diaria que depende de la magnitud de la cuenca:

para: $A_c > 20 \text{ [km}^2\text{]}$ $\alpha = 12$

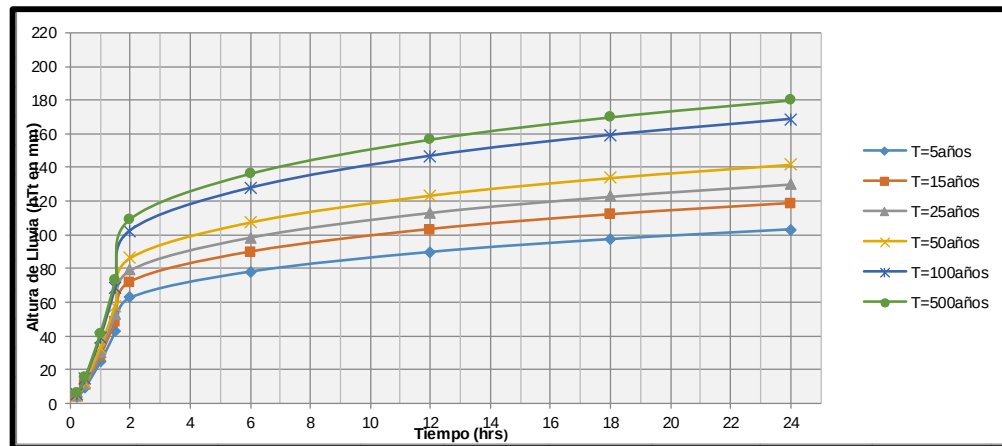
$A_c < 20 \text{ [km}^2\text{]}$ $\alpha = 2$

Datos

$A_1 = 0.02 \text{ [km}^2\text{]} \rightarrow \alpha = 2 \quad \beta = 0.2$

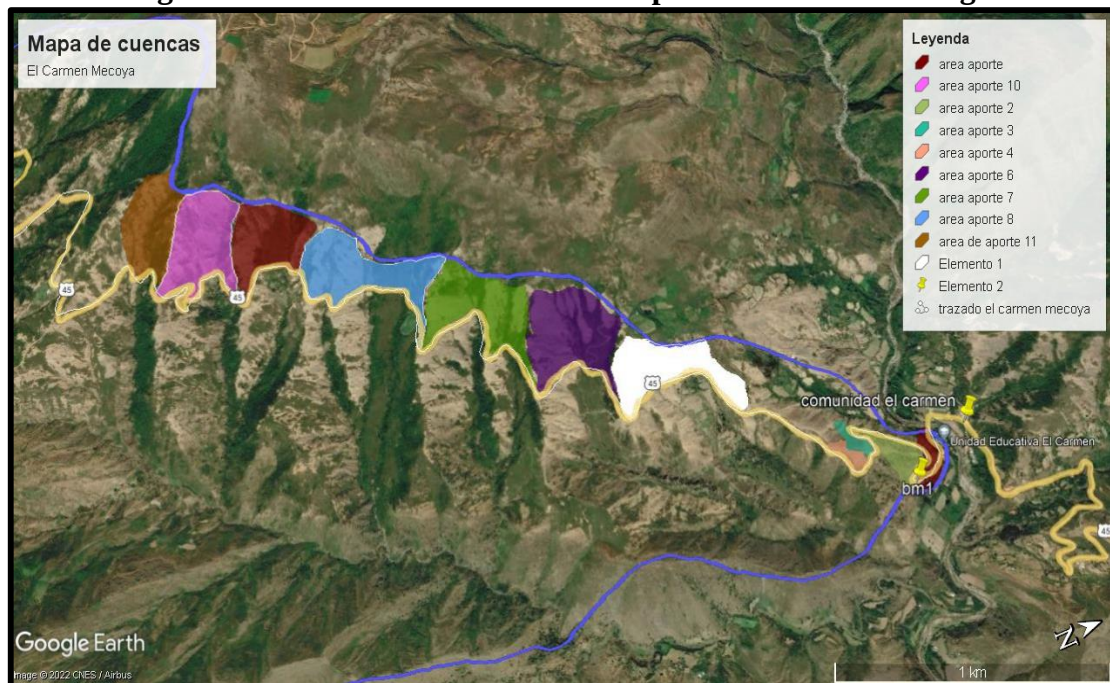
Periodo de retorno (años)	Periodos de duración de lluvias en horas (t)								
	0.25	0.5	1	1.5	2	6	12	18	24
5	4.77	12.38	32.14	56.16	70.42	87.72	100.76	109.27	115.75
10	5.53	14.54	38.26	67.38	83.45	103.95	119.41	129.50	137.17
25	6.08	16.15	42.85	75.84	100.68	125.42	144.07	156.24	165.49
50	6.43	17.46	47.40	85.01	113.71	141.65	162.72	176.46	186.91

CURVAS PRECIPITACIÓN - INTESIDAD - FRECUENCIA



Delimitación de la cuenca

Imagen 3.11. Delimitación de la cuenca para el estudio hidrológico.



Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño de carreteras se toma un tiempo de concentración de $t_c = 10$ min para calcular la intensidad con la cual se diseñara las cunetas y alcantarillas.

Intensidad de precipitación en los 10 min. de máxima concentración:

Periodo de Retorno T (años)	htT Altura de Lluvia en (mm)	"imax" Intensidad Maxima (mm/hr)
5	2,40	14,41
10	2,73	16,36
25	3,14	18,83
50	3,44	20,63

Caudal Máximo.-

Fórmula Racional:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal máximo (m3/seg)

C = Coeficiente de escorrentía (Adimensional)

i = Intensidad de lluvia (mm/hr).

A = Área de la cuenca (km2).

Coeficiente de escorrentía. Método Racional

Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada >50%	Alta 50%-20%	Media 20%-8%	Suave 8%-1%	Despreciable <1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos y vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierva y grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques y vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: Ramírez, Maritza. 2003. Hidrología Aplicada. Universidad de Los Andes.

Para una cobertura vegetal: pasto y vegetación ligera, cultivos, suelo semipermeable pendiente del terreno media (6,70%) adoptamos el valor de:

$$C = 0.45$$

Calculando los caudales máximos mediante la fórmula Racional se obtiene los siguientes resultados:

Periodo de Retorno T (años)	Caudal Máximo (m ³ /seg)
5	0.03602
10	0.04091
25	0.04708
50	0.05157

- **Observaciones**

Se tomaron tres estaciones para el análisis de datos, el resto de cálculo de caudales máximos serán incluidos en la parte de anexos.

3.8.2. Resumen de los caudales

Cuadro 3.5. Resumen de los caudales máximos

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
Período de retorno	Caudal máximo	Caudal máximo	Caudal máximo	Caudal máximo	Caudal máximo	Caudal máximo	Caudal máximo	Caudal máximo	Caudal máximo	Caudal máximo	Caudal máximo
T años	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)
5	0,036	0,050	0,018	0,020	0,142	0,175	0,155	0,160	0,122	0,133	0,121
10	0,041	0,057	0,020	0,022	0,162	0,198	0,176	0,182	0,139	0,151	0,137
25	0,047	0,066	0,024	0,026	0,186	0,228	0,202	0,209	0,160	0,174	0,158
50	0,052	0,072	0,026	0,028	0,204	0,250	0,222	0,229	0,175	0,191	0,173

Fuente: Estudio hidrológico

Se observa que el caudal máximo ocurre en el área 6 de aportes como se muestra en el cuadro 3.5 el cual se utilizara para el diseño de las cunetas como de las alcantarillas de alivio usando los valores de 5 años para las cunetas y de 10 años para las alcantarillas de alivio.

3.9. Aforamientos; tránsito

3.9.1. Descripción y selección de los tramos

Estos datos se recogieron mediante el aforo en un lugar estratégico dentro del tramo a ser diseñado El Carmen - Mecoya.

El punto estratégico para realizar el aforo de la carretera fue: en la unidad educativa El Carmen, el aforo se hizo por 7 días.

3.9.2. Trabajo de campo.

Cuadro No 3

Planificación vial
Proyecto : 2021
Aforo volumétricos clasificados

Estación: El Carmen
Sentido: Ambas direcciones
(EL CARMEN -MECOYA)"

Cuadro 3.6. Aforo de volúmenes en ambos sentidos.

DIA	MES	HORA	L I V I A N O S				BUSES			CAMIONES				OTROS	TOTAL
			VEH.LIV	CAMNETAS	JEEP-VAG.	MINIBUS	MICRO 22 As.	OMNIBUS 23-35 As.	OMNIBUS >= 36 As.	PEQ < 6 T	MED 6 T a < 10 T	GRANDE >= 10 T	C/ACO- PLADO		
PROMEDIO 7 DIAS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		6	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	5
		7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		8	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4
		9	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
		10	1	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	6
		11	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4
		12	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	4
		13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
		14	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
		15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		16	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		17	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
		18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		19	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL			14	7	5	3	2	2	0	3	4	1	0	2	44
%			31,82%	16,36%	11,82%	6,82%	5,00%	4,55%	0,00%	6,82%	9,55%	2,73%	0,00%	4,55%	100%

Fuente: Estudio aforo de tránsito.

Proyecto: Planificación vial

Viaje origen - Destino

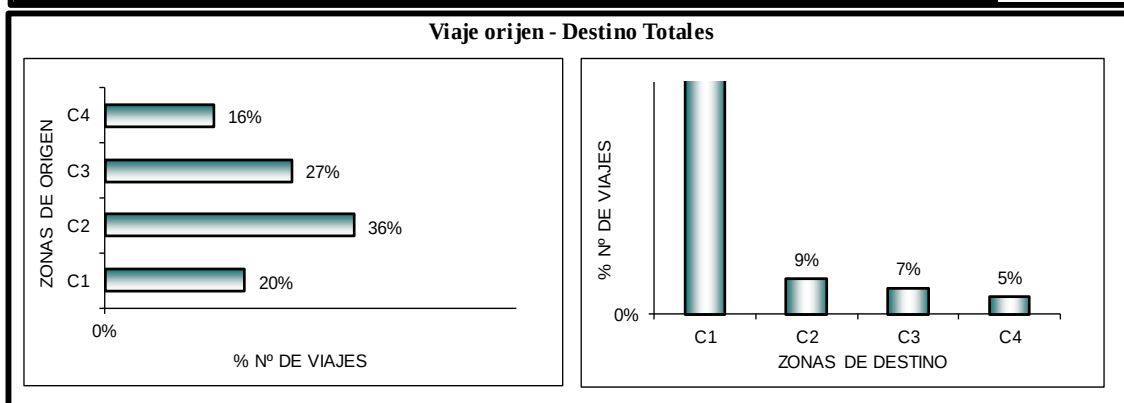
Estación: EL CARMEN

Ruta: "EL CARMEN - MECOYA"

Cuadro 3.7. Encuestas origen y destino.

No Zona	Centroide	Población
1	EL CARMEN	MECOYA
2	PADCAYA	ABRA LA CRUZ, OROZAS, LA MAMORA, BERMEJO
3	SAN FRANCISCO	ROSILLAS
4	TARIJA	LA PINTADA, EL VALLE, HUAYLLAJARA
Area de influencia directa		
No Zona	Centroide	Población
1	EL CARMEN	MECOYA
3	SAN FRANCISCO	ROSILLAS
Area de influencia indirecta		
No Zona	Centroide	Población
2	PADCAYA	ABRA LA CRUZ, OROZAS, LA MAMORA, BERMEJO
4	TARIJA	LA PINTADA, EL VALLE, HUAYLLAJARA

R.T "(EL CARMEN - MECOYA)"						
Destino	C1	C2	C3	C4	Total	%
Origen	El Carmen	Padcaya	San Francisco	Tarija		
1 El Carmen	0	4	3	2	9	20%
2 Padcaya	16	0	0	0	16	36%
3 San Francisco	12	0	0	0	12	27%
4 Tarija	7	0	0	0	7	16%
Total general	35	4	3	2	44	100%
%	80%	9%	7%	5%	100%	



Fuente: Estudio aforo de tránsito.

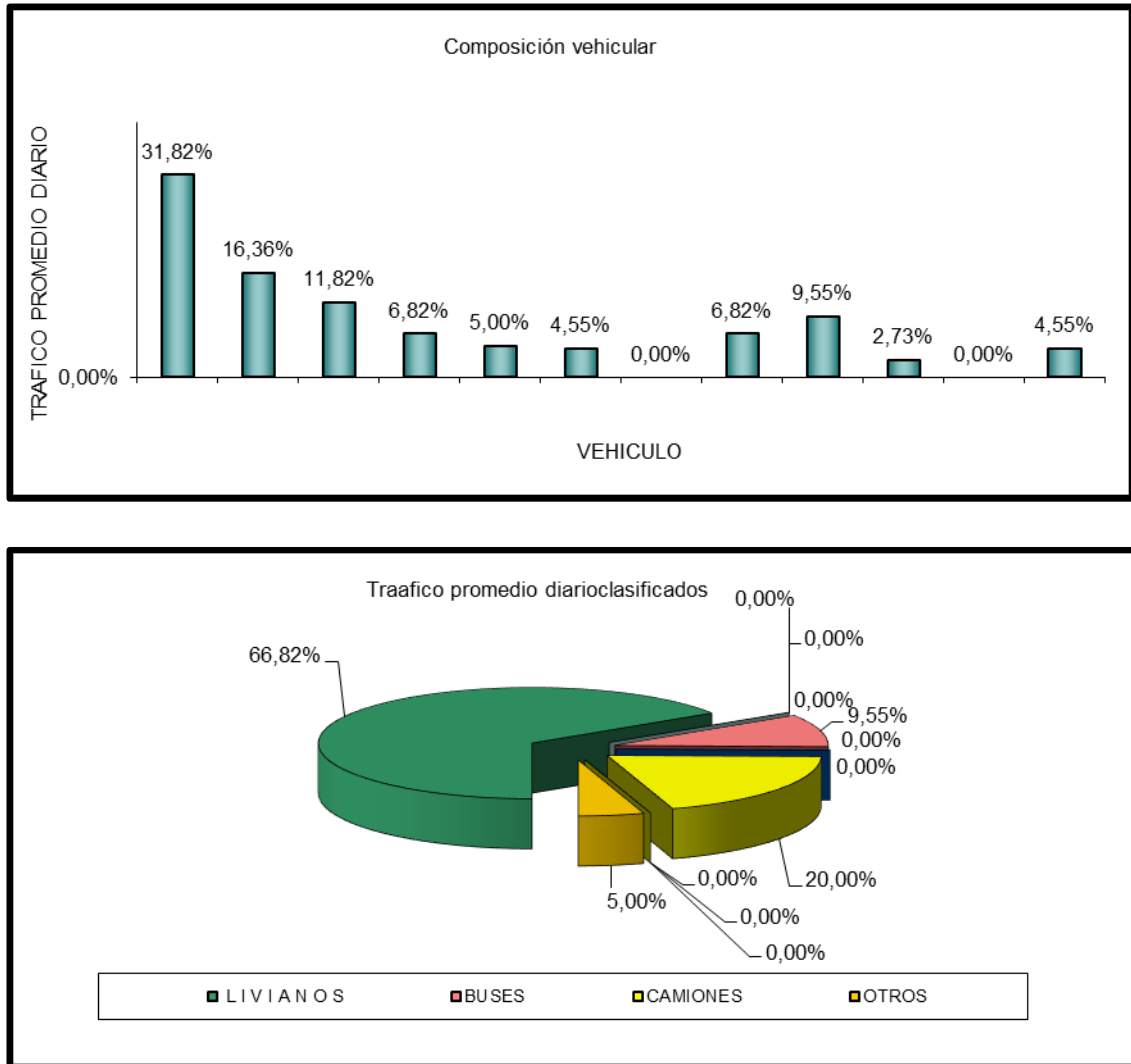
Proyecto: Planificación vial

Aforo volumétrico clasificados

Estación: El Carmen

Ruta: (EL CARMEN - MECOYA)"

Cuadro 3.8. Volúmenes clasificados.



Fuente: Estudio aforo de tránsito.

Cuadro 3.9. Tráfico generado y atraído.

índice de crecimiento	%
tráfico atraído	5 a 15
tráfico generado	2 a 6

Trafico normal

Años	Totales
2021	44
2022	46
2023	46
2024	48
2025	49
2026	50
2027	51
2028	53
2029	54
2030	56
2031	57
2032	59
2033	60
2034	62
2035	63
2036	66
2037	68
2038	70
2039	71
2040	73
Total	1056

Trafico atraído

Años	Totales	Totales
2021	47	
2022	49	
2023	50	13
2024	51	13
2025	53	13
2026	54	14
2027	56	14
2028	57	14
2029	59	15
2030	60	15
2031	62	16
2032	64	16
2033	66	17
2034	67	17
2035	69	17
2036	71	18
2037	73	18
2038	75	19
2039	77	19
2040	79	20
Total	1239	286

Trafico generado

Años	Totales	Totales
2021	44	
2022	46	
2023	46	2
2024	48	2
2025	49	2
2026	50	3
2027	51	3
2028	53	3
2029	54	3
2030	56	3
2031	57	3
2032	59	3
2033	60	3
2034	62	3
2035	63	3
2036	66	3
2037	68	3
2038	70	3
2039	71	4
2040	73	4
Total	1056	53

Fuente: Estudio aforo de tránsito.**3.9.3. Procedimiento**

Primero se realizó el aforo en el punto unidad educativa El Carmen, se aforó un promedio de 7 días, se debe controlar la hora el modelo y el tipo de vehículo que pase por nuestro punto de aforo.

El cálculo de volumen clasificado se tomó según el tipo de vehículos, desde livianos hasta pesados; los resultados estadísticos estarán más a detalle en la parte de **ANEXOS**.

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y ANÁLISIS

4. Diseño y Análisis

4.1. Diseño en tráfico

4.1.1. Planilla de datos aforados

Estación: El Carmen

Cuadro 4.1. Aforo volumétrico sentido 1

DIA	MES	HORA	LIVIANOS				BUSES			CAMIONES				OTROS	TOTAL	
			VEHLIV.	CAMNETAS	JEEP-VAG.	MINIBUS	MICRO 22 As.	OMNIBUS 23-35 As.	OMNIBUS >= 36 As.	PEQ < 6 T	MED 6T a < 10 T	GRANDE >= 10 T	C/ACO- PLADO			
PROMEDIO 7 DIAS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
		7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		8	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4
		9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		10	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
		11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		16	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		17	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
		18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL			9	4	2	1	1	1	0	1	2	0	0	1	22	
%			41%	18%	9%	5%	5%	5%	0%	5%	9%	0%	0%	5%	100%	

Sentido:2

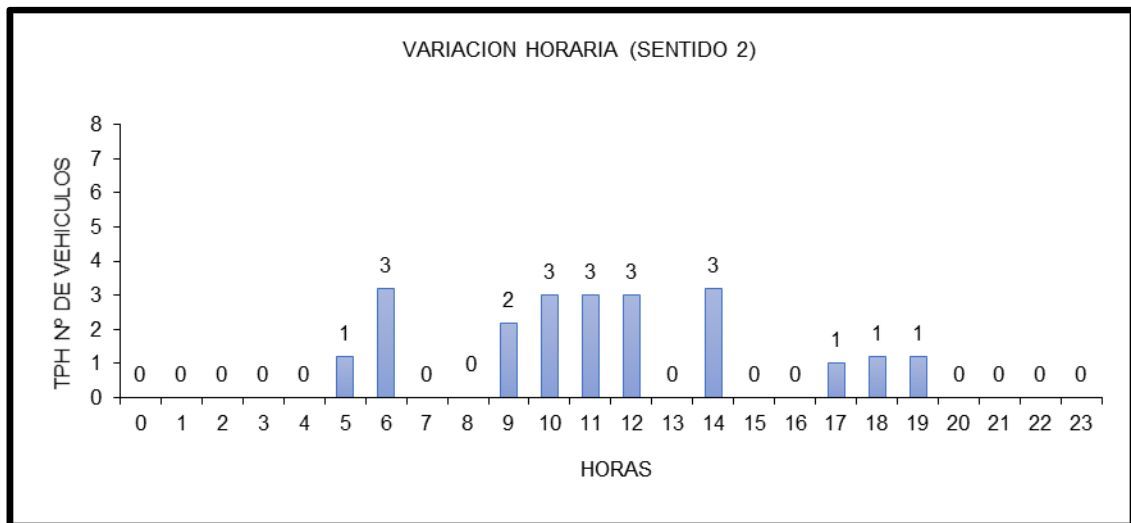
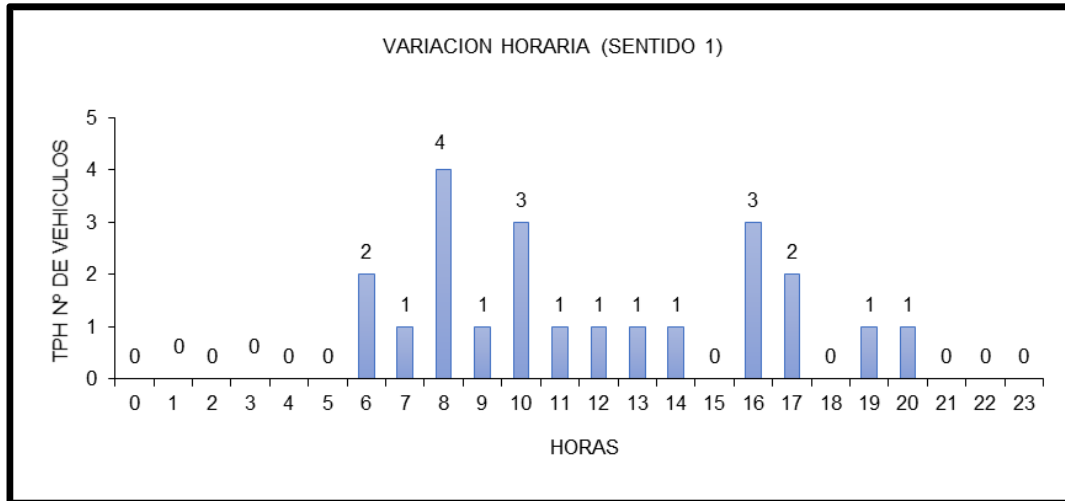
DIA	MES	HORA	LIVIANOS				BUSES			CAMIONES				OTROS	TOTAL
			VEHLIV.	CAMNETAS	JEEP-VAG.	MINIBUS	MICRO 22 As.	OMNIBUS 23-35 As.	OMNIBUS >= 36 As.	PEQ < 6 T	MED 6T a < 10 T	GRANDE >= 10 T	C/ACO- PLADO		
PROMEDIO 7 DIAS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	6	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
	10	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
	11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	3
	12	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	19	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL			5	3	3	2	1	1	0	2	2	1	0	1	22
%			23%	14%	14%	9%	5%	5%	0%	9%	10%	5%	0%	5%	100%

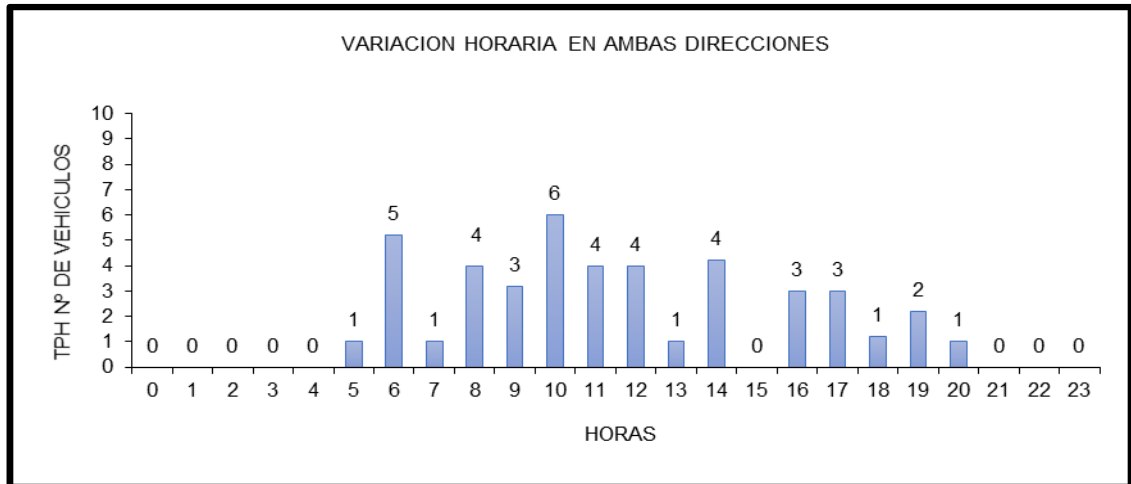
Fuente: Estudio aforo de tránsito

4.1.2. Desarrollo de la estadística de los datos levantados

Proyecto : Planificación vial
 Aforo volumétricos clasificados
 Estación: El Carmen
 Ruta: (EL CARMEN - MECOYA)"

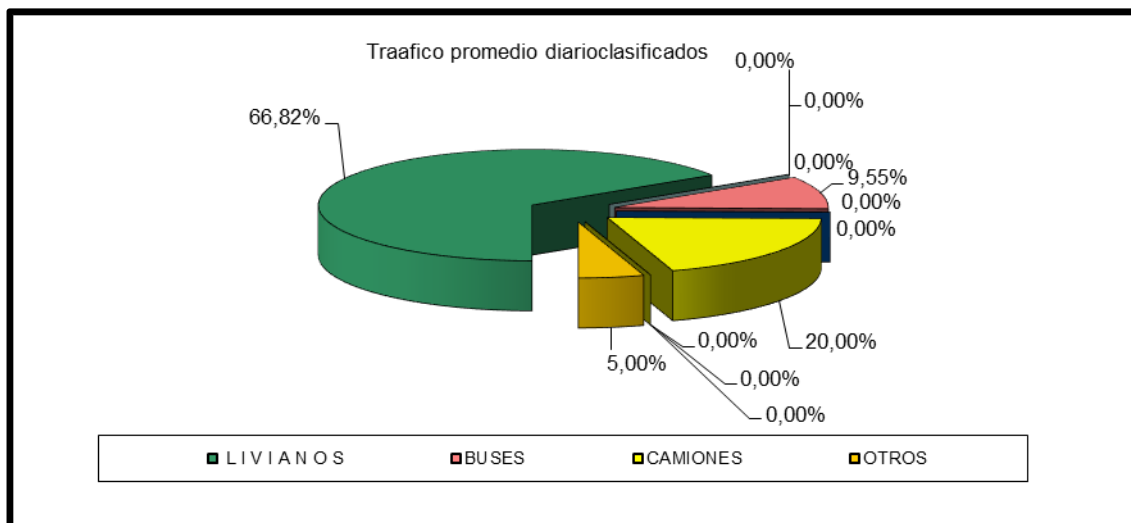
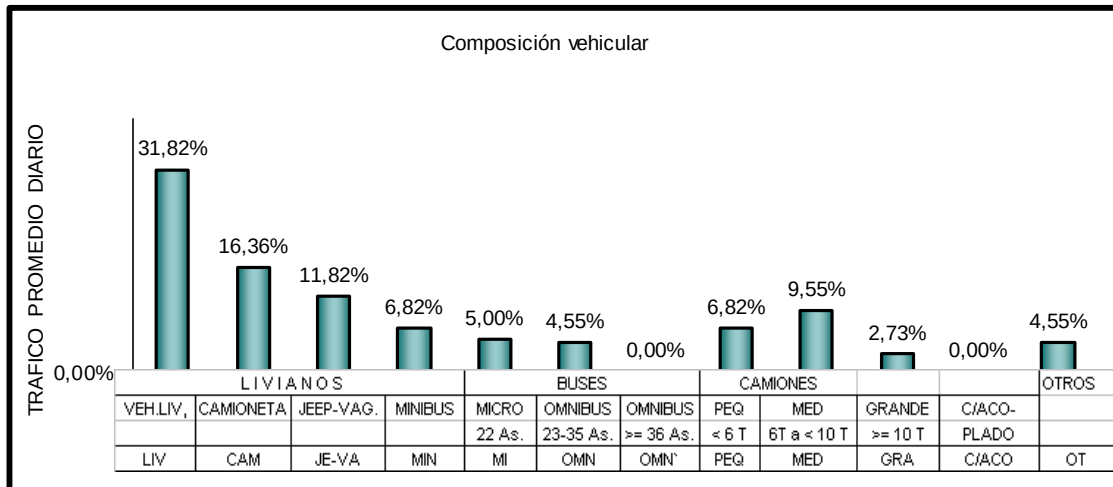
Cuadro 4.2. Variación horaria.





Fuente: Estudio aforo de tránsito

Cuadro 4.3. Composición vehicular.



Fuente: Estudio aforo de tránsito

4.1.3. Determinación del tráfico promedio diario anual(TPDA)

Cuadro 4.4. Índice de crecimiento.

TARIJA	ÍNDICE DE CRECIMIENTO
POBLACIONAL	1.13
PARQUE AUTOMOTOR	5.00
VEHICULAR URIONDO	2.12
PROMEDIO	2.75

Fuente: Diseño Paquete AASTHO 93

Determinación del trafico promedio diario anual(TPDA)

$$TPD_{15} = TPD_0 * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^n$$

Donde:
 Va = Volumen actual de vehiculos
 n = 20 [años] Periodo de Diseño
 i = 2.75 [%] Índice de crecimiento

Cuadro 4.5. Tráfico normal

Tipos de Vehículo	1	2	3	4	5	6	Total
	Liviano	Micro Buses	Buses	Camión Med.	Camión Gran.	Otros	
2021	29	3	2	4	4	2	44
2022	30	3	2	4	4	3	46
2023	31	3	2	4	4	2	46
2024	31	3	2	4	4	2	48
2025	32	3	2	4	4	2	49
2026	33	3	2	5	5	2	50
2027	34	4	2	5	5	2	51
2028	35	4	2	5	5	2	53
2029	36	4	2	5	5	2	54
2030	37	4	3	5	5	2	56
2031	38	4	3	5	5	2	57
2032	39	4	3	5	5	2	59
2033	40	4	3	6	6	2	60
2034	41	4	3	6	6	2	62
2035	42	4	3	6	6	2	63
2036	44	5	3	6	6	3	66
2037	45	5	3	6	6	3	68
2038	46	5	3	6	6	3	70
2039	47	5	3	7	7	3	71
2040	49	5	3	7	7	3	73
TOTAL	760	79	52	105	105	46	1146
%	66,28	6,86	4,57	9,14	9,14	4,01	100

Fuente: Diseño Paquete AASTHO 93

Cuadro 4.6. Tráfico normal, atraído y generado

Tráfico normal		Tráfico atraído			Tráfico generado		
Años	Totales	Años	Totales	Totales	Años	Totales	Totales
2021	44	2021	47		2021	44	
2022	46	2022	49		2022	46	
2023	46	2023	50	8	2023	46	2
2024	48	2024	51	8	2024	48	2
2025	49	2025	53	8	2025	49	2
2026	50	2026	54	8	2026	50	3
2027	51	2027	56	8	2027	51	3
2028	53	2028	57	9	2028	53	3
2029	54	2029	59	9	2029	54	3
2030	56	2030	60	9	2030	56	3
2031	57	2031	62	9	2031	57	3
2032	59	2032	64	10	2032	59	3
2033	60	2033	66	10	2033	60	3
2034	62	2034	67	10	2034	62	3
2035	63	2035	69	10	2035	63	3
2036	66	2036	71	11	2036	66	3
2037	68	2037	73	11	2037	68	3
2038	70	2038	75	11	2038	70	3
2039	71	2039	77	12	2039	71	4
2040	73	2040	79	12	2040	73	4
Total	1056	Total	1239	171	Total	1056	53

Fuente: Diseño Paquete AASTHO 93

Tráfico generado = 5 % (Tráfico normal)**Tráfico atraído = 15 % (Tráfico normal)****Tránsito futuro** $Tf = CNT + TI + TG$

Donde:

Crecimiento normal del tránsito (CNT),

Tráfico inducido (TI)

Tráfico generado (TG)

Cuadro 4.7. Proyección total del TPDA.

Años	Normal	Desviado	Generado	Total
2021	44			44
2022	46			46
2023	46	8	2	56
2024	48	8	2	58
2025	49	8	2	59
2026	50	8	3	61
2027	51	8	3	62
2028	53	9	3	64
2029	54	9	3	66
2030	56	9	3	67
2031	57	9	3	69
2032	59	10	3	71
2033	60	10	3	73
2034	62	10	3	75
2035	63	10	3	77
2036	66	11	3	80
2037	68	11	3	82
2038	70	11	3	84
2039	71	12	4	87
2040	73	12	4	89
Total	1056	171	53	1280
Diseño 20 Años		Total		1280

Fuente: Diseño Paquete AASTHO 93

Para el Cálculo del volumen final de vehículos se usará la siguiente expresión:

$$V_f = V_a * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^n$$

Dónde:

V_a = Volumen actual de vehículos.

n = 20 (años) Periodo de diseño.

i = 2.75 (%) Índice de crecimiento para vehículos livianos.

Cuadro 4.8. Cuadro cálculo (TPDA)

Tipos de Vehículo	1	2	3	4	5	6	Total
	Liviano	Utilitario	Buses	Camión Med.	Camión Gran	Artic.	
2021	29	3	2	4	4	2	44
2022	30	3	2	4	4	3	46
2023	31	3	2	4	4	2	47
2024	31	3	2	4	4	2	49
2025	32	3	2	4	4	2	50
2026	33	3	2	5	5	2	52
2027	34	4	2	5	5	2	53
2028	35	4	2	5	5	2	55
2029	36	4	2	5	5	2	56
2030	37	4	3	5	5	2	58
2031	38	4	3	5	5	2	59
2032	39	4	3	5	5	2	61
2033	40	4	3	6	6	2	62
2034	41	4	3	6	6	2	64
2035	42	4	3	6	6	2	66
2036	44	5	3	6	6	3	68
2037	45	5	3	6	6	3	70
2038	46	5	3	6	6	3	71
2039	47	5	3	7	7	3	74
2040	49	5	3	7	7	3	76
Suma Total (I)	779	79	52	105	105	46	1146
Porcentaje	65,99%	6,86%	4,57%	9,14%	9,14%	4,01%	100%

Fuente: Diseño Paquete AASTHO 93.

4.1.4. Determinación del factor equivalente vehículos ponderado.

$$FCE = \frac{1}{10^{4.79 \cdot \log(18+1) - 4.79 \cdot \log(L_x + L_2) + 4.33 \cdot \log L_2 + \frac{G_t - G_l}{\beta_x - \beta_{18}}}}$$

equivalente.

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.081 \cdot (L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} \cdot L_2^{3.23}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5}\right)$$

Dónde:

FCE = Factor de carga

SN = 3,0 Número estructural (asumido).

Pt = 2,5 Serviciabilidad final.

Lx = Carga eje simple, tandem

L2 = Código de eje.

L2 = 1 Eje simple.

L2 = 2 Eje tandem.

 β_{18} = Igual a β_x cuando $L_x = 18$ y $L_2 = 1$

Cuadro 4.9. Factores Equivalentes Vehiculares.

Tipos de Vehículos	1				2				3				4				5				6			
	Livianos				Utilitarios				Buses				Camión Med.				Camión Gra				Articulado			
Nomenclatura	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	1	2	3	0
Eje Delantero (ton)	0,6				2,5				4				5				6				6			
Eje Delantero (kips) (Lx)	1,32				5,5				8,8				11				13,2				13,2			
Eje Trasero (ton)	0,6				4				9				9				17				18			
Eje Trasero (kips) (Lx)	1,32				8,8				19,8				19,8				37,4				39,6			
Eje Delantero Remolque (ton)	0				0				0				0				0				25			
Eje Delantero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0				0				0				55			
Eje Trasero Remolque (ton)	0				0				0				0				0				0			
Eje Trasero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0				0				0				0			
F. E. Eje Delantero (*)	0,0000916				0,0119				0,0729				0,1668				0,3225				0,3225			
F. E. Eje Trasero (*)	0,0001				0,0729				1,4378				1,4378				1,5888				1,9778			
F. E. Eje Delantero Remolque (*)	0,0000				0,0000				0,0000				0,0000				0,0000				1,7762			
F. E. Eje Trasero Remolque (*)	0,0000				0,0000				0,0000				0,0000				0,0000				0,0000			
Factor Equivalente con carga completa	0,0002				0,0848				1,5107				1,6046				1,9113				4,0765			
Eje Delantero (ton)	0,6				2				2				2				3				3			
Eje Delantero (kips) (Lx)	1,32				4,4				4,4				4,4				6,6				6,6			
Eje Trasero (ton)	0,6				2				4				5				6				6			
Eje Trasero (kips) (Lx)	1,32				4,4				8,8				11				13,2				13,2			
Eje Delantero Remolque (ton)	0				0				0				0				0				25			
Eje Delantero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0				0				0				55			
Eje Trasero Remolque (ton)	0				0				0				0				0				0			
Eje Trasero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0				0				0				0			
F. E. Eje Delantero (*)	0,0001				0,0051				0,0051				0,0051				0,0242				0,0242			
F. E. Eje Trasero (*)	0,0001				0,0051				0,0729				0,1668				0,0332				0,0332			
F. E. Eje Delantero Remolque (*)	0,0000				0,0000				0,0000				0,0000				0,0000				1,7762			
F. E. Eje Trasero Remolque (*)	0,0000				0,0000				0,0000				0,0000				0,0000				0,0000			
Factor Equivalente con carga parcial	0,00018				0,0101				0,0779				0,1719				0,0574				1,8337			
Factor Equivalente Ponderado (II)	0,00018				0,06613				1,15250				1,24646				1,44785				3,51579			

Fuente: Diseño Paquete AASTHO 93.**4.1.5. Determinación de ejes equivalentes**

$$W_{18} = 365 (\text{Días/Año}) * \%TV * TPDA * FCE (\text{ejes 18 Kips/eje})$$

Dónde:

W18 = Número de reiteraciones de ejes equivalentes de 18000 libras.

%TV = 1,00 distribución direccional.

FCE = Factor equivalente de carga.

TPDA = Tránsito promedio diario anual de camiones.

Cuadro 4.10. Numero de ejes equivalentes.

Composición de Tráfico Vehicular	1	2	3	4	5	6	TOTAL
Tipos de Vehículos	Livianos	Utilitarios	Buses	Camión Med.	Camión Gran.	Articulado	--
Factores Equivalentes Vehicular	0,0002	0,0661	1,1525	1,2465	1,4479	3,5158	--
Total Vehículos (365*I)	284.486	28.686	19.124	38.248	38.248	16.790	412.119
Ejes Acumulados	51	1897	22041	47675	55378	59030	197.317

Fuente: Diseño Paquete AASTHO 93.Tráfico en el carril de diseño (ESALS): **197.317 pavimento flexible**Tráfico en el carril de diseño (ESALS): **80.880 tratamiento superficial simple**Tráfico en el carril de diseño (ESALS): **128.053 tratamiento superficial doble****4.2. Diseño estructural****Confiabilidad**

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

De tablas asumiremos un valor de confiabilidad:

R (%) = 70.00 %

En función de la confiabilidad se tiene el siguiente valor de desviación estándar:

Zr = -0.524

Error estándar combinado (So)

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
En construcción nueva	0.45

Entonces asumimos:

So =	0.450
------	-------

Serviciabilidad

El Índice de Serviciosibilidad Presente, es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

En este caso se asumió los siguientes valores obtenidos de tablas.

Po =	3.8
Pt =	2.0
Δ PSI =	Po - Pt
Δ PSI =	1.80

Módulo Resiliente

El módulo resiliente es una medida de la rigidez del suelo de sub rasante, el cual para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO.

Para un CBR del 7% el módulo resiliente será:

$$Mr = 15663.12 \text{ PSI}$$

Tanteamos el valor del numero estructural requerido(SN) hasta igualar ecuaciones

**Número Estructural
requerido**

$$SN = 1.750$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ecuación I)
Sea aproximadamente Igual a (Ecuación II):

$$\text{Log}_{10}(W18) - Z_r \times S_o + 0.20 + 8.07$$

$$13.810$$

... Ecuación I

$$9.36 \times \text{Log}_{10}(SN+1) + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \text{Log}_{10}(Mr)$$

$$13.816$$

... Ecuación
II

NÚMERO ESTRUCTURAL (SN).

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

SN	= Número Estructural.
a _{1,2,3}	= Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.
d _{1,2,3}	= Espesores (en cm) de las capas: superficial, base y subbase.
m _{2,3}	= Coeficiente de drenaje para las capas: superficial, base y subbase.

a ₁ =	0.13	/cm
a ₂ =	0.052	/cm
a ₃ =	0.047	/cm

CALIDAD DE DRENAJE

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor que 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

m ₂ =	1
m ₃ =	1

Espesor de capa Superficial	D1 =	2.50	Cm
Espesor de Base	D2 =	15.00	Cm
Espesor de Subbase	D3 =	25.00	Cm
Número Estructural requerido	SN = 1.750		
Número Estructural calculado	SN = 2.280		

Nota. -Para los demás CBR sus cálculos de SN serán incluidos en la parte de ANEXOS.

Para el tratamiento superficial simple se puede optar para un espesor de capa superficial comprendido entre 10-14 mm recomendado por la bibliografía especializada para este diseño es opto por un espesor de 14 mm.

Número Estructural requerido SN = 2,180

Numero Estructural calculado SN = 2,189

Espesor de capa Superficial	D1 =	1,40	Cm
Espesor de Base	D2 =	15,00	Cm
Espesor de Subbase	D3 =	25,00	Cm

Para el tratamiento superficial doble al igual que el simple para el espesor de la capa superficial se opta por el espesor usado en el tratamiento simple agregándole un material extra que comprende su espesor entre 2-6 mm el total de la suma de estos espesores no debe sobrepasar los 30 mm con todo esto tomado en cuenta se obtuvo los siguientes espesores:

Número Estructural requerido SN = 2,180

Número Estructural calculado SN = 2,215

Espesor de capa Superficial	D1 =	2,00	Cm
Espesor de Base	D2 =	15,00	Cm
Espesor de Subbase	D3 =	25,00	Cm

4.3. Diseño de vías

4.3.1. Criterio para diseño en planta

4.3.1.1. Curvas horizontales, tangentes y asignación progresiva correspondiente

Curvas horizontales: Las curvas horizontales pueden ser de dos tipos: de curvas circulares y curvas clotoide, para este proyecto sólo se trazó un solo tipo de curva, curva circular, debido a la categoría del camino (de desarrollo y con velocidad de 30 km/h) y la topografía, ya que la misma es de características de terreno montañoso a ondulado fuerte; por esto está compuesto de diferentes tipos de radios de curvaturas.

Cuadro 4.11. Elementos de curvas horizontales

<u>Tangent Data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+00.000	7560536.813	309397.121
End:	0+26.576	7560518.368	309416.255
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	26.576	Course:	S 46° 03' 06.2189" E
<u>Curve Point Data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+26.576	7560518.368	309416.255
RP:		7560451.849	309352.134
PT:	0+59.011	7560492.261	309435.22
<u>Circular Curve Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	20° 06' 50.5028"	Type:	RIGHT
Radius:	92.393		
Length:	32.435	Tangent:	16.386
Mid-Ord:	1.42	External:	1.442
Chord:	32.269	Course:	S 35° 59' 40.9675" E

Fuente: Cálculo de curvas horizontales

NOTA. - Se puso los elementos de una curva horizontal como ejemplo, el resto de las curvas horizontales se encuentran en ANEXOS Diseño Geométrico.

4.3.1.2. Curvas verticales

Las curvas verticales son curvas que se diseñan cuando se interceptan dos tangentes, en forma vertical, de un tramo de carretera. Con el fin de suavizar la intersección de dos tangentes, por medio de curvas verticales, se crea un cambio gradual entre las tangentes, de este modo se genera una transición, entre una pendiente y otra, cómoda para el usuario de la vía, según su proyección las curvas verticales se clasifican en simétricas y asimétricas.

Cuadro 4.12. Elementos de curvas verticales

Alineación vertical: RASANTE			
Descripción: Intervalo de P.K.: inicio: 0+002.00, fin: 606+099.00			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	0+127.38	Elevación:	2,322.873m
P.K. de VAV:	0+134.86	Elevación:	2,323.565m
P.K. de PTV:	0+142.34	Elevación:	2,324.443m
Punto bajo:	0+127.38	Elevación:	2,322.873m
Inclinación de rasante	Inclinación de rasante		
T.E.:	9.26%	T.S.:	11.75%
Cambiar:	2.49%	K:	6.000m
Longitud de curva:	14.954m	Radio de curva	600.024m
Distancia de iluminación:	292.781m		

Fuente: Cálculo de curvas horizontales

NOTA. - Se puso los elementos de una curva vertical como ejemplo, el resto de las curvas horizontales se encuentran en ANEXOS Diseño Geométrico.

4.3.2. Diseño de perfil

4.3.2.1. Diseño geométrico en perfil

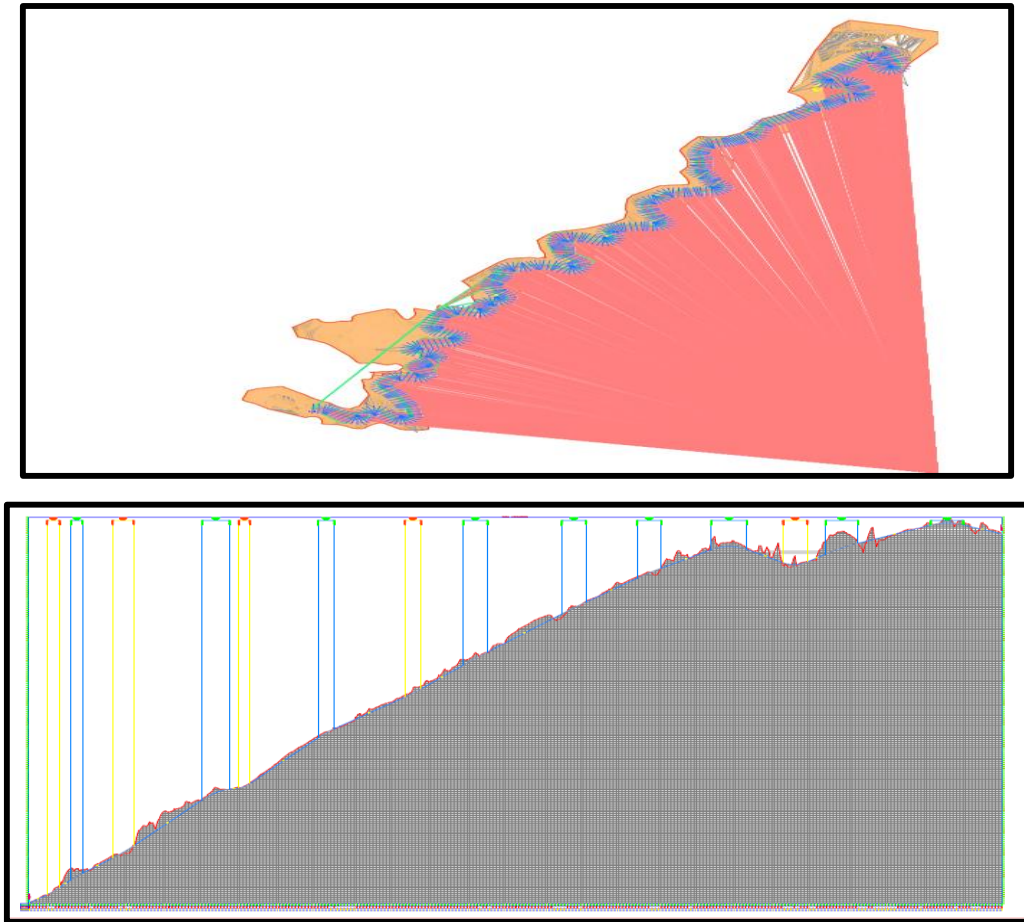
Está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas.

El sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje.

Un perfil de proyecto es una descripción simplificada de un proyecto. Además de definir el propósito y la pertenencia del proyecto, presenta un primer estimado de las actividades

requeridas y de la inversión total que se necesitará, así como de los costos operativos anuales, y, en el caso de proyectos destinados a la generación de ingresos, del ingreso anual.

Cuadro 4.13. Cuadro del diseño realizado en Auto CAD civil



Fuente: Diseño realizado del tramo El Carmen - Mecoya

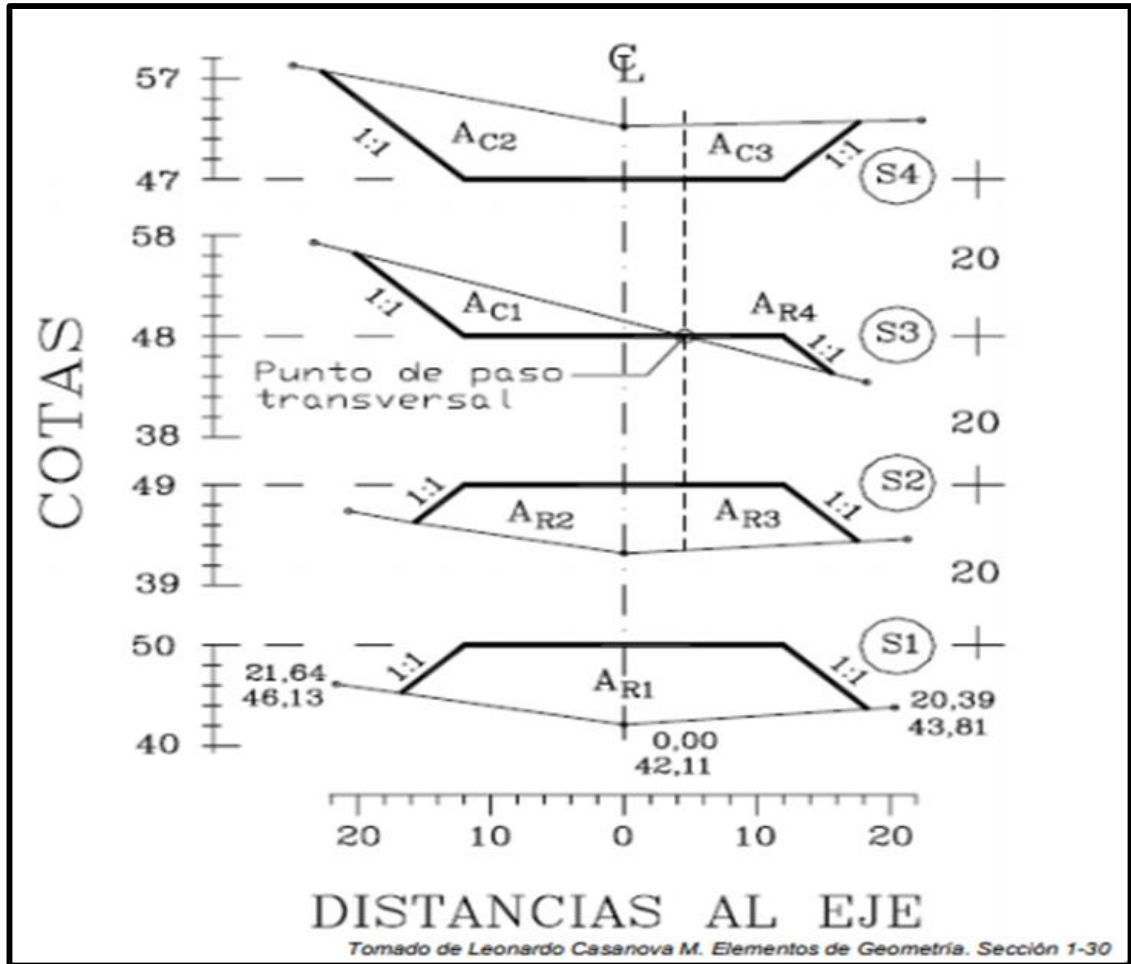
4.3.2.2. Áreas y volúmenes

Para determinar los volúmenes de movimiento de tierras se emplean distintos métodos, los que se clasifican en: aproximados y exactos.

Como es conocido, la "exactitud" de los métodos de cálculo en las actividades de movimiento de tierra es un concepto relativo, generalmente la magnitud absoluta del error es despreciable cuando se compara con los enormes volúmenes de trabajo, es decir, el error relativo ((R) en general es despreciable, no obstante existe la clasificación anterior

para tratar de ajustarse a las distintas etapas de proyecto: proyecto técnico (donde deben usarse los aproximados) y ejecutivo (donde deben ser usados los denominados: exactos).

Cuadro 4.14. Distancias al eje.



Fuente: “Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC

Cuadro 4.15. Reporte de movimientos de suelos.

P.K.	Área de desmonte (Metros cuadrados)	Volumen de desmonte (Metros cúbicos)	Volumen reutilizable (Metros cúbicos)	Área de terraplén (Metros cuadrados)
0+020.00	11.64	0.00	0.00	0.11
0+040.00	10.54	219.59	219.59	0.41
0+060.00	17.70	275.07	275.07	0.35
0+080.00	10.80	285.04	285.04	0.01
0+100.00	0.00	108.05	108.05	10.69
0+120.00	0.00	0.02	0.02	15.22
0+140.00	0.22	2.15	2.15	5.02
0+160.00	0.00	2.11	2.11	4.60
0+170.00	0.00	0.00	0.00	4.10
0+180.00	0.00	0.00	0.00	12.11
0+190.00	2.49	11.79	11.79	0.13
0+200.00	23.27	126.11	126.11	0.00
0+210.00	48.15	353.01	353.01	0.00
0+220.00	81.25	645.93	645.93	0.00
0+230.00	152.11	1,230.15	1,230.15	0.00
0+240.00	172.14	1,749.32	1,749.32	0.00
0+260.00	153.67	3,258.13	3,258.13	0.00
0+270.00	90.65	1,273.15	1,273.15	0.00
0+280.00	87.54	904.81	904.81	0.00
0+290.00	70.35	805.37	805.37	0.00
0+300.00	49.36	598.54	598.54	0.00
0+310.00	40.81	432.49	432.49	0.00
0+320.00	16.79	273.97	273.97	0.70
0+330.00	9.15	120.63	120.63	0.21
0+340.00	3.89	59.33	59.33	1.60

Fuente: Cálculo del movimiento de tierra, en todo el tramo El Carmen – Mecoya.

Nota. - En el reporte de movimientos de suelos solo se muestran los datos desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+340, para su mejor apreciación junto al diagrama de masa se verificará con mayor claridad en los anexos correspondientes.

Cuadro 4.16. Movimientos de suelos total

Vol. Acum. Relleno	Vol. Acum. Corte
66302.85m³	115290.79m³

Fuente: Cálculo del movimiento de tierra, tramo El Carmen - Mecoya

4.4. Diseño hidráulico

4.4.1. Diseño de drenaje

El drenaje transversal de la carretera tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, a fin de garantizar su estabilidad y permanencia.

El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, considerada como una estructura menor; su densidad a lo largo de la carretera resulta importante e incide en los costos, por ello, se debe dar especial atención a su diseño.

4.4.2. Cunetas

Cálculo del caudal

Empezamos con el cálculo del caudal utilizando los siguientes datos:

Datos:

$$i = 14.41\text{mm/h}$$

$$C = 0.51$$

$$A = 0.23 \text{ ha}$$

$$n = 0.020$$

$$L = 90 \text{ m}$$

$$S = 10 \%$$

Coefficiente de rugosidad ($n=0.020$ canales mampostería de piedra con cemento)

Pendiente del tramo

Utilizando la ecuación Racional calculamos el caudal de diseño:

$$Q_d = \frac{C * i * A}{360}$$

$$Q_d = \frac{0.51 * 14.41 * 0.23}{360}$$

$Q_d = 0.0046 \text{ m}^3/\text{seg}$

Calculando el tirante normal aplicando el programa de "HCANALES" de (Máximo Villón Béjar) el cual arroja los siguientes resultados:

Imagen 4.1. Dimensiones de cunetas.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m
Area hidráulica (A): m²
Espejo de agua (T): m
Número de Froude (F):
Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
Radio hidráulico (R): m
Velocidad (v): m/s
Energía específica (E): m-Kg/Kg

Diagrama de la cuneta:

Botones:

Fuente: Cálculo de Cunetas El Carmen – Mecoya

Por tanto, tendríamos una cuneta con las siguientes dimensiones:

$A = 0.30 \text{ m}$ $H = 0.30 \text{ m}$

Nota. –En la parte de anexos se adjuntará un listado de cunetas con sus respectivos cálculos para el tramo El Carmen-Mecoya.

4.4.3. Alcantarillas

En el presente estudio se proyecta la construcción de alcantarillas de sección circular de chapa ARMCO.

Al tratarse de una alcantarilla de alivio esta vez se contará con el dato del caudal, se procederá con el cálculo de un diámetro que nos permita evacuar todo el caudal que se recibe de las cunetas:

Datos:

$$i = 16,36 \text{ mm/h}$$

$$C = 0,45$$

$$A = 0,23 \text{ ha}$$

$$n = 0,010 \text{ Coeficiente de rugosidad (n=0.010 tubería corrugada)}$$

$$S = 10,00 \% \text{ Pendiente del tramo}$$

Teniendo como dato un $Q=0.0047 \text{ m}^3/\text{seg}$ procedemos con el cálculo con la ayuda del programa H canales.

Imagen 4.2. Dimensiones de alcantarillas.

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q):	0.0047	m ³ /s
Diámetro (d):	0.8	m
Rugosidad (n):	0.010	
Pendiente (S):	0.02	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.0262	m	Perímetro mojado (p):	0.2909	m
Área hidráulica (A):	0.0050	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0172	m
Espejo de agua (T):	0.2845	m	Velocidad (v):	0.9411	m/s
Número de Froude (F):	2.2681		Energía específica (E):	0.0713	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Fuente: Cálculo de alcantarillas El Carmen – Mecoya

Con un diámetro asumido mínimo de 0.80 metros se puede descargar el caudal recibido.

Alcantarillas de cruce

Se emplearon las alcantarillas de cruce en 2 puntos del tramo siendo estos, la progresiva 5+170 y 5+760 respectivamente, esto debido a la presencia de quebradas con un aporte de caudal considerable, se calculó las dimensiones a partir de los siguientes datos:

$$i = 16,36 \text{ mm/h}$$

$$C = 0,45$$

$$A = 15,40 \text{ ha}$$

$$n = 0,012$$

$$S = 3,00$$

$$Q = 0,3149 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Se calculará para el tramo 5+170 una alcantarilla tipo tubo, con la ayuda del programa H canales tenemos que:

Imagen 4.3. Dimensiones alcantarilla de cruce tipo TUBO

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
Diámetro (d): m
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m
Área hidráulica (A): m²
Espejo de agua (T): m
Número de Froude (F):
Tipo de flujo: **Supercrítico**

Perímetro mojado (p): m
Radio hidráulico (R): m
Velocidad (v): m/s
Energía específica (E): m-Kg/Kg

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Fuente: Cálculo de alcantarillas El Carmen – Mecoya

Como el caudal es muy grande se usó una batería de alcantarillas que consta de 3 tuberías de diámetro 0.80 m con las cuales se podrá descargar el caudal recibido de la quebrada.

Alcantarilla de cruce tipo cajón

Se calculará una alcantarilla de tipo cajón para el tramo 5+760 a partir de los siguientes datos:

$$i = 16,36 \text{ mm/h}$$

$$C = 0,45$$

$$A = 36,40 \text{ ha}$$

$$n = 0,012$$

$$S = 3,00$$

$$Q = 0,7444 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Usando el programa H canales calculamos la sección para la alcantarilla de cruce tipo cajón:

Imagen 4.4. Dimensiones de alcantarilla tipo CAJÓN.

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m
Área hidráulica (A): m²
Espejo de agua (T): m
Número de Froude (F):
Tipo de flujo:

Perímetro (p): m
Radio hidráulico (R): m
Velocidad (v): m/s
Energía específica (E): m-Kg/Kg

Diagrama de la sección de la alcantarilla:

El diagrama muestra una sección transversal de una alcantarilla tipo cajón. Las dimensiones indicadas son: T (ancho total de la estructura), b (ancho de la solera) y y (tirante normal).

Botones de control:

Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Fuente: Cálculo de alcantarillas El Carmen – Mecoya

Se usará una batería de alcantarillas, de 2 alcantarillas de tipo cajón para poder descargar el caudal de la quebrada las cuales tendrán unas dimensiones de: B=1m y H=1m.

4.5. Costo y presupuesto general

4.5.1. Cálculos métricos

El objeto que cumplen los cálculos métricos dentro de una obra es:

- Determinar la cantidad de material necesario para ejecutar una obra.
- Establecer volúmenes de obra y costos parciales con fines de pago por avance de obra.

4.5.2. Precios Unitarios

El análisis de precios unitarios, según las NB-SABS (Normas Básicas del Sistema de Administración de Bienes y Servicios), se realiza llenando el formulario B-2 por actividad o ítem y se encuentran detallados en ANEXO. (Cálculos métricos, precios unitarios y presupuesto). Además, se utilizó el programa PRESCOM (las planillas fueron exportadas al Excel) para cada ítem del proyecto.

4.5.3. Descripción de los precios unitarios

Materiales

Es el primer componente que tiene su importancia en la estructura de costos, su magnitud y cantidad dependen de la definición técnica y las características propias de cada uno de los materiales que integran el ítem.

La mano de obra se halla condicionada a dos factores:

- El precio que pagan por ella o salario.
- El tiempo de ejecución de la unidad de obra o rendimiento y a tres sistemas de trabajo, a jornal, a contrato y destajo.

Los costos indirectos de la mano de obra se calculan basados en varios criterios, englobados en las cargas sociales, que incluyen rubros como: aportes, vacaciones, licencias y enfermedad, días efectivamente trabajados, costos de campamento y alimentación. Todas estas incidencias fueron convertidas en días efectivamente pagados y en porcentajes de incidencia que sirvieron para determinar los factores de mayoración correspondientes.

En resumen, los costes directos son aquellos costes que tienen una implicación directa con el servicio que ofrecemos o con aquello que producimos.

Es decir, cuando mayor sea el coste que incurra en la prestación de un servicio o en la producción, es probable que mayor sea el precio venta, para poder obtener beneficio o ROI (retorno de la inversión).

Por otro, lado los costes indirectos son aquellos costes que no se pueden imputar directamente al servicio que ofrecemos o al producto que fabricamos.

El coste indirecto es aquel que afecta al proceso productivo de uno o más productos que vende una empresa, y que no puede medirse y asignarse directamente a una de las etapas productivas o a un producto concreto si no que hay que asumir un criterio de imputación coherente.

Para realizar la elaboración del precio unitario del proyecto se siguió el siguiente modelo

Se definirá el ítem a realiza como así su unidad de computo en este caso el ítem es “provisión y colocado del letrero de Obra c/banner” para las unidades de medida estas varían según el ítem pueden ser de peso como ser kilogramos, volumen como ser metro cúbico, de medida como el metro, metro cuadrado y globales como es el caso de este ítem que su unidad es pieza.

	Ítem: Provisión y colocado del letrero de Obra c/banner		Unidad: pza
--	--	--	--------------------

Se definirán las incidencias para el precio unitario del ítem de la siguiente manera:

Cargas sociales

Para el cálculo de las cargas sociales se deberá tener en cuenta las incidencias por inactividad, beneficios sociales, por subsidio, por aportes, por antigüedad, por seguridad e higiene.

Para las incidencias por inactividad se representa aquellos días del año no trabajados pero que si se reconocen como trabajados.

Cuadro 4.17. Incidencia por inactividad.

INCIDENCIA POR INACTIVIDAD		
DESCRIPCIÓN	DÍAS/AÑO SIN PRODUCCIÓN	JORNALES/AÑO CANCELADO
Domingos	0	0
Feriados Legales	12	12
Enfermedad	3	3
Ausencias Justificadas	2	2
Ausencias	2	0
Lluvias y Otros	8	8
Vacaciones	15	0
Permanencia en obra	20	20
TOTAL	62	45
Días del año		365
Días efectivos de trabajo		303
		350
Incidencia por Inactividad		14,85%

Fuente: elaboración propia.

Teniendo los datos de los días efectivos de trabajo calculamos la incidencia por inactividad:

$$\text{Incidencia por inactividad} = \frac{45}{296} * 100 = 14.85\%$$

Incidencia por beneficios sociales**Cuadro 4.18. Incidencia por beneficios sociales.**

DESCRIPCIÓN	JORNALES/AÑO CANCELADOS
Aguinaldo	30
2° Aguinaldo	0
Indemnización Anual	30
Vacación	15
Desahucio	0
Prima	0
TOTAL	75
Días del Año	365

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Incidencia por beneficios sociales} = \frac{75}{365} * 100 = 20.55\%$$

Incidencia por subsidio

Los subsidios a considerarse son prenatales, natalidad, lactancia, sepelio, maternidad. Para determinar la incidencia de los subsidios, es necesario el salario ponderado mensual promedio de la mano de obra.

Cuadro 4.19. Incidencia por subsidio.

DESCRIPCION	BS./MES S.M.N.	DURACION MESES	% OBREROS	BS. ANUAL/OBRERO
Prenatal	2.060,00	5	5,00%	515,00
Natalidad	2.060,00	1	5,00%	103,00
Lactancia	2.060,00	12	5,00%	1.236,00
Sepelio	2.060,00	1	1,00%	20,60
Maternidad	3.128,09	3	0,50%	46,92
TOTAL				1.921,52
MANO DE OBRA	BS.SALARIO/DIA	BS.SALARIO MES	% OBREROS	SALARIO PONDERADO/MES
Peón	95,75	2.872,50	40,00%	1.149,00
Ayudante	102,35	3.070,50	25,00%	767,63
Albañil 2da.	136,14	4.084,20	20,00%	816,84
Albañil 1ra.	164,93	4.947,90	10,00%	494,79
Especialista	164,93	4.947,90	5,00%	247,40
TOTAL	664,10	19.923,00	100,00%	3.475,65
Salario Anual Ponderado				41.707,80
Incidencia por Subsidio				4,61%

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Incidencia por subsidio} = \frac{1921.52}{41707.80} * 100 = 4.61\%$$

Incidencia por aportes

Los aportes son el aporte patronal solidario, cajas de salud, vivienda, y el aporte al seguro de riesgo profesional (AFP).

Cuadro 4.20. Incidencia por aportes.

DESCRIPCIÓN	PATRONAL
Aporte Patronal Solidario	2,00%
Cajas de Salud	8,00%
Vivienda	2,00%
Seguro de Riesgo Profesional (AFP)	1,71%
TOTAL	13,71%
Incidenca por Aportes	13,71%

Fuente: elaboración propia.

$$Incidenca por aportes = 2 + 8 + 2 + 1.71 = 13.71\%$$

Incidenca por antigüedad

De acuerdo a lo establecido por el decreto supremo N°21060 en su artículo 60, se considera al bono de antigüedad por 2 a 4 años de servicio, con un equivalente al 5% de 3 veces el salario mínimo nacional.

Cuadro 4.21. Incidenca por antigüedad.

DESCRIPCIÓN	
Porcentaje sobre 3 S.M.N. (hasta 4 años)	5,00%
Salario Mínimo Nacional	2.060,00
Porcentaje de Obreros Beneficiarios	4,00%
Seguro de Riesgo Profesional (AFP)	148,32
Incidenca por Antigüedad	0,29%

Fuente: elaboración propia.

$$Incidenca por antigüedad = \frac{148.32}{\left(\frac{2060 * 3 * 100}{12}\right)} * 100 = 0.29\%$$

Incidenca por seguridad e higiene

Esta incidenca tiene por objeto los elementos básicos para la seguridad de los obreros. A partir de los cuales se calcula la respectiva incidenca.

Cuadro 4.22. Incidencia por seguridad e higiene.

DESCRIPCIÓN	USO ANUAL/ OBRERO	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Botas de Goma	20%	101,5	20,3
Guantes de Cuero	200%	12	24
Cascos	100%	25	25
Botiquín	1%	130	1,3
Guantes de Goma	10%	10	1
Botines de Seguridad	100%	160	160
Protectores Auditivos	30%	6	1,8
Cinturón de Seguridad (arneses)	5%	500	25
Respiradores	10%	205	20,5
Antiparras	20%	25	5
Fajas Lumbares de Carga Manual	25%	0	0
Ropa de Trabajo (no solo overol)	200%	150	300
TOTAL			583,90
Salario Anual			41.708
Incidencia por Seguridad e Higiene			1,40%

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Incidencia por seguridad e higiene} = \frac{583.90}{41708} * 100 = 1.40\%$$

Resumen de las incidencias para las cargas sociales:

Cuadro 4.23. Cargas sociales.

CARGAS SOCIALES	
DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE
Incidencia por Inactividad	14,85%
Incidencia por Beneficios Sociales	20,55%
Incidencia por Subsidio	4,61%
Incidencia por Aportes	13,71%
Incidencia por Antigüedad	0,29%
Incidencia por Seguridad e Higiene (EEPP's)	1,40%
TOTAL	55,40%

Fuente: elaboración propia.

$$\begin{aligned} \text{Incidencia por Cargas sociales} &= 14.85 + 20.55 + 4.61 + 13.71 + 0.29 + 1.40 \\ &= 55.40\% \end{aligned}$$

Adoptamos entonces una incidencia por cargas sociales de 55%.

El impuesto al valor agregado (IVA)

El impuesto al valor agregado (IVA) es un 13% del total de la mano de obra.

Donde:

B: Compensación del IVA.

C: Costo del mano de obra.

A: Costo total de la mano de obra (incluye IVA).

$$A = B + C \quad (1)$$

Se debe encontrar un porcentaje X tal que:

$$B = X * C \quad (2)$$

La compensación del IVA es del 13% del costo total de la mano de obra.

$$B = 0.13 * A \quad (3)$$

Reemplazamos 3 en 1:

$$A = (0.13 * A) + C$$

Despejando C:

$$C = 0.87 * A \quad (4)$$

De la ecuación 2:

$$X = \frac{B}{C} \quad (5)$$

Reemplazando 3 y 4 en 5:

$$X = \frac{0.13 * A}{0.87 * A} = 0.1494$$

Por tanto, el valor adoptado para la incidencia por el IVA es: 14.94%.

La incidencia de herramientas menores tendrá el valor adoptado de: 5%

Gastos generales y administrativos

Los gastos generales son aquellos gastos que siendo imputables a la obra no pueden ser asignados dentro de los costos directos (materiales, mano de obra y equipo) para la empresa constructora.

Depende de varios aspectos, siendo su evaluación muy variable, sin embargo, algunos de los factores a considerar son los siguientes: costos de propuestas y contratos, gastos administrativos, gastos profesionales y especiales, aportes a entidades o costos fijos, riesgos e imprevistos; que estarán en función del tipo, monto, ubicación y exigencias específicas de la obra (campamento y otros), así como de las características inherentes al funcionamiento y tamaño de la empresa.

Inspección del lugar

Se tomará el presupuesto anual de una empresa tipo de 600000 \$u\$.

DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA%
Inspección del lugar de obra	0,04
SUBTOTAL	0,04

Incidencia por inspección del lugar = 0.04%

Costos profesionales de preparación de propuesta

Cuadro 4.24. Costos profesionales.

DESCRIPCIÓN	COSTO/DÍA \$	PREP/PROPUESTA DÍAS	COSTO TOTAL \$	INCIDENCIA %
Profesional	30	25	750	0,13
Secretaria	10	25	250	0,04
Auxiliar	6	25	150	0,03
SUBTOTAL				0,19

Fuente: elaboración propia.

Incidencia costos profesionales de preparación de propuesta

$$= 0.13 + 0.04 + 0.03 = 0.19$$

Documentos legales de preparación de propuesta

Cuadro 4.25. Documentos legales.

DESCRIPCIÓN	PROYECTO ÚNICO \$	VARIOS PROYECTOS \$	INCIDENCIA %
Certificado Viciministerio de transporte	10	40	0,01
Certificado fundempresa más memorial	18,8	75,2	0,01
NIT legalizado más memorial	2,4	9,6	0,00
legalización de documentos de empresa	12,9	25,85	0,00
Const. de sociedad y poder del representante	16,2	64,8	0,01
Solvencia fiscal	72,7	290,8	0,05
Fotocopias 200 hojas	6,46	25,84	0,00
Encuadrado de propuesta	8	32	0,01
Declaración jurada	8	32	0,01
otros	25	100	0,02
SUBTOTAL	180,46	696,09	0,12

Fuente: elaboración propia.

Costos de garantías y contratos

Cuadro 4.26. Costos de garantías y contratos.

DESCRIPCIÓN	COSTO ANUAL \$	INCIDENCIA %
GARANTÍA DE SERIEDAD DE PROPUESTA (1%)		0,1
garantía de buena inversión de anticipo (20%)	6000	1
garantía de cumplimiento de contrato (7%)	2100	0,35
protocolización de contratos (0.5%) más papel	2000	0,33
Notaría de Gobierno (0.2%) más papel.	1000	0,17
SUBTOTAL		1,95

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Incidencia costo de garantías y contratos} = 0.1 + 1 + 0.35 + 0.33 + 0.17 = 1.95$$

Costos de operación de oficina central

Cuadro 4.27. Costos de operación de oficina.

DESCRIPCIÓN	COSTO MES \$	COSTO ANUAL \$	INCIDENCIA %
Gerente	650	7800	1,30
Contador	350	4200	0,70
Secretaria	250	3000	0,50
Auxiliar	150	1800	0,30
Beneficios sociales	250	3000	0,50
Teléfono	38	456	0,08
Agua	10	120	0,02
Energía eléctrica	20	240	0,04
Alquiler oficina depósito	100	1200	0,20
Toner fotocopidora	48	576	0,10
Cadeco, cuotas ordinarias y extra ordinarias	65	780	0,13
Material de escritorio	12,96	155,52	0,03
Material de mantenimiento y limpieza	30	360	0,06
Vehiculos livianas ,gerentes, ingenieros	200	2400	0,40
Equipos de radio, tele	20	240	0,04
Seguros contra robos, incendios	80	960	0,16
Seguro para vehículos	90	1080	0,18
Patente municipales	4,93	59,16	0,01
Patente FUNDEMPRESA	5,23	62,76	0,01
SUBTOTAL	2374,12	28489,44	4,75

Fuente: elaboración propia.

Incidencia costo operación oficina central

$$\begin{aligned}
 &= 1.30 + 0.70 + 0.50 + 0.30 + 0.50 + 0.08 + 0.02 + 0.04 + 0.20 \\
 &+ 0.10 + 0.13 + 0.03 + 0.06 + 0.40 + 0.04 + 0.16 + 0.18 + 0.01 \\
 &+ 0.1 = 4.75
 \end{aligned}$$

Costos administrativos de obra**Cuadro 4.28. Costos administrativos de obra.**

DESCRIPCIÓN	COSTO MES \$	COSTO ANUAL \$	INCIDENCIA %
Director de obra	750	9000	1,50
Sereno	100	1200	0,20
Beneficios sociales	160	1920	0,32
Teléfono	25	300	0,05
Computadora	25	300	0,05
Material de mantenimiento	10	120	0,02
SUBTOTAL	1070	12840	2,14

Fuente: elaboración propia.*Incidencia costo administrativos de obra*

$$= 1.50 + 0.20 + 0.32 + 0.05 + 0.05 + 0.02 = 2.14$$

Gastos profesionales y especiales**Cuadro 4.29. Gastos profesionales y especiales.**

DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA %
Ensayos de materiales de hormigon y acero	0,04
Ensayos de suelos y agregados	0,04
Gastos de representación	0,04
Ejecución de planos finales con modificaciones	0,04
Suscripciones	0,04
SUBTOTAL	0,20

Fuente: elaboración propia.

$$\begin{aligned} \text{Incidencia gastos profesionales y especiales} &= 0.04 + 0.04 + 0.04 + 0.04 + 0.04 \\ &= 0.20 \end{aligned}$$

Cuadro 4.30. Riesgos e imprevistos.

DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA %
Trabajos deteriorados por causas ajenas	0,05
Reposición de materiales defectuosos, rotos	0,07
Robos	0,05
Accidentes repentinos	0,05
Atención médica de urgencia	0,05
Otros	0,05
SUBTOTAL	0,32

Fuente: elaboración propia.

$$\begin{aligned} \text{Incidencia riesgos e imprevistos} &= 0.05 + 0.07 + 0.05 + 0.05 + 0.05 + 0.05 \\ &= 0.32 \end{aligned}$$

Cuadro 4.31. Movilización y desmovilización.

DESCRIPCIÓN	INCIDENCIA %
Movilización y desmovilización de equipo	0,40
Movilización y desmovilización de personal	0,20
Viajes de inspección de ejecutivos	0,10
SUBTOTAL	0,70

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Incidencia movilización y desmovilización} = 0.40 + 0.20 + 0.10 = 0.70$$

Sumamos los valores de las incidencias para obtener la incidencia para los gastos generales.

Cuadro 4.32. Incidencia para gastos generales.

INSPECCIÓN DEL LUGAR	0,04
COSTOS PROFESIONALES DE PREPARACIÓN DE PROPUESTA	0,19
DOCUMENTOS LEGALES DE PREPARACIÓN DE PROPUESTA	0,12
COSTOS DE GARANTÍAS Y CONTRATOS	1,95
COSTOS DE OPERACIÓN DE OFICIA CENTRAL	4,75
COSTOS ADMINISTRATIVOS DE OBRA	2,14
GASTOS PROFESIONALES Y ESPECIALES	0,20
RIESGOS E IMPREVISTOS	0,32
MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	0,70
INCIDENCIA PARA GASTOS GENERALES	10,41

Fuente: elaboración propia.

Se adopta una incidencia para gastos generales del 10%.

Utilidad

El cargo por utilidad es la ganancia que recibe el contratista por la ejecución del concepto de trabajo; será fijado por el propio contratista y estará representado por un porcentaje sobre la suma de los costos directos, indirectos y de financiamiento.

Se adopta una incidencia para la utilidad de un 10%.

Impuesto a las transacciones

Se adopta una incidencia para el impuesto a las transacciones de 3.09%.

Unas ves establecido los valores requeridos para las incidencias se establecerá los materiales usados con sus respectivas cantidades, unidades de medida como también su costo unitario dichas cantidades y precios son en relación para la elaboración de 1 pieza del ítem, estos valores están dados por las revistas de precio y presupuesto como también se usó la página de insucons.

Los materiales para la elaboración de una pieza del ítem son:

Plancha metálica cuya unidad es m2. La cantidad requerida es 5, su precio unitario por pieza es 80.50 bs.

Soldadura para calamina cuya unidad es kg. La cantidad requerida es 5, su precio unitario por pieza es 16.70 bs.

Angular cuya unidad es m. la cantidad requerida es 27, su precio unitario por pieza es 8.1 bs.

Pintura anticorrosiva cuya unidad es l. La cantidad requerida es 3, su precio unitario por pieza es 69.50 bs.

Banner adhesivo 5x3 m cuya unidad es pza. la cantidad requerida es 1, su precio unitario por pieza es de 3000 bs.

Cemento portland cuya unidad es kg. La cantidad requerida es 30, su precio unitario por pieza es de 1.11 bs.

Electrodos cuya unidad es kg. La cantidad requerida es 3, su precio unitario por pieza es de 8.20 bs.

Para el precio parcial se multiplico el precio unitario por la cantidad requerida para la elaboración del ítem.

$$\text{precio parcial plancha metalica} = (5 * 80.5) = 402.5 \text{ Bs}$$

Cuadro 4.33. Materiales utilizados en la elaboración de un ítem.

N°	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIALES				
1	-	Plancha metálica de 1/8"	m²	5,00	80,50	402,50
2	-	Soldadura p/calamina	kg	5,00	16,70	83,50
3	-	Angular de 1x1/8	m	27,00	8,10	218,70
4	-	Pintura anticorrosiva	l	3,00	69,50	208,50
5	-	banner adhesivo 5x3m	pza	1,00	3.000,00	3.000,00
6	-	Cemento portland	kg	20,00	1,11	22,20
7	-	Electrodos	kg	3,00	8,20	24,60

Fuente: programa prescom.

Luego se sumará el total de los costos de los insumos requeridos para el ítem siendo este la suma de todos los precios parciales.

$$\text{total materiales} = 402.5 + 83.5 + 218.70 + 3000 + 22.2 + 24.60 = 3960 \text{Bs}$$

>	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	3.960,00
---	---	------------------	--	--	-------	----------

Para la mano de obra se pondrá el personal requerido, su rendimiento y su precio pagado por el mismo, para la elaboración de una pieza del ítem.

Especialista con un rendimiento de 4 horas para la elaboración de una pieza, cuyo costo por hr trabajada en es de 23 bs.

Soldador con un rendimiento de 5 horas para la elaboración de una pieza, cuyo costo por hr trabajada en es de 30 bs.

Ayudante con un rendimiento de 10 hora para la elaboración de una pieza, cuyo costo por hr trabajada es de 12 bs.

De igual forma se calcula el precio parcial multiplicando el rendimiento por el precio unitario.

$$\text{precio parcial especialista} = (4 * 23) = 92Bs$$

	B	MANO DE OBRA				
1	-	Especialista	hr	4,00	23,00	92,00
2	-	Soldador	hr	5,00	30,00	150,00
3	-	Ayudante	hr	10,00	12,00	120,00

Y como el módulo anterior también se sumará todos los costos parciales para tener el subtotal de la mano de obra.

$$\text{subtotal mano de obra} = 92 + 150 + 120 = 362 Bs$$

>	E	SUBTOTAL MANO DE OBRA			(B) =	362,00
---	---	-----------------------	--	--	-------	--------

Para las cargas sociales se tomará un 55% del subtotal de la mano de obra para el IVA se tomará un 14.94% de la suma de la carga social más las cargas sociales todos esto se sumará para tener costo total de la mano de obra para la elaboración del ítem.

$$\text{Cargas Sociales} = 0.55 * 362 = 199.10 Bs$$

$$\text{impuesto al valor agregado} = 0.1494 * (199.10 + 362) = 83.83 Bs$$

	F	Cargas Sociales		55,00% de	(E) =	199,10
	O	Impuesto al Valor Agregado		14,94% de	(E+F) =	83,83

$$\text{total mano de obra} = 199.10 + 83.83 + 362 = 644.93 \text{ Bs}$$

>	G	TOTAL MANO DE OBRA			(E+F+O) =	644,93
---	---	--------------------	--	--	-----------	--------

Para la maquinaria se tomará en cuenta el equipo pesado y maquinaria que se hubiera utilizado para la elaboración de una pieza del ítem en este caso soldadora.

$$\text{precio parcial maquina de soldar} = 5 * 57.50 = 287.50 \text{ Bs}$$

	C	EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTA				
1	-	Máquina de soldar	hr	5,00	57,50	287,50

Se tomará el costo de herramientas menores el cual es un 5% del costo total de la mano de obra, siendo el total de herramientas y maquinaria la suma del costo de herramientas menores más el de equipo o maquinarias.

$$\text{herramientas menores} = 0.05 * (644.93) = 32.25 \text{ Bs}$$

	H	Herramientas menores		5,00% de	(G) =	32,25
--	---	----------------------	--	----------	-------	-------

$$\text{total herramientas y equipo} = 287.50 + 32.25 = 319.75 \text{ Bs}$$

>	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	319,75
---	---	-----------------------------	--	--	---------	--------

Para el sub total se sumará el total de materiales, total mano de obra y total de herramientas y equipo.

$$\text{subtotal} = 3960 + 644.93 + 319.75 = 4924.67 \text{ Bs}$$

>	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	4.924,67
---	---	-----------	--	--	-----------	----------

Luego se tomará los gastos generales que será un 10 % del subtotal, para la utilidad será un 10% del subtotal más los gastos generales.

$$\text{gastos generales y administrativos} = 0.10 * 4924.67 = 492.47 \text{ Bs}$$

$$\text{utilidad} = 0.10 * (4924.67 + 492.47) = 541.71 \text{ Bs}$$

	L	Gastos generales y administrativos		10,00% de	(J) =	492,47
	M	Utilidad		10,00% de	(J+L) =	541,71

Se sumará el subtotal más los gastos generales más la utilidad dando como resultado el costo parcial del ítem.

$$\text{parcial} = 4924.67 + 492.47 + 541.71 = 5958.86 \text{ Bs}$$

>	N	PARCIAL			(J+L+M) =	5.958,86
---	---	---------	--	--	-----------	----------

A este precio parcial se le aplicará un impuesto a la transacción del 3.09%.

$$\text{Impuesto a las transacciones} = 0.03 * 5958.86 = 184.13 \text{ Bs}$$

	P	Impuesto a las Transacciones		3,09% de	(N) =	184,13
--	---	------------------------------	--	----------	-------	--------

Se sumará todo para obtener el precio total unitario para el ítem.

$$\text{total precio unitario} = 5958.86 + 184.13 = 6142.99 \text{ Bs}$$

>	Q	TOTAL PRECIO UNITARIO			(N+P) =	6.142,99
>		PRECIO ADOPTADO:				6.142,99
		Son: Seis Mil Ciento Cuarenta y Dos con 99/100 Bolivianos				

Tenemos que para la elaboración de una pieza de del ítem “es “provisión y colocado del letrero de Obra c/banner” tiene un costo total de seis mil cientos cuarenta y dos con 99/100 bolivianos.

4.6. Especificaciones técnicas El Carmen-Mecoya

4.6.1. Obras preliminares

ÍTEM 1.1.- INSTALACIÓN DE FAENAS

Definición

Este ítem comprende todos los trabajos preparatorios y previos a la iniciación de cada una de las obras y son:

- **Movilización, transporte y desmovilización.** - El traslado del equipo pesado se efectuará en camiones de cama baja, mientras que el equipo liviano se trasladará por sus propios medios, llevando el equipo liviano no autopropulsado como herramientas, martillos neumáticos, vibradores, etc.
- **Topografía y georreferenciación.** - Basándose en los planos y levantamientos topográficos del Proyecto, sus referencias y BM's, se realizará los trabajos de replanteo y otros de topografía y georreferenciación requeridos durante la ejecución de las obras, que incluye el trazo de las modificaciones, correspondientes a las condiciones reales encontradas en el terreno.
- **Depósito y campamento.** – Se construirá un depósito de no menos de 30 m² de superficie, destinado a almacenar materiales y herramientas, también se construirá un campamento de no menos de 20 m².
- **Instalaciones.** – Se efectuará las instalaciones necesarias para proveer agua potable y energía eléctrica al depósito y campamento para todo el personal de trabajo.
- **A la conclusión de la obra.** - Todos los trabajos, materiales, equipos estipulados en este ítem, y demoliciones serán retirados.

Medición y forma de pago.

No corresponde ninguna medición y el pago se efectuará en forma global.

Ítem: Instalación de faenas		Unidad: glb	PU(Bs)	88.004,11
-----------------------------	--	-------------	--------	-----------

ÍTEM 1.2.- LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA

Definición

Este ítem comprende la limpieza del terreno y del desbroce necesario para realizar la obra.

La limpieza y desbroce consistirá en limpiar el área de todos los árboles, arbustos, matorrales o cualquier otro tipo de vegetación o material objetable, incluyendo la extracción de troncos, matas, raíces, etc, de modo que el terreno quede limpio y libre de toda vegetación y su superficie resulte apta para iniciar los siguientes trabajos.

Medición y forma de pago

Los trabajos de limpieza serán medidos por el número de hectáreas en proyección horizontal que sean limpiadas.

Ítem: Limpieza general de la obra		Unidad: ha	PU(Bs)	7.753,73
--	--	-------------------	--------	----------

ÍTEM 1.3.- PROVISIÓN Y COLOCADO LETRERO DE OBRAS

Definición

Este ítem se refiere a la provisión y colocación de letreros referentes a la construcción del proyecto.

Estos letreros deberán permanecer durante todo el tiempo que duren las obras.

Materiales, herramientas y equipo

Para la fabricación de los letreros de obras comprende el suministro, cortado, doblado y armado de la estructura metálica de refuerzo.

Procedimiento para la ejecución

Las barras de fierro y las planchas de acero serán cortadas ajustándose a las dimensiones y formas indicadas.

Sobre la estructura metálica se colocarán capas de pintura anticorrosiva hasta obtener una uniformidad en toda la estructura, una vez secas las capas de pintura se procederá a colocar los Banner adhesivo

Las columnas de estructura metálica serán fijadas mediante soldadura a las planchas de

acero unidas, para luego ser empotradas en el suelo, de tal manera que queden perfectamente firmes y verticales. En el caso de suelos no suficientemente firmes, las columnas de estructura metálica serán empotradas en bloques de hormigón.

Medición y forma de pago

Los letreros serán medidos por pieza instalada.

El precio será en compensación total por materiales, mano de obra, herramientas, equipo y otros gastos que sean necesarios para la adecuada y correcta ejecución de los trabajos.

Ítem: Provisión y colocado del letrero de Obra c/banner		Unidad: pza	PU(Bs)	6.142,99
--	--	------------------------------	--------	----------

4.6.2. Movimientos de tierras

ÍTEM 2.1. - EXCAVACIÓN DE SUELO NO CLASIFICADA

Definición.

Este ítem cubre la excavación remoción y recolección satisfactoria de todos los materiales dentro de los límites requeridos de la obra, áreas intermedias y de drenaje, de acuerdo con estas especificaciones y en conformidad con las dimensiones y secciones indicadas y según las líneas y gradientes indicadas en los planos.

Todo el material sacado de la excavación y que sea utilizable, se usará para relleno o conformación de terraplenes, subrazante, u otros trabajos.

Materiales, herramientas y equipos

Se proporcionará todos los materiales, maquinaria, equipo y herramientas adecuados para la ejecución de los trabajos.

Procedimiento para la ejecución

Las excavaciones se harán en los sitios indicados en los planos, dándoles las dimensiones y profundidades adecuadas. Ninguna excavación se comenzará a hacer hasta se tome las medidas de elevación transversales y las medidas del terreno y se hayan colocado las estacas correspondientes.

El material de la excavación se manejará de manera que la parte de dicho material indicado

para el relleno se coloque debidamente, según lo indiquen los perfiles y las características del terreno. Este material se depositará en las áreas designadas, según lo indiquen los planos. Si durante la excavación no fuese posible colocar ningún material en el sitio correspondiente de acuerdo a la construcción permanente, se amontonará en las áreas aprobadas, para usarlo subsiguientemente.

En los cortes, toda roca suelta o protuberante, en los taludes del corte, se soltarán con barretas o se removerán de otra manera hasta obtener la pendiente definitiva.

Se revisará constantemente los niveles del terreno, como las estacas de eje del camino y de cabecera de corte; con la finalidad de obtener el perfil o sección adecuada de acuerdo a planos.

Medición y forma de pago

Este ítem será medido en metros cúbicos (m³). Para fines de cálculo de volúmenes y características del suelo se considerará un solo tipo de material, luego se clasificará estaca por estaca hasta obtener los volúmenes reales de cada clasificación.

Ítem: Excavación no clasificada		Unidad: m³	PU(Bs)	16,84
--	--	------------------------------	--------	-------

ÍTEM 2.2.- RELLENO Y COMPACTADO C/MÁQUINA

Definición

Este ítem comprende todos los trabajos de relleno y compactado que deberán realizarse para la formación de terraplenes y ensanches de los existentes, después de haber sido concluidas las excavaciones según se especifique en los planos.

Materiales, herramientas y equipos

Los terraplenes y ensanches existentes deberán construirse con material proveniente de la excavación. Los suelos deberán ser inorgánicos, libres de materia vegetal, material inadecuado, escombros, basuras, terrones, trozos de roca o bolones degradables o deleznales. Salvo indicación contraria, los materiales a emplear en la construcción del cuerpo de los terraplenes deberán tener un poder de soporte no inferior a 10% CBR. El tamaño máximo del material será de 150 mm, aceptándose una tolerancia de 5% en peso entre 150 mm y 200 mm. A los 0,30 m superiores del coronamiento de los terraplenes deberán construirse con suelos que se denominan "material de subrasante", cuyo poder de

soporte no deberá ser inferior a 20% CBR, medido en las mismas condiciones estipuladas para el cuerpo del terraplén; el tamaño máximo del material no será superior a 100 mm.

Procedimiento para la ejecución

Cuando un terraplén deba fundarse en una ladera, adosado a un terraplén existente o sobre un terreno natural de cualquier naturaleza, las áreas de apoyo deberán tratarse para formar, a medida que se construye el terraplén, una superficie aserrada con escalones horizontales de por lo menos 1,50 m de ancho. El material excavado deberá ser integrado a la construcción del terraplén adyacente. El sello de los escalones será compactado a medida que el material excavado sea integrado a la construcción del terraplén adyacente. El sello de las cuñas de transición de corte a terraplén y viceversa, deberá ser compactado previo a la colocación de material de terraplén sobre éste.

La colocación y compactación de los terraplenes se formarán mediante capas de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la rasante del Proyecto, cubriendo todo el ancho del perfil transversal y en longitudes compatibles con los métodos empleados en la distribución, mezcla y compactación del material. El bombeo transversal deberá mantenerse con una pendiente mínima, que asegure el escurrimiento de agua durante la construcción. La colocación del material se efectuará mediante camiones de volteo u otros equipos apropiados, debiéndose disponer de bulldozer, motoniveladoras u otros equipos adecuados para asegurar capas de espesor uniforme. La construcción deberá comenzar desde los puntos más bajos del perfil transversal y proseguir por capas superpuestas hasta alcanzar todo el ancho del terraplén. Se colocará la siguiente capa de material, sólo cuando la precedente se encuentre satisfactoriamente compactada y aprobada. El espesor compactado de las capas, incluyendo cualquier material subyacente que hubiera sido escarificado, deberá ser en general de 0,30 m como máximo. En este caso, el tamaño máximo del material sigue siendo 150 mm. Los terrones o conglomerados deberán romperse enteramente por medio de rastras de discos u otros métodos aceptables, de manera de cumplir con el tamaño máximo del material de 150 mm. Lo precedente, no se aplicará al coronamiento del terraplén, donde el espesor de la capa compactada se limitará a 0,30 m y el tamaño máximo del material no será superior a 100 mm.

Medición y forma de pago

Este ítem se pagará al precio unitario por metro cúbico para "Relleno y compactado c/maquina" cuyo precio y pago constituirá la compensación completa por el transporte de material para relleno y la compactación completa de los terraplenes hasta alcanzar la cota de la rasante indicada en los planos.

Ítem: Relleno y compactado c/maquina	Unidad: m³	PU(Bs)	62,58
---	-------------------	--------	-------

ÍTEM 2.2.- TRANSPORTE DE MATERIAL DE BASE**Definición**

Se refiere al transporte de materiales de excavación de cortes para conformación de terraplenes y transporte de préstamos.

Materiales, herramientas y equipos

Los materiales transportados serán los obtenidos de la excavación de los tramos de corte y si se requiere de los bancos de préstamos indicados en los planos.

Procedimiento para la ejecución

El transporte de materiales para conformación de terraplenes se aplicará a los materiales excavados provenientes de los cortes o préstamos en camiones de 24 m3 con la ayuda para cargar de una retro.

Medición y forma de pago

El transporte de los materiales para la ejecución de los servicios mencionados en esta especificación, serán medidos y cancelados en metros cúbicos por kilómetro.

Ítem: Transporte de material de base	Unidad: m³-km	PU(Bs)	34,48
---	----------------------	--------	-------

4.6.3. Conformado de paquete estructural (pavimento Flexible)**ÍTEM 3.1.- CONFORMACION DE CAPA SUB BASE****Definición**

Esta especificación se aplica a la ejecución de sub-bases granulares constituidas de capas de suelo, mezclas de suelos con materiales granulares naturales o triturados, o productos

totales de materiales triturados, en conformidad con los espesores, alineamientos y sección transversal indicados en los planos.

Materiales, herramientas y equipos

Los materiales a ser empleados en la sub-base deben presentar un Índice de Soporte de California (CBR) igual o mayor a 30% y una expansión máxima de 1% determinados con la energía de compactación de la AASHTO T-180 D.

Los requisitos de plasticidad son: Límite Líquido < 25 % e índice Plástico > 6 %.

El agregado retenido en el tamiz N° 10 debe estar constituido por partículas duras y durables, la fracción fina que pase el tamiz N° 10 deberá estar constituida por arena natural, o arena obtenida por trituración. La fracción que pase el tamiz 200 será no mayor de los 2/3 de la fracción que pase el tamiz N° 40.

El diámetro máximo de agregado no será menor de 7.5 cm ni mayor que la mitad del espesor de la capa compactada. Las ubicaciones de fuentes de explotación de estos materiales están indicadas en los planos.

Se requieren los siguientes tipos de equipo para la ejecución de la sub-base:

- Planta seleccionadora o dosificador, si es necesario.
- Equipo de extracción y transporte.
- Motoniveladora pesada con escarificador.
- Camión tanque distribuidor de agua.
- Rodillos compactadores lisos vibratorios y neumáticos.

Procedimiento para la ejecución

Comprende las operaciones de distribución, mezcla, humedecimiento o desecación, compactación y acabado de los materiales transportados del yacimiento, realizadas sobre la subrasante debidamente preparada y en el ancho establecido, en cantidades que permitan llegar al espesor proyectado luego de su compactación.

Las densidades de la capa acabada deberán ser como mínimo de 100% de la densidad máxima determinada según el ensayo AASHTO T-180D, el contenido de humedad deberá variar como máximo entre $\pm 2\%$ de la humedad óptima obtenida en el ensayo anterior.

La limpieza, de los yacimientos deberá ser ejecutada cuidadosamente de tal manera que se evite la contaminación del material aprobado, así como desperdicios del mismo.

El material será esparcido sobre la capa inferior aprobada de modo que se evite la segregación, y en cantidad tal que permita obtener el espesor programado después de su compactación.

Medición y forma de pago

El volumen de sub-base será medido y cancelados en metros cúbicos de material compactado y aceptado de acuerdo a la sección transversal del proyecto.

Los precios incluyen la carga de material, distribución, mezcla, humedecimiento o desecación, compactación y acabado.

Así mismo incluir la construcción y mantenimiento de los caminos de servicio y toda la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para ejecutar los trabajos descritos en esta especificación.

Ítem: Conformación de capa sub-base		Unidad: m³	PU(Bs)	34,40
--	--	------------------------------	--------	-------

ÍTEM 3.2.- CONFORMADO DE CAPA BASE

Definición

Este trabajo consistirá en la ejecución de una capa de grava natural, o una mezcla de suelos o grava con agregados triturados, o materiales totalmente triturados, colocada y compactada, de acuerdo con lo establecido por las presentes especificaciones y de conformidad con los alineamientos y sección transversal indicados en los planos.

Materiales, herramientas y equipos

La base será ejecutada con materiales que cumplan los siguientes requisitos:

Deberán poseer una composición granulométrica encuadrada en una de las columnas de la siguiente tabla:

% por peso del material que pasa por tamices según AASHTO T-11 y T-27

TAMIZ	TIPO DE GRADUACIÓN		
	A	B	C
2"	100	100	-
1"	-	75 - 95	100
3/8"	30 - 65	40 - 75	50 - 85
Nº. 4	25 - 55	30 - 60	35 - 65
Nº. 10	15 - 40	20 - 45	25 - 50
Nº. 40	8 - 20	15 - 30	15 - 30
Nº. 200	2 - 8	5 - 20	5 - 15

- La fracción que pasa el tamiz No. 40 deberá tener un límite líquido inferior o igual ($\leq$) a 25% y un índice de plasticidad inferior o igual ($\leq$) a 6%. Pasando de estos límites, el equivalente de arena deberá ser mayor ($>$) que 30%.
- El porcentaje del material que pasa el tamiz No. 200 no debe exceder a 2/3 del porcentaje que pasa el tamiz No. 40.
- El índice de Soporte de California no deberá ser inferior a 60% y la expansión máxima será de 0.5%, cuando sean determinados con la energía de compactación del ensayo AASHTO T-180 D.
- El agregado retenido en el tamiz No. 10 debe estar constituido de partículas duras durables, exentas de fragmentos blandos, alargados o laminados y exentos de materia vegetal, terrones de arcilla u otra sustancia perjudicial, los agregados gruesos deberán tener un desgaste no superior a 50% a 500 revoluciones, según lo determine el ensayo AASHTO T-96.

Se requiere el siguiente equipo para la ejecución de la base:

- Planta trituradora, dosificadora o seleccionadora, según el caso.
- Equipo de extracción, carga y transporte.
- Motoniveladora pesada con escarificador.
- Camión tanque distribuidor de agua.

- Rodillos compactadores tipo liso-vibratorio y neumático.

Procedimiento para la ejecución

Comprende las operaciones de producción, distribución mezclado, humedecimiento o desecación, compactación y acabado, de los materiales transportados del yacimiento o planta, colocados sobre una superficie debidamente preparada y en el ancho establecido, en cantidades que permitan llegar al espesor proyectado luego de su compactación.

La densidad de la capa acabada deberá ser como mínimo 100% de la densidad máxima determinada según el ensayo AASHTO T-180 D, y el contenido de humedad deberá variar como máximo entre $\pm 2\%$ de la humedad óptima obtenida en el ensayo anterior. La limpieza de los yacimientos deberá ser ejecutada cuidadosamente de tal manera que se evite la contaminación del material aprobado.

El material será esparcido sobre la capa inferior aprobada de modo que se evite la segregación, y en cantidad tal que permita obtener el espesor programado después de su compactación.

Control Tecnológico

Serán ejecutados los siguientes ensayos:

Un ensayo de compactación para la determinación de la densidad máxima por el método AASHTO T-180 D, con un espaciamiento máximo de 100 metros lineales, con las muestras recogidas en puntos que obedezcan siempre el orden: borde derecho, eje, borde izquierdo, eje, borde derecho, etc., a 60 cm del borde.

El número de ensayos de compactación podrá ser reducido siempre que se verifique una homogeneidad del material.

Determinación de la densidad en sitio cada 100 metros lineales en los puntos donde fueran obtenidas las muestras para los ensayos de compactación.

Determinación del contenido de humedad cada 100 metros lineales inmediatamente antes de la compactación.

Ensayos de granulometría, de límite líquido y límite plástico, según los métodos AASHTO T-27, AASHTO T-89 y AASHTO T-90, respectivamente, con espaciamiento máximo de 150 metros lineales y un mínimo de dos grupos de ensayos por día.

Control geométrico

Después de la ejecución de la capa de base, se procederá al control de niveles del eje y los bordes, permitiéndose las siguientes tolerancias:

Variación máxima en el ancho más (+) 10 cm, no admitiéndose variación en menos (-).

Variación máxima en el bombeo establecido de más (+) 0.5%, no admitiéndose variación en menos (-).

Variación máxima de cotas para el eje y para los bordes de más, menos ($\pm$) 2 cm con relación a las cotas de proyecto.

Medición y forma de pago

El volumen de la base será medido y cancelado en metros cúbicos de material transportado, compactado y aceptado de acuerdo a la sección transversal del proyecto.

Dichos precios incluyen las operaciones de limpieza del yacimiento, excavación, carga, trituración, dosificación, distribución, mezcla, humedecimiento o desecación, compactación y acabado.

Asimismo, incluirá la construcción y mantenimiento de los caminos de servicio y toda la mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para ejecutar los trabajos descritos en esta Especificación.

Ítem: Conformación de la capa base		Unidad: m³	PU(Bs)	34,40
---	--	------------------------------	--------	-------

ÍTEM 3.3.- IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA

Definición

La imprimación consiste en la aplicación de una capa de material bituminoso sobre la superficie de una base concluida, antes de la ejecución de cualquier revestimiento bituminoso, con el objeto de:

- Aumentar la cohesión de la superficie de la capa sobre la cual es aplicada, por la

penetración del material bituminoso.

- Promover la adherencia entre la base y el revestimiento.
- Impermeabilizar la superficie de la capa sobre la cual es aplicada.

Materiales, herramientas y equipos

Materiales Bituminosos

Todos los materiales bituminosos deben satisfacer las exigencias de las especificaciones a continuación detalladas:

Especificaciones de Materiales Bituminosos

Cemento Asfáltico:	AASHTO M-20
Asfalto diluido de curado lento:	AASHTO M-141
Asfalto diluido de curado medio:	AASHTO M-82
Asfalto diluido de curado rápido:	AASHTO M-81

Tipo de Materiales

Asfalto diluido de curado lento:	SC-70, SC-250
Asfalto diluido de curado mediano:	MC-30, MC-70
Asfalto diluido de curado rápido:	RC-250

El régimen de aplicación será aquel que permita la absorción del material bituminoso por la base en 24 horas, debiendo ser determinado experimentalmente en la obra.

La cantidad del material aplicado varía de 0.8 a 1.6 l/m², conforme al tipo y textura de la base y del material bituminoso elegido. Los materiales bituminosos para sus distintas aplicaciones deberán ser empleados dentro de los límites de temperatura que se indican a continuación:

Temperatura de Aplicación

Tipo y calidad del material	Límites de Temperatura	
	Mín. (° C)	Máx. (° C)
MC-30		
RC- MC – SC - 70	21.11	62.78
RC- MC – SC - 250	40.56	85.00
RC- MC – SC - 800	60.00	105.50
RC- MC – SC - 3,000	79.44	130.00
Todas las emulsiones	101.11	154.40
Todas las calidades de cemento asfáltico	10.00	60.00
RT – 1 – 2 – 3	15.56	176.70
RT – 4 – 5 – 6	29.44	54.44
RT – 7 – 8 – 9	65.56	65.56
RT – 10 – 11 – 12	79.44	107.00
RTCB – 5 – 6	15.56	120.00
		48.89

Material de Secado

Estos materiales consistirán de arena limpia que no deberá contener más del 2% de humedad. Además, deberá pasar el 100% por el tamiz N° 4 y por el tamiz N° 200 pasará de 0 a 2%.

Todo el equipo será examinado, antes de iniciarse la ejecución de la obra, debiendo estar de acuerdo con esta Especificación para que sea dada la orden de iniciación de los servicios.

Para el barrido de la superficie a imprimir, se usará de preferencia barredoras mecánicas rotativas, pudiendo ocasionalmente realizarse a mano esta operación.

También podrá utilizarse un soplador de aire comprimido.

La distribución del ligante deberá realizarse mediante carros distribuidores equipados con bomba reguladora de presión y un sistema completo de calentamiento, que permitan la aplicación del material bituminoso en cantidades uniformes.

Procedimiento para la ejecución

La imprimación sólo podrá ser ejecutada cuando la parte inferior de la capa a imprimir estuviese con humedad no mayor que la humedad óptima + 2%.

Después de la perfecta conformación geométrica de la superficie a imprimir, se procederá al barrido de la misma con objeto de eliminar el polvo y el material suelto existente.

Luego se aplicará el material bituminoso adecuado, a la temperatura compatible con el tipo a utilizarse, en las cantidades ordenadas y de la manera más uniforme.

El material bituminoso no deberá aplicarse cuando la temperatura ambiental estuviera por debajo de 10°C, o en temperatura de aplicación del material bituminoso debe ser fijada para cada tipo de ligante, en función de la relación temperatura – viscosidad. Debe elegirse una temperatura que proporcione una mejor viscosidad para el riego.

En lo posible, la capa de imprimación deberá aplicarse a todo el ancho o en fajas de la mitad del ancho especificado en los planos. Cuando se aplique en dos o más fajas, deberá haber una ligera superposición del material bituminoso a lo largo de los bordes adyacentes de las fajas.

Si fuera necesario se podrá autorizar el tránsito antes del tiempo indicado, pero en ningún caso sin haber transcurrido por lo menos 8 (ocho) horas después del riego.

El material de secado se distribuirá desde camiones en tal forma que ninguna de las ruedas de éstos pase sobre el material bituminoso húmedo no cubierto aún por el material secante.

Cuando se coloque el material de secado sobre una faja del camino, adyacente a otra parte del mismo, que todavía debe ser tratada, se deberá dejar sin cubrir una franja de un ancho de por lo menos 20 cm a lo largo de la parte no tratada y en caso de que esta disposición no haya sido cumplida, se deberá eliminar ese material de secado cuando se prepare la segunda faja para el riego correspondiente, con el fin de obtener una superposición del material bituminoso en las uniones de las distintas fajas sometidas al tratamiento.

A fin de evitar una superposición o exceso en los puntos inicial y final de las aplicaciones, se deberá colocar papel de edificación, transversalmente al camino, de modo que el principio y el final de cada aplicación del material bituminoso se sitúen sobre dichas cubiertas, las cuales serán retiradas seguidamente.

Cualquier falla en la aplicación del material bituminoso debe ser inmediatamente corregida.

Medición y forma de pago

La ejecución de la imprimación será medida y cancelada en metros cuadrados de acuerdo a la sección transversal del proyecto. El suministro de material bituminoso aplicado en la imprimación será medido en litros.

Ítem: Imprimación asfáltica	Unidad: m²	PU(Bs)	6,19
------------------------------------	------------------------------	--------	------

ÍTEM 3.4.- CAPA DE RODADURA (PAVIMENTO FLEXIBLE)

Definición

Esta especificación es aplicable a todos los tipos de material bituminosos del tipo de mezclado en caliente en planta. Es decir, mezcla de materiales para carpeta de tipo superior. El trabajo consistirá en la construcción de una o varias capas de mezcla bituminosa sobre la base preparada de acuerdo con estas especificaciones, planos.

Materiales, herramientas y equipos

Las mezclas bituminosas se compondrán de una mezcla de materiales granulares y bituminosos en proporciones definidas.

Antes de producir las mezclas bituminosas se propondrá valores individuales definitivos para:

Porcentajes de agregados que pasen los tamices especificados, basados en el peso seco del agregado. Estos porcentajes deberán estar dentro de los límites detallados en la tabla de esta especificación presentada a continuación.

La porción de los agregados retenida en el tamiz N° 8 se designará agregado grueso. Sólo se podrá emplear un tipo único de agregados gruesos.

Cuando se utilice grava triturada, no menos de un 80% en peso de las partículas de la misma, retenidas por el tamiz N° 4, deberá tener por lo menos una cara fracturada.

Los agregados deberán tener un porcentaje de desgaste no mayor al 40% a 500 revoluciones al ser ensayadas por el método ASHTO T-96. Los agregados deben ser homogéneos (tipo único de agregados).

Las piedras y gravas trituradas, al ser sometidas a cinco ensayos alternativos de durabilidad, mediante el sulfato de sodio, empleando el método AASHTO T-104 no podrá tener una pérdida de peso mayor de un 12%.

El porcentaje de adherencia deberá ser $\geq 95\%$ (AASHTO T-182).

La composición del concreto asfáltico debe satisfacer los requisitos de granulometría de la tabla. La columna a utilizarse será aquella cuyo diámetro máximo sea igual o inferior a 2/3 del espesor de la capa de revestimiento.

Pavimentos Bituminosos Mezclados en Caliente en Planta

Requisitos sobre Graduación (según FP-85)

(% en peso, que pasa cribas con mallas cuadradas, AASHTO T-11 y T-27)

Determinación del Tamiz	GRADUACIÓN					
	A	B	C	D	E	F
2	100	-	-	-	-	-
11/2	97-100	100	-	-	-	-
1"	-	97-100	100	-	-	-
3/4	66/80 (5)	-	97-100	100	-	-
1/2	-	-	76-88 (5)	97-100	-	-
3/8	48-60	53-70 (6)	-	-	100	100
Nº 4	33-45 (5)	40-52 (6)	49-59 (7)	57-69 (6)	97-100	33-47 (6)
Nº 8	25-33 (4)	25-39 (4)	36-45 (5)	41-49 (6)	62-81 (5)	7-13 (4)
Nº 40	9-17 (3)	10-19 (3)	14-22 (3)	14-22 (3)	22-37 (3)	-
Nº 200	3-8 (2)	3-8 (2)	3-7 (2)	3-8 (2)	7-16 (2)	2-4 (2)

El agregado grueso (retenido por el tamiz No. 8) deberá ser de piedra triturada y deberá satisfacer los requisitos de calidad ya indicados. Cuando se utilice grava triturada no menos del 80% de las partículas retenidas en el tamiz No. 4 deberán tener por lo menos una cara fracturada.

El agregado grueso deberá ser de tal gradación, que cuando sea cambiado con otras fracciones del agregado, la mezcla resultante alcance la granulometría exigida en especificaciones para su utilización en obra.

El agregado fino, material que pasa tamiz No. 8 deberá consistir de arena natural o producto de trituración y deberá satisfacer los requisitos de AASHTO M-29 sobre calidad.

El agregado fino deberá ser de tal graduación, que al ser combinado con otras fracciones de agregado que se requieren en la proporción adecuada, la mezcla resultante satisfaga la granulometría exigida para su utilización en obra.

El IP de la fracción pasante por el tamiz No. 40 deberá ser $\leq 4.0\%$; recomendándose efectuar también los límites de consistencia sobre la fracción pasante por el tamiz no. 200 (por vía húmeda), debiendo obtenerse $IP \leq 4.0\%$.

La pérdida en el ensayo de durabilidad deberá ser $\leq 15\%$ (si se efectúa con SO_4Na_2) y $\leq 20\%$ (si se utiliza SO_4Hg); en ambos casos se cumplirán 5 ciclos. El equivalente de arena deberá ser $\geq 50\%$, en el ensayo efectuado sobre los agregados antes de ingresar a la planta.

Las características de calidad de las mezclas asfálticas elaboradas en caliente, se establecen en base a distintos niveles de tránsito, siendo:

Características	Tránsito		
	Pesado $N_{8.2} > 1 \times 10^6$	Mediano $1 \times 10^4 < N_{8.2} < 1 \times 10^6$	Liviano $N_{8.2} < 1 \times 10^4$
Número de Golpes	75	75	50
Estabilidad (kg)	≥ 1000	≥ 700	≥ 500
Fluencia (cm)	0.20 - 0.35	0.20 - 0.35	0.20 - 0.40

Vacíos (%)	3.5	3.5	3.5
VAM mínimo (%) * f (TMN) del ácido	13 – 15	13 - 15	13 - 15
RBV (%)	75 – 85	75 - 85	75 - 85
Estabilidad Remanente	≥ 75%	≥ 75%	75%

* TMN = Tamaño máximo nominal.

El dopaje de la fórmula de obra se llevará a cabo mediante el método Marshall.

Para la obra se proporcionará el equipo necesario, suficiente de capacidad y condiciones mecánicas óptimas, el mismo que deberá ser revisado y aprobado por escrito.

El equipo en obra deberá ser:

Equipo para producción de agregados para pavimentación; planta de trituración, seleccionadora, planta de lavado y seleccionadora de agregados, equipo de carga y transporte, secador de agregados, etc.

Equipo de preparación y distribución de materiales para pavimentación; planta procesadora de concreto asfáltico en caliente, báscula para camiones, sistema de transporte y distribución, vibro acabadora de concreto asfáltico, etc.

Equipos de compactación autopropulsados y de diferentes pesos: aplanadoras tándem, compactadoras de rodillo liso, compactadoras de neumáticos lisos, rolos vibratorios o una combinación de ellos, capaces de revertir su movimiento, sin levantar o arrancar la mezcla. El uso de equipos que provoquen la trituración del agregado no será permitido.

Laboratorios de campo para suelos y agregados, materiales bituminosos y mezcla asfáltica en caliente.

Procedimiento para la ejecución

La carpeta de concreto asfáltico mezclado en planta consiste de una masa compacta consistente de material bituminoso y agregados de alta calidad, colocados en capas,

aplicadas en una o más capas trabadas entre sí, que distribuye las cargas a una base convenientemente preparada.

Deberán observarse las siguientes disposiciones:

El material bituminoso no será colocado cuando las condiciones del tiempo no permitan el manejo y la terminación concreta de la mezcla, o cuando la superficie de la base está congelada, o con temperatura por debajo de $+7^{\circ}\text{C}$.

El material bituminoso deberá ser calentado hasta la temperatura especificada, en una forma tal que se pueda evitar el recalentamiento local y proporcionar un abastecimiento continuo del material bituminoso a la mezcladora a temperatura uniforme.

La temperatura del cemento asfáltico que se entregue a la mezcladora no deberá ser mayor a la cual el cemento asfáltico tiene una viscosidad cinemática de 150 centistokes, determinada según ASSHTO T-201. La temperatura no deberá ser más baja que la que se necesita para obtener un revestimiento completo y distribución uniforme sobre las partículas de agregado y para proveer una mezcla que sea satisfactoriamente trabajable. Los agregados secos y el material bituminoso serán medidos e introducidos en la mezcladora en la cantidad especificada por la fórmula de mezcla de trabajo o control. Estos materiales deberán ser mezclados hasta que se obtengan partículas con una capa completa y una uniforme distribución del material bituminoso en todas las partes del agregado.

El transporte de la mezcla, desde la planta hasta el lugar de su aplicación será ejecutado en vehículos de caja metálica hermética, lisa y limpia, sus pisos estarán libres de aceite u otro derivado del petróleo, solventes u otros productos que afecten adversamente a la mezcla asfáltica. Una cobertura delgada de un material aprobado, puede ser utilizada para evitar la adherencia a los pisos de los camiones. Cada vehículo deberá disponer de una lona impermeable u otro material adecuado, para proteger la mezcla contra la intemperie y mantener la mezcla con la temperatura apropiada.

Como operación previa al tendido de la carpeta asfáltica se trazarán y localizarán las líneas de referencia y puntos de control geométrico para los límites de la carpeta asfáltica. El tendido de la mezcla será efectuado mediante un distribuidor de mezcla y vibroacabadora de pavimento, ejerciéndose un control permanente del espesor del material extendido que

permita alcanzar el espesor final de proyecto de la carpeta asfáltica después de la compactación.

En las zonas donde el uso de la distribuidora mecánica y el equipo de acabado sea impracticable, la mezcla será rodeada, desparramada, rastrillada y enrasada mediante el uso de herramientas de mano, a fin de obtener el espesor compactado requerido. La producción de la mezcla de la planta debe ser regulada en forma tal que la pavimentadora pueda ser usada en forma continua. La operación de pavimentar debe ser conducida en forma tal de minimizar los inconvenientes al tráfico y asegurar la protección de las superficies existentes y terminadas.

El control de tráfico y las operaciones de pavimentación serán llevadas a cabo de acuerdo a un plan aprobado de control de tráfico.

En lo relativo a las juntas, los rodillos no pasarán sobre bordes no protegidos de una mezcla recientemente colocada. Se formarán juntas transversales mediante el corte de la capa previa en todo el espesor de la misma. Se utilizará una aplicación de riego de liga sobre las juntas transversales y longitudinales de contacto de las superficies, antes de la colocación de la mezcla adicional contra el material previamente compactado.

El compactado deberá comenzar inmediatamente después de que el material haya sido tendido por el distribuidor o vibro acabadora. Muchas mezclas se compactan rápidamente si el extendido ha sido realizado con la temperatura adecuada de la mezcla.

Para evitar la adherencia de la mezcla a los rodillos, las ruedas deberán ser humedecidas con agua o agua mezclada con una pequeña cantidad de detergente u otro material aprobado, no permitiéndose un exceso de líquido.

La densidad especificada de la mezcla deberá ser alcanzada en esta fase de la compactación, no permitiéndose posterior consolidación mediante tráfico vehicular de usuarios, con el objeto de evitar el acanalado de la carpeta asfáltica.

Para alcanzar la densidad final se utilizarán compactadores de rodillo liso y neumáticos que tengan el peso conveniente para alcanzar la rápida densificación de la mezcla.

Durante la compactación, los rodillos se desplazarán a mínima pero constante velocidad. Todos los rodillos deberán ser operados, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Los rodillos vibratorios tendrán controles separados para la energía de vibración y de propulsión y serán capaces de compactar la mezcla a la densidad exigida; el uso de equipos que provoquen la rotura del agregado no será permitido.

Las mezclas deberán ser colocadas a una temperatura no menor a los 110° (grados centígrados) midiéndola en el vehículo en el momento de descargarla en el distribuidor. El contenido de humedad no deberá exceder el 1%.

La mezcla deberá ser aplicada y enrasada de acuerdo con la pendiente y elevaciones establecidas. Las pavimentadoras bituminosas deberán ser empleadas para distribuir la mezcla, ya sea a todo lo ancho de la vía o parte de la misma, según sea factible.

La junta longitudinal en una capa deberá traslapar la de la capa inmediatamente inferior en aproximadamente 15 cm. sin embargo, la junta de la capa superior deberá estar en correspondencia con la línea central del pavimento.

En zonas no accesibles a los rodillos, la mezcla será compactada cuidadosamente con compactadores de mano calentados, planchas enrasadoras o compactadores mecánicos. Toda mezcla que se haya soltado o roto, mezclado con tierra o defectuosa en cualquier aspecto, será eliminada y remplazada por mezcla caliente fresca y compactada, hasta emparejarse con el área adyacente. Toda zona que acuse un acceso o deficiencia de asfalto será removida y remplazada.

Medición y forma de pago

La carpeta de concreto asfáltico en caliente suministrada, transportada, colocada, compactada, será medida y cancelada en metros cúbicos.

Dichos precios constituirán la compensación total por suministro, transporte, colocación de materiales, utilización de equipo, herramientas, mano de obra y todos los imprevistos necesarios para ejecutar las obras detalladas en esta especificación, bajo el ítem.

Ítem: Carpeta Asfáltica		Unidad: m³	PU(Bs)	741,69
--------------------------------	--	------------------------------	--------	--------

ÍTEM 3.5.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE.

Definición

Este trabajo consiste en la colocación de una o más capas de tratamientos superficiales (asfalto, agregados y de ser el caso, aditivos) sobre la superficie de una base imprimada o cualquier otra, preparada con tal finalidad, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto. Para tratamientos múltiples, a partir de la segunda capa se repite el riego asfáltico y colocación de agregado pétreo.

Materiales, herramientas y equipos

Los materiales para ejecutar estos trabajos serán:

Agregados pétreos

Los agregados pétreos para la ejecución del tratamiento superficial deben cumplir con las exigencias de calidad, indicadas a continuación:

Ensayos	Especificaciones
Partículas fracturadas del agregado grueso con una cara facturada (MTC E 210)	85% mín.
Partículas del agregado grueso con dos caras fracturadas (MTC E 210)	60% mín.
Partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791-NTP 400.4)	15% máx.
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (ASTM D 1664-AASHTO T 182)	+95
Terrones de arcilla y partículas friables (MTC E 212)	3% máx.
Sales solubles total (MTC E 219)	0,5% máx.

Además, los agregados triturados y clasificados deberán presentar una gradación uniforme, que se ajustará a alguna de las franjas granulométricas que se indican a continuación:

Rangos de gradación para tratamientos superficiales

Nº de Huso	Tamaño Normal de agregado	Tipo de material (Porcentaje que pasa)								
		1 1/2 (37,5 mm)	1 (25,0 mm)	3/4" (19,0 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/8" (9,5 mm)	Nº 4 (4,75 mm)	Nº 8 (2,36 mm)	Nº 16 (1,18 mm)	Nº 50 (300 um)
5	25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	100	90-100	20-55	0-10	0-5				
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")		100	90-100	20-55	0-15	0-5			
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n.º 4)			100	90-100	40-70	0-15	0-5		
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a n.º 8)				100	85-100	10-30	0-10	0-5	
9	4,75 mm a 1,18 mm (n.º 4 a n.º 16)					100	85-100	10-40	0-10	0-5

Material bituminoso

El material bituminoso a ser aplicado de acuerdo a lo indicado en este proyecto será cemento asfáltico que cumpla con las características que se dan en la siguiente tabla.

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25ºC, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, ºC	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25ºC, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) ⁽¹⁾	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽²⁾	AASHTO M 20										
Solvente Nafta – Estándar		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163ºC, 3,2 mm, 5 h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25ºC, 5 cm/min, cm ⁽³⁾	MTC E 306			50		75		100		100	

(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

El material bituminoso de acuerdo a la aplicación y al tipo de tratamiento establecido será calentado de manera general referencial dentro de los rangos de temperatura establecidos en la siguiente tabla.

Rangos de temperatura de aplicación (°C)

Tipo y Grado del Asfalto	Temperaturas de Esparcido ⁽²⁾		Temperaturas de Mezclado en Planta ⁽¹⁾	
	Mezclas in situ	Tratamientos superficiales	Mezclas Densas	Mezclas Abiertas
Asfaltos Diluidos				
MC-30	-,-	30	-,-	-,-
RC-70 o MC-70	20	50	-,-	-,-
RC-250 o MC-250	40	75	55-80	-,-
RC-800 o NC-800	55	95	75-100	-,-
Emulsiones Asfálticas				
CRS-1	-,-	50-85	-,-	-,-
CRS-2	-,-	50-85	-,-	-,-
CMS-2	20-70	-,-	10-70	-,-
CMS-2h, CSS-1, CSS-1h	20-70	-,-	10-70	-,-
Cemento Asfáltico				
Todos los grados	140 máx (4)		140 máx (4)	

Medición y forma de pago.

La unidad de medida será el metro cuadrado (m²), aproximado al entero. El área se determinará multiplicando la longitud real, medida a lo largo del eje del trabajo, por el ancho especificado en los planos aprobados.

4.6.4. Obras de arte menor

ÍTEM N° 1 REPLANTEO/CONTROL OBRAS DE ARTE MENOR

Definición

Este ítem se refiere a la reposición de los ejes y niveles contemplados en los planos, para la determinación de las dimensiones de excavación, para las obras de drenaje del proyecto, alcantarillas, comprende todos los trabajos de replanteo y ubicación de las obras de arte necesario para la localización y la definición física en el terreno, en general y en detalle, en estricta sujeción a los planos de construcción.

Materiales, herramientas y equipos

Se proveerá de todo el material propio de esta actividad necesario para la ejecución de los trabajos de trazado y replanteo de obras de arte, tales como: equipo topográfico, estacas (2X2X0.30), clavos, pinturas, mojones, etc. y todo aquello que considere necesario para la buena ejecución del trabajo.

Todas las herramientas menores y el equipo topográfico necesario para las actividades de replanteo, deberán ser provistos en obra al momento de iniciar las actividades correspondientes al ítem.

Procedimiento para la ejecución

Se hará el replanteo de todas las obras a construirse de acuerdo a los planos del proyecto.

La localización general, alineamientos, elevaciones y niveles de trabajo serán marcados en el campo para su verificación y deberán poseer puntos de referencia para su restitución en caso de pérdida de estacas, mojones, etc.

Las áreas de ubicación de las obras, deberá ser despejada, de obstáculos, ramazón, arbustos, y demás impedimentos que no permitan la facilidad del trabajo a realizar.

Una vez determinada la ubicación y cota referencial de cada obra, se referenciará la misma con una estaca situada en proximidad y que estará en un lugar de fácil acceso y en forma tal que no pueda ser destruido. La ubicación del punto de referencia será indicada en un esquema correspondiente, y después que se apruebe el replanteo.

Una vez aprobado el replanteo los trabajos como excavaciones deberán ejecutarse con un control permanente de niveles anchos de zanja, secciones, etc. a fin de evitar sobre excavaciones innecesarias hasta llegar a las cotas establecidas en los planos.

Medición y forma de pago.

El ítem se medirá y pagará por pieza o unidad replanteada en campo o considerándose las distancias que hayan trabajado para localizar el punto de partida.

Ítem: Replanteo-control obras de arte menor		Unidad: pza	PU(Bs)	910,15
--	--	------------------------------	--------	--------

ÍTEM 4.2.- EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA C/MAQ P/OBRAS DE ARTE

Definición

Esta sección comprende todos los trabajos de excavación con maquinaria para el colocado de las alcantarillas, hasta la profundidad indicadas en los planos correspondientes. Este trabajo se llevará a cabo utilizando maquinaria, según las dimensiones que se especifica en los planos constructivos y con procedimientos en las especificaciones técnicas.

Materiales, herramientas y equipos

Se realizará los trabajos arriba mencionados con maquinaria retroexcavadora y con las herramientas y equipo convenientes.

Procedimiento para la ejecución

Las excavaciones se realizarán con maquinaria y en ciertos casos manualmente, dejando el fondo de la zanja nivelado y terminado de manera que la base de fundación ofrezca un apoyo firme para los cimientos.

El material extraído de la excavación será apilado a un solo lado de la zanja a una distancia mínima de 1.0 mts. del borde de la zanja, de manera que no se produzcan presiones en el lado de la pared respectiva, quedando el otro lado libre para la manipulación de los materiales que se utilizarán para las fundaciones.

Medición y forma de pago

La excavación para las obras de arte, se medirán y cancelarán en metros cúbicos (M3), considerando las dimensiones y profundidades indicadas en los planos.

Estos precios serán la compensación total por el equipo, materiales, herramientas, mano de obra, impuesta e imprevista, que en forma directa o indirecta tengan incidencia en los costos de su ejecución, así como el transporte del material sobrante.

Ítem: Excavación no clasificada c/maq p/obra de arte		Unidad: m³	PU(Bs)	14,42
---	--	-----------------------------	--------	-------

ÍTEM 4.3.- EXCAVACION P/CUNETAS REVESTIDAS

Definición

Esta sección comprende todos los trabajos de excavación con maquinaria para las cunetas laterales, hasta la profundidad indicadas en los planos correspondientes. Este trabajo se llevará a cabo utilizando maquinaria, según las dimensiones que se especifica en los planos constructivos y con procedimientos indicados en las presentes especificaciones técnicas.

Materiales, herramientas y equipos

Se realizará los trabajos arriba mencionados con maquinaria retroexcavadora y con las herramientas y equipo convenientes.

Procedimiento para la ejecución

Deberá considerarse la excavación no clasificada, a consideración de la excavación que sea identificada en el lugar ya sea en terreno semiduro, duro o en roca dura o suelta.

El material extraído de la excavación será apilado a un solo lado de la zanja a una distancia mínima de 1.0 mts. del borde de la zanja, de manera que no se produzcan presiones en el lado de la pared respectiva, quedando el otro lado libre para la manipulación de los materiales que se utilizarán para las fundaciones.

Medición y forma de pago

La excavación para las obras de arte, se medirán y cancelarán en metros cúbicos (M3), considerando las dimensiones y profundidades indicadas en los planos.

Ítem: Excavación manual p/cunetas revestidas		Unidad: m³	PU(Bs)	81,67
---	--	-------------------	--------	-------

ÍTEM 4.4.- COLOC. CAPA BASE ARENA SELECCIONADA COMPACTADA

Definición

Después de unificada la excavación y compactación de la base para la alcantarilla, se procederá al tendido de arena de granulometría media, en un espesor indicado en los planos de detalles., esto con el objeto de servir como base para el tubo metálico arco.

Materiales, herramientas y equipos

Para la cama de arena, se utilizará arena limpia y seleccionada, que cumpla con las exigencias para preparación del colocado de tubería.

Procedimiento para la ejecución

Previamente se verificará la base de la alcantarilla, para el colocado de la cama de arena, la cual deberá estar de acuerdo con los profundidades indicados en los detalles de los planos, además debe tener una resistencia a la fatiga que guarde relación con las normas y especificaciones para alcantarillas; en caso que llegarán a presentarse irregularidades que podrían alterar el perfil de la tubería, deberá previamente corregirse para que una vez corregidas se proceda al colocado de la capa de arena de 20 cm. de espesor, que servirá para el asentamiento de las tubería; dicha arena se regirá por los siguientes límites:

Porcentaje en Peso

Máximo admisible	Designación
Terrones de arcilla	1-2
A.A.S.S.H.T.O. T-112-24	
Carbón o lignito	1-2
A.A.S.S.H.T.O. T-113~70	
Material que pasa el tamiz N°200	3-5
A.A.S.S.H.T.O. T- 11-74	

La capa de arena debe tener la siguiente granulometría:

Designación del tamiz	Total que pasa %
------------------------------	-------------------------

No	4			100
No	16	95	---	100
No	50	40	---	80
No	100	10	---	30
N°	200	3	---	5

La capa de arena debe ser ligeramente compactada con una plancha vibradora y luego alisada con una regla, dándole una pendiente transversal de 2% al 3 %.

Es imprescindible mantener la base de fundación de la capa de arena completamente seca, ya que los efectos del agua pueden perjudicar los trabajos.

Medición y forma de pago.

La medición y cancelación se efectuará por metro cúbico efectivamente terminado, medido en obra, e indicado en los planos de las presentes especificaciones.

Este precio unitario será compensación por gastos de equipos, herramientas, materiales, mano de obra y otros gastos que incidieran en el mismo.

Ítem: colocado de capa base arena seleccionado	Unidad: m³	PU(Bs)	112,94
---	----------------------------------	--------	--------

ÍTEM 4.5.- PROVISIÓN Y COLOCADO TUBO CHAPA ARMCO D=800 MM

Definición

Este ítem comprende la provisión y colocación de alcantarillas de tubos ARMCO, con un Ø de 0,80 metros para la conformación de las alcantarillas de alivio y de cruce.

Los tubos de metal corrugado deberán ser galvanizados y obedecer las exigencias de las especificaciones AASHTO M-36 y AASHTO M-167.

Materiales, herramientas y equipos

Los ductos de metal corrugado deberán estar constituidos por planchas acanaladas de acero galvanizado, de los espesores que se indiquen en el Proyecto y que cumplan con lo establecido en ASTM A 760M para corrugaciones 67,7 x 12,7 y 76,2 x 25,4, y con lo exigido por la ASTM A 761M para la corrugación 152,4 x 50,8. El recubrimiento de zinc

en ambas caras será el especificado en el Proyecto, pero en ningún caso deberá ser inferior a 610 g/m², determinado según lo establecido en NCh 570. Los pernos deben cumplir con lo establecido en la norma ASTM A 449 (tipo 1), o con lo exigido por ASTM A 307 sólo en el caso de corrugación 67,7 x 12,7 con espesores iguales o menores que 2,5 mm. Las tuercas serán de calidad ASTM A563, Gr. B y Gr. A respectivamente. Pernos y tuercas deberán ser galvanizados de acuerdo con ASTM A 153 clase C. Sólo se aceptarán ductos que se ajusten a lo establecido en NCh 567, sin desperfectos que comprometan la estabilidad y duración de la estructura; además, deberán cumplir con lo que se especifica a continuación:

La relación entre el diámetro efectivo y el diámetro nominal de los tubos circulares no variará en más de 5% para diámetros de hasta 1.000 mm, 3% para diámetros mayores que 1.000 mm y hasta 1.800 mm, y 2% para diámetros superiores a 1.800 mm.

El espesor mínimo de las láminas de acero y el recubrimiento de zinc serán los especificados en el Proyecto.

Los tubos no presentarán bordes mellados o rasgados.

El galvanizado no presentará saltaduras, escamas o resquebrajaduras.

Las perforaciones no tendrán rebabas.

Los pernos tendrán sus cabezas bien moldeadas.

Procedimiento para la ejecución

La preparación del lecho de fundación, relleno de fundaciones, así como el relleno de las zanjas y terraplenes adyacentes se harán de acuerdo a lo prescrito en el ítem Relleno Compactado y en conformidad con la especificación de excavación y relleno.

El lecho de fundación, cuando así lo disponga el diseño, deberá ser arqueado a fin de evitar la formación de una depresión en la línea de escurrimiento de la alcantarilla debido al asentamiento producido por el relleno. La altura a arquear será indicada en el diseño durante la construcción, dependiendo de la gradiente de la alcantarilla, la altura del terraplén y las características de asentamiento del suelo de fundación.

Las planchas de los tubos se colocarán con las secciones firmemente unidas entre sí, siguiendo las especificaciones del fabricante.

Los tubos se colocarán rigurosamente de acuerdo al alineamiento y cotas del diseño. Todo tubo mal alineado, indebidamente asentado después de su colocación, o dañado, será extraído y recolocado o remplazado.

Todos los tubos serán transportados y manipulados de modo que se evite su abollamiento, escamado o rotura de sus recubrimientos protectores. En ningún caso podrán arrastrarse sobre el suelo ni ejecutar los terraplenes adyacentes con piedras, de modo a evitar daños en el revestimiento. Cuando se indique un apuntalamiento de los tubos, su diámetro vertical será aumentado en un 5% por medio de gatos adecuados aplicados después de haberse colocado toda la tubería, en el lecho preparado y antes de rellenar. El 5% de aumento será uniforme en todo el largo de la alcantarilla, excepto cuando los planos indiquen que podrá reducirse gradualmente debajo de los taludes laterales del terraplén, hasta llegar a cero en los extremos de la alcantarilla. El tubo se mantendrá en esta forma por medio de repisas y puntales, o por tensores horizontales.

Los tubos se colocarán sobre un lecho de arena con un espesor mínimo de 20 cm.

Medición y forma de pago

Este ítem será medido y cancelado en metros lineales de tubería colocada y terminada, aprobado y determinado entre los extremos de la alcantarilla. Las mediciones serán de acuerdo a lo proyectado en los planos y verificadas en obra.

Ítem: Provisión y colocado de tubos de chapa d=800 mm		Unidad: m	PU(Bs)	1.503,98
--	--	----------------------------	--------	----------

ÍTEM 4.5.- RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL GRANULAR

Definición

Este ítem comprende todos los trabajos de relleno y compactado en las zanjas y excavaciones ejecutadas para alojar las tuberías de alivio, de acuerdo a lo establecido en los planos. Esta actividad se iniciará una vez concluidos y aceptados los trabajos de tendido de tuberías y otras obras.

Materiales, herramientas y equipos

El material de relleno a emplearse será preferentemente el mismo suelo extraído de la excavación, libre de pedrones y material orgánico. No se permitirá la utilización de suelos con excesivo contenido de humedad, considerándose como tales, aquellos que igualen o sobrepasen el límite plástico del suelo. Igualmente se prohíbe el empleo de suelos con piedras mayores a 10 cm. de diámetro.

No son aptos para el relleno, materiales que contengan materias orgánicas, raíces, arcilla, además todo material cuyo peso específico en seco sea menor a 1.600 Kg. /mt³.

Las zonas excavadas alrededor de las obras de arte, deberán ser rellenadas con material aprobado, colocado en capas horizontales no más de 30 cm, hasta llegar nuevamente a la cota del terreno natural original. Cada capa deberá ser humedecida u oreada según sea necesario, y compactada íntegramente.

Al colocar rellenos o construir terraplenes, el material empleado deberá colocarse en lo posible, simultáneamente a la misma cota de elevación, en ambos lados de las alcantarillas.

Procedimiento para la ejecución.

Una vez instalada la tubería, se procederá, a colocar suelo compactado en capas de 20 cm. de espesor, alrededor del tubo, para ser apisonado hasta cubrir el 30% inferior de su altura, cada una de dichas capas deberá ser la compactación. Se deberá tener especialmente cuidado, para compactar el material completamente debajo de las partes redondeadas del tubo y de asegurarse que el material de relleno quede en íntimo contacto con los costados de dicho tubo.

Este material de relleno deberá colocarse uniformemente a ambos costados del tubo y en toda la longitud requerida. Excepto cuando así pueda exigirse en un método imperfecto de excavación de zanjas, el material de relleno se deberá colocar en toda la profundidad de la zanja practicada.

Cuando la parte superior del tubo se encuentra sobre la cota superior de la excavación, se deberá, colocar y compactar material de terreno, haciéndolo en capas no más de 15 cm. de espesor.

Medición y forma de pago

El relleno y compactado será medido y cancelado en metros cúbicos compactados en su posición final de secciones.

Item: Relleno y compactado		Unidad: m³	PU(Bs)	54,42
-----------------------------------	--	------------------------------	--------	-------

ÍTEM 4.7.- CUNETA DE HORMIGÓN

Definición

Este trabajo consiste en el acondicionamiento y el recubrimiento con hormigón simple de las cunetas del proyecto de acuerdo con las formas, dimensiones y en los sitios señalados en los planos.

Materiales, herramientas y equipos

Los materiales para las cunetas revestidas deberán satisfacer los siguientes requerimientos:

(a) Hormigón Pulido

El concreto será de clase definida en el Proyecto.

(b) Sellante para juntas

Para el sello de las juntas se empleará material asfáltico o premoldeado, cuyas características se establecen en las especificaciones AASHTO M-89, M-33, M-153 y M-30.

(c) Traslado de concreto y material de relleno

Desde la zona de préstamo al lugar de las obras, se deberá humedecer adecuadamente los materiales y cubrirlos con una lona para evitar emisiones de material particulado y evitar afectar a los trabajadores y poblaciones aledañas de males alérgicos, respiratorios y oculares.

Los montículos de material almacenados temporalmente se cubrirán con lonas impermeables, para evitar el arrastre de partículas a la atmósfera y a cuerpos de agua cercanos.

Procedimiento para la ejecución

Acondicionamiento de la cuneta en tierra

Se deberá acondicionar la cuneta en tierra, de acuerdo con las secciones, pendientes transversales y cotas indicadas en los planos.

Los procedimientos requeridos para cumplir con esta actividad podrán incluir la excavación, carga, transporte y disposición en sitios aprobados de los materiales no utilizables, así como la conformación de los utilizables y el suministro, colocación y compactación de los materiales de relleno que se requieran, para obtener la sección típica prevista.

Se deberá tener en consideración los residuos que generen las sobras de excavación y depositar los excedentes en lugares de disposición final. Se debe proteger la excavación contra derrumbes que puedan desestabilizar los taludes y laderas naturales, provocar la caída de material de ladera abajo, afectando la salud del hombre y ocasionar impactos ambientales al medio ambiente.

Colocación de Encofrados

Acondionadas las cunetas en tierra, se instalará los encofrados de manera de garantizar que las cunetas queden construidas con las secciones y espesores señalados en los planos.

Para las labores de encofrado se utilizarán madera aserradas.

Elaboración del concreto

Se deberá obtener los materiales y diseñar la mezcla de concreto, elaborar con la resistencia exigida, transportarla y entregarla.

Durante el traslado de los materiales, se tendrá cuidado en que no emitan partículas a la atmósfera, humedeciendo el material y cubriéndolo con una lona. En la mezcla del concreto tendrá cuidado de no contaminar el entorno (fuentes de agua, humedales, suelo, flora, etc.).

Construcción de la cuneta

Previo el retiro de cualquier materia extraña o suelta que se encuentre sobre la superficie de la cuneta en tierra, se procederá a colocar el concreto comenzando por el extremo

inferior de la cuneta y avanzando en sentido ascendente de la misma y verificando que su espesor sea, como mínimo, el señalado en los planos.

Durante la construcción, se deberán dejar juntas a los intervalos y con la abertura que indiquen los planos.

Se deberá nivelar cuidadosamente las superficies para que la cuneta quede con la verdadera forma y dimensiones. Las pequeñas deficiencias superficiales deberá corregirlas mediante la aplicación de un mortero de cemento.

El material excedente de la construcción de la cuneta, será depositado en lugares de disposición final adecuados a este tipo de residuos.

Medición y forma de pago

La unidad de medida y cancelación del ítem será el metro lineal (ml), aproximado al décimo de metro, de cuneta satisfactoriamente elaborada y terminada, de acuerdo con la sección transversal, cotas y alineamientos indicados en los planos.

Ítem: Cuneta revestida de mampostería de piedra		Unidad: m	PU(Bs)	144,17
--	--	----------------------------	--------	--------

ÍTEM 4.8 HORMIGÓN CICLÓPEO PARA ALCANTARILLA TIPO CAJÓN. -

Materiales

Cemento

Los aglomerantes a ser utilizados deberán garantizar mediante pruebas, la inhibición de la reacción alcali-agregado, debiéndose realizar ensayos de reactividad potencial con los agregados y aglomerantes que se pretenden utilizar en la producción de los hormigones.

El cemento Pórtland deberá llenar las exigencias de las especificaciones AASHTO M-85.

El cemento Pórtland con inclusión de aire deberá estar de acuerdo con las exigencias de la especificación AASHTO M-134.

Será función del INGENIERO aprobar el cemento a ser empleado pudiendo exigir la presentación de un certificado de calidad cuando lo juzgue lo necesario. Todo cemento debe ser entregado en el lugar de la obra en su embalaje original deberá almacenarse en lugares secos y abrigados, por un tiempo máximo de un mes, el Contratista proveerá

los medios adecuados para almacenar el cemento y protegerlo de la humedad aislándolo del terreno natural mediante la disposición de las bolsas sobre las tarimas de madera a su vez colocadas sobre listones de madera emplazados en el terreno, las bolsas de cemento almacenadas de manera no deberán ser apiladas en grupos de más de 10 bolsas de alto. Se deberá utilizar un solo tipo de cemento en la obra, excepto cuando el INGENIERO autorice de otro modo por escrito. En este caso, serán almacenados por separados los distintos tipos y no deberán mezclarse.

Las bolsas de cemento que por cualquier causa hubieran fraguado parcialmente, o contuvieran terrones de cemento aglutinado, serán rechazadas. No será permitido el uso de cemento recuperado de bolsas rechazadas o usadas.

Agregados

Los agregados para la preparación de hormigones y morteros deberán ser materiales sanos, resistentes e inertes, de acuerdo con las características más adelante indicadas. Deberán almacenarse separadamente y aislarse del terreno natural mediante tarimas de madera o camadas de hormigón.

Agregados Finos

Los agregados finos se compondrán de arenas naturales, o previa aprobación de otros materiales inertes de características similares que posean partículas durables. Los materiales finos provenientes de distintas fuentes de origen no deberán depositarse o almacenarse en un mismo espacio de acopio, ni usarse en forma alternada en la misma obra de construcción sin permiso especial del INGENIERO.

Los agregados finos no podrán contener sustancias perjudiciales que excedan de los siguientes porcentajes, en peso, del material:

Terrones de arcilla: ensayo AASHTO T-112 1%.

Carbón y lignita: ensayo AASHTO T-113 1%.

Material que pase el Tamiz No 200 ensayo AASHTO T-11 3%.

Los agregados finos que no cumplan con las exigencias de durabilidad, podrán aceptarse siempre que pueda probarse con evidencia que un hormigón de proporciones comparables, hecho con agregados similares obtenidos de la misma fuente de origen, hayan estado expuestos a las mismas condiciones ambientales, durante un periodo de por lo menos 5 años, sin desintegración apreciable.

Todos los agregados finos deberán carecer de cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas. Los sometidos a tal comprobación mediante el ensayo colorimétrico, método AASHTO T-21, que produzcan un color más oscuro que el color normal, serán rechazados a menos que pasen satisfactoriamente un ensayo de resistencia en probetas de prueba. Cuando los citados agregados acusen, en ensayos efectuado en el transcurso de la ejecución de la obra, un color más oscuro que las muestras aprobadas inicialmente para la obra, su uso deberá ser interrumpido hasta que se hayan efectuado ensayos satisfactorios para el INGENIERO, con el objeto de determinar si el cambio de color indica la presencia de una cantidad excesiva de sustancias perjudiciales.

El módulo de fineza de los agregados finos será determinado sumando los porcentajes acumulativos en peso, de los materiales retenidos en cada uno de los tamices U. S. Standard N° 4, 8, 16, 30,50 y 100 y dividiendo por 100.

Los agregados finos serán de gradación uniforme y deberán llenar las siguientes exigencias:

Número de Tamiz	Porcentaje que pasa en peso por Las cribas de malla cuadrada (AASHTO T-27)
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 16	45 – 80
N° 50	10 – 30
N° 100	2 – 10
N° 200	0 – 3

Agregados Gruesos

Los agregados gruesos para hormigón se compondrán de piedra triturada, grava u otro material inerte aprobado de características similares, que se compongan de piezas durables y carentes de recubrimientos adheridos indeseables.

Los agregados gruesos no podrán contener sustancias perjudiciales que excedan de los siguientes porcentajes:

material	método de ensayo AASTHO	porcentaje en peso
Terrones de arcilla	T-112	0,25
Material que pase el tamiz n°200	T-11	1
Piezas planas o alargadas (longitud mayor que 5 veces a su espesor máximo)	-	10
Carbón Lignito	T-113	1
Fragmentos blandos	-	5

Piedra para Hormigón Ciclópeo

La piedra para el hormigón ciclópeo será piedra bolón, de granito u otra roca estable y deberá tener cualidades idénticas a las exigidas para la piedra triturada a ser empleada en la preparación del hormigón.

Deberá ser limpia y exenta de incrustaciones nocivas y su dimensión mayor no será inferior a 30 cm. ni superior a la mitad de la dimensión mínima del elemento a ser construido.

Agua

Toda el agua utilizada en los hormigones y morteros debe ser aprobada por el INGENIERO, y carecerá de aceites, ácidos, álcalis, sustancias vegetales e impurezas, cuando el INGENIERO lo exija, se someterá a un ensayo de comparación con agua destilada.

La comparación se efectuará mediante la ejecución de ensayos normales para la durabilidad, tiempo de fraguado y resistencia del mortero. Cualquier indicación de falta de durabilidad, una variación en el tiempo de fragüe en más de 30 minutos o una reducción de más de 10% de la resistencia a la compresión, serán causas suficientes para rechazar el agua sometida a ensayo.

MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y EQUIPO

La naturaleza, capacidad y cantidad de equipo a utilizarse dependerá del tipo y dimensiones de la obra a ejecutar. El CONTRATISTA presentará una relación del equipo para cada obra o conjunto de obras, para la aprobación del INGENIERO.

PROCEDIMIENTO PARA SU EJECUCION

Hormigón Simple

Las mezclas de hormigón serán diseñadas con el fin de obtener las siguientes

resistencias características de compresión a los 28 días, las mismas que estarán específicas en los planos o serán fijadas por el INGENIERO.

Se pueden, en casos especiales para estructuras de hormigón armado especificar resistencias características cilíndricas mayores a 210 Kg./cm² pero en ningún caso superiores a 300 Kg./cm² excepto en hormigón pretensado. Dichas resistencias deben estar controladas por ensayos previos y durante la ejecución de la obra. El contenido de cemento, agua, revenimientos y máximo tamaño de agregado será como sigue:

clase de hormigón	Cantidad Mínima Cem./m ³ (Kg.)	Relación a/c máxima (Lt./Kg.)	Revenimiento Máximo sin vibrar (cm.)	Revenimiento Máximo con vibrado (cm.)	Tamaño Máximo Agregado (Cm.)
PP	500	0,36	10,2	-	2,5
P	420	0,42	10,2	-	2,5
A	363	0,49	10,2	5	2,5
B	335	0,53	10,2	5	3,8
C	306	0,58	10,2	5	3,8
D	251	0,62	7,5	4	5,0
E	196	0,75	7,5	4	6,4

Los hormigones PP y P se utilizarán en estructuras de hormigón pretensado, los hormigones tipo A y B se usarán en todas las superestructuras de puentes y en infraestructuras de hormigón armado, excepto donde las secciones son macizas y están ligeramente armadas. Los hormigones tipo C y D se usarán en infraestructuras con ninguna o poca armadura. El tipo E se usará en secciones macizas no armadas.

Preparación

El hormigón podrá prepararse en el lugar de la obra, o será rápidamente transportado para su empleo inmediato cuando sea preparado en otro lugar. La preparación del hormigón en el lugar de la obra deberá realizarse en hormigoneras de tipos y capacidades aprobadas por el INGENIERO. Se permitirá una mezcla manual solamente en casos de emergencia, con la debida autorización del INGENIERO y siempre que la mezcla sea enriquecida por lo menos con un 10% con relación al cemento previsto en el diseño adoptado. En ningún caso la cantidad total de agua de

mezclado será superior a la prevista en la dosificación, debiendo mantenerse un valor fijo para la relación agua/cemento.

Los materiales serán colocados en la mezcladora, de modo que una parte del agua de amasado sea admitida antes que los materiales secos; el orden de entrada a la hormigonera será: parte del agua, agregado grueso, cemento, arena, y el resto del agua de amasado. Los aditivos deberán añadirse al agua en cantidades exactas, antes de su introducción al tambor, salvo recomendación de otro procedimiento por el INGENIERO.

El tiempo de mezclado, contado a partir del instante en que todos los materiales hayan sido colocados en la hormigonera, dependerá del tipo de la misma y no deberá ser inferior a:

Para hormigoneras de eje vertical 1,0 minuto

Para hormigoneras basculante 2,0 minutos

Para hormigoneras de eje horizontal 1,5 minutos

La mezcla volumétrica del hormigón deberá prepararse siempre para una cantidad entera de bolsas de cemento. Las bolsas de cemento que por cualquier razón hayan sido parcialmente usados, o que contengan cemento endurecido, serán rechazadas. No será permitido el uso de cemento proveniente de bolsas usadas o rechazadas.

Transporte

En caso de que la mezcla sea preparada fuera de la obra, el hormigón deberá transportarse al lugar de su colocación, en camiones tipo agitador. El suministro del hormigón deberá regularse de modo que el hormigonado se realice constantemente, salvo que sea retardado por las operaciones propias de su colocación. Los intervalos entre las entregas de hormigón, por los camiones a la obra deberán ser tales, que no permitan el endurecimiento parcial del hormigón ya colocado y en ningún caso deberán exceder de 30 minutos.

Colocación

La colocación del hormigón sólo podrá iniciarse después de conocerse los resultados de los ensayos, mediante autorización del INGENIERO.

Será necesario asimismo verificar si la armadura está colocada en su posición exacta, si los encofrados de madera, están suficientemente humedecidos y si de su interior han

sido removidos la viruta, aserrín y demás residuos de las operaciones de carpintería. No se permitirá la colocación del hormigón desde una altura superior a dos metros, ni la acumulación de grandes cantidades de mezcla en un solo lugar para su posterior esparcido.

El CONTRATISTA será responsable de la protección del hormigón colocado en tiempo frío, teniendo presente que todo hormigón perjudicado por la acción de las heladas será removido y reemplazado por cuenta del CONTRATISTA.

Bajo ninguna circunstancia las operaciones de colocación del concreto podrán continuar cuando la temperatura del aire sea inferior a 6 °C bajo cero.

Consolidación del Hormigón

Deberá obtenerse mecánicamente una completa consolidación del hormigón dentro de los encofrados, usándose para ello vibradores del tipo y tamaño aprobados por el INGENIERO, con una frecuencia mínima de 3.000 revoluciones por minuto. Se permitirá una consolidación manual, solamente en caso de interrupción en el suministro de fuerza motriz a los aparatos mecánicos empleados y por un periodo de tiempo mínimo indispensable para concluir el moldeo de la pieza en ejecución, debiendo para este fin elevarse el consumo de cemento de un 10%, sin que sea incrementada la cantidad de agua de amasado.

Para el hormigonado de elementos estructurales, se emplearán preferentemente vibradores de inmersión, con el diámetro de la aguja vibratoria adecuado a las dimensiones del elemento y al espaciamiento de los hierros de la armadura metálica, con el fin de permitir su acción en toda la masa a vibrar, sin provocar por penetración forzada, la separación de las barras de sus posiciones correctas.

La consistencia de los hormigones deberá satisfacer las condiciones de consolidación, con la vibración y la trabajabilidad exigidas por las piezas a moldear. El asentamiento se medirá de acuerdo al ensayo AASHTO T-119.

Curado y Protección

El hormigón, a fin de alcanzar su resistencia total, deberá ser curado y protegido eficientemente contra el sol, viento y lluvia. El curado debe continuar durante un periodo mínimo de siete días después de su colocación. Para el hormigón pretensado, el curado deberá proseguir hasta que todos los cables sean pretensados. Si se usa

cemento de alta resistencia inicial, ese periodo puede ser reducido.

El agua para el curado deberá ser de la misma calidad que la utilizada para la mezcla del hormigón. El curado por membranas puede utilizarse previa autorización del INGENIERO.

Hormigón Ciclópeo

El hormigón ciclópeo consistirá ya sea de un hormigón tipo C, D o E especificado y preparado como se describió anteriormente; conteniendo piedra desplazadora, cuyo volumen será establecido en los planos, Disposiciones Especiales o por el INGENIERO, y en ningún caso será mayor al 33% del volumen total de la parte de trabajo en la cual dicha piedra debe ser colocada.

Las piedras desplazadoras deberán colocarse cuidadosamente sin dejarlas caer, ni lanzarlas, evitando daños al encofrado, debiendo distribuirse de modo que pueden completamente envueltas por el hormigón, no tengan contacto con piedras adyacentes y no posibiliten la formación de vacíos. Deberán quedar como mínimo, cinco centímetros apartados de los encofrados.

Mortero

Salvo autorización en contrario, dada por el INGENIERO, los morteros deberán prepararse en hormigonera. Si se permite el mezclado manual, los agregados finos y el cemento deberán mezclarse en seco hasta obtener una mezcla con coloración uniforme, luego de lo cual se añadirá el agua necesaria, para obtener un mortero de buena consistencia que permita su fácil manipuleo y distribución.

El mortero que no hubiera sido utilizado dentro de los 30 minutos después de su preparación será rechazado, no permitiéndose que sea reactivado.

Los morteros destinados a la nivelación de las caras superiores de pilas y a la preparación de asientos para los aparatos de apoyo, serán de cemento y agregados finos con resistencia a los 28 días de 230 Kg./cm².

Para las mamposterías de piedra, los morteros se compondrán de una parte de cemento por tres de agregados finos en peso.

MEDICIÓN Y FORMA DE PAGO

La cantidad de hormigón a pagar será constituido por el número de metros cúbicos de dicho material, en sus distintas clases, colocado en la obra y aceptado. Al calcular el

número de los metros cúbicos del hormigón para su pago, las dimensiones usadas serán las fijadas en los planos u ordenadas por escrito por el INGENIERO, pero las mediciones practicadas no deberán incluir hormigón alguno empleado en la construcción de tablestacas o andamios. No incluirán moldes o andamios y no admitirán aumentos en los pagos, en concepto de una mayor cantidad de cemento empleado en alguna de las mezclas, ni para la terminación de cualquier nivel de hormigón cuya construcción estuviera prevista. En los casos donde se hubiera empleado un concreto de la clase A, cuando hubiese estado especificado uno del tipo B, C, D o E, se pagará la cantidad correspondiente a los hormigones tipo B, C, D, y E especificados.

Cuando se hubiera empleado un hormigón de clase B donde estaba especificado uno del tipo C, se pagará la cantidad correspondiente a este último tipo. No se harán deducciones en las cantidades de metros cúbicos a pagar, en concepto de volumen de acero de armaduras, agujeros de drenaje, agujeros de registro, para choque de madera, cañerías y conductos con diámetros menores de 0,30 metros ni cabezas de pilotes embutidas en el hormigón.

Ítem: Hormigón Ciclópeo p/alcantarillas	Unidad: m³	PU(Bs)	1004,20
--	-------------------	--------	---------

4.6.5. Señalización

Definición

El trabajo consistirá en la ejecución de un sistema de señalización horizontal y vertical, llevado a cabo de acuerdo con esta Especificación de las instrucciones integrantes del “Manual Técnico de Señalización Vial” de la Administradora Boliviana de Carreteras (2009).

La ubicación, forma y tipo de las señales, obedecerán al diseño de la señalización.

ÍTEM 5.1.- SEÑAL VERTICAL PREVENTIVA, 0.75 X 0.75 M

Materiales, herramientas y equipos

Los postes de hormigón armado deberán ser fabricados atendiendo las Especificaciones (Hormigones y Morteros), (Acero para Hormigón Armado) y (Encofrados y Apuntalamiento).

Las chapas de acero serán del tipo SAE 1010/1020 calibre N° 16. La pintura para las placas deberá obedecer las Especificaciones AASHTO M-70 y AASHTO M-72.

Procedimiento para la ejecución

Todas las estructuras para el sostén de las señales deberán construirse de modo que se mantengan fijas y resistan la acción de la intemperie. Las señales de Reglamentación y Prevención serán mantenidas siempre en un poste único, las señales de información, siempre sobre dos postes, excepto los mojones de kilometraje y de identificación de carretera. Las estructuras de sostén de las señales deberán estar perfectamente verticales y colocadas a las alturas fijadas por el proyecto. El relleno de sus fundaciones deberá ejecutarse con hormigón tipo D perfectamente consolidado a fin de evitar huecos.

Soportes de Hormigón: Los postes de hormigón armado para el sostén de las señales serán colocados a la profundidad de 1.00 metro. Tendrán sección cuadrada con 12 cm de lado, de acuerdo al proyecto. Serán contruidos con hormigón tipo C y acero de $f > 2400 \text{ kg/cm}^2$.

Chapas para Señales: Las chapas para las señales serán metálicas, en planchas de acero SAE 1010/1020. Laminadas en frío, calibre 16.

Previamente las chapas serán desoxidadas, fosfatizadas y preservadas contra la oxidación. El acabado será efectuado con esmalte sintético a estufa, a 140° C . en los colores convencionales. Las letras, fajas, flechas y designaciones serán ejecutadas en película reflectante tipo Scotchlite. Las chapas serán fijadas en los soportes de hormigón armado por medio de tres pernos de $\frac{1}{4}'' \times 5''$ en cada poste.

Medición y forma de pago

La señalización vertical será medida y cancelada por pieza de señal de tráfico ejecutada, instalada y aceptada, de acuerdo al tipo de placa.

Ítem: Señalización vertical preventiva 0.75 x 0.75		Unidad: pza	PU(Bs)	396,48
---	--	------------------------	--------	--------

ÍTEM 5.2.- SEÑAL RESTRICATIVA, RECTANGULAR, 0.75 X 0.90 M

Materiales, herramientas y equipos

Señalización Vertical

Los postes de hormigón armado deberán ser fabricados atendiendo las Especificaciones (Hormigones y Morteros), (Acero para Hormigón Armado) y (Encofrados y Apuntalamiento)

Las chapas de acero serán del tipo SAE 1010/1020 calibre N° 16.

La pintura para las placas deberá obedecer las Especificaciones AASHTO M-70 y AASHTO M-72.

Procedimiento para la ejecución

Señalización Vertical

Todas las estructuras para el sostén de las señales deberán construirse de modo que se mantengan fijas y resistan la acción de la intemperie. Las señales de Reglamentación y Prevención serán mantenidas siempre en un poste único, las señales de información, siempre sobre dos postes, excepto los mojones de kilometraje y de identificación de carretera. Las estructuras de sostén de las señales deberán estar perfectamente verticales y colocadas a las alturas fijadas por el proyecto. El relleno de sus fundaciones deberá ejecutarse con hormigón tipo D perfectamente consolidado a fin de evitar huecos.

Soportes de Hormigón: Los postes de hormigón armado para el sostén de las señales serán colocados a la profundidad de 1.00 metro. Tendrán sección cuadrada con 12 cm de lado, de acuerdo al proyecto. Serán contruidos con hormigón tipo C y acero de $f > 2400 \text{ kg/cm}^2$.

Chapas para Señales: Las chapas para las señales serán metálicas, en planchas de acero SAE 1010/1020. Laminadas en frío, calibre 16.

Previamente las chapas serán desoxidadas, fosfatizadas y preservadas contra la oxidación. El acabado será efectuado con esmalte sintético a estufa, a 140°C . en los colores convencionales. Las letras, fajas, flechas y designaciones serán ejecutadas en película reflectante tipo Scotchlite. Las chapas serán fijadas en los soportes de hormigón armado por medio de tres pernos de $\frac{1}{4}'' \times 5''$ en cada poste.

Medición y forma de pago

La señalización vertical será medida y cancelada por pieza de señal de tráfico ejecutada, instalada y aceptada, de acuerdo al tipo de placa.

Ítem: Señalización vertical restrictiva 0.75 x 0.90		Unidad: pza	PU(Bs)	537,66
--	--	------------------------	--------	--------

ÍTEM 5.3.- LÍNEAS DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL (SIMPLES, ETC.)

La señalización horizontal consistirá en la colocación de fajas de 10 - 15 cm de ancho de acuerdo a lo establecido en el manual de diseño.

Materiales, herramientas y equipos

Señalización Horizontal

La pintura será de color blanco y amarillo sobre la que se aplicarán glóbulos de vidrio convenientemente graduados.

La pintura deberá ligarse adecuadamente con los glóbulos de vidrio, se colocarán los glóbulos en la faja de pintura fresca en la proporción de 6 libras de glóbulos por cada galón de pintura (0.72 Kg por cada litro).

Procedimiento para la ejecución

Señalización Horizontal

La pintura para la demarcación se aplicará estando la superficie del pavimento limpia y seca, mediante equipo mecánico.

La proporción de la aplicación será como mínimo de 6 galones (22.7 Kg) por Km en una faja continua de 10 cm de ancho. Los glóbulos se aplicarán en la proporción de 6 libras por galón (0.72 Kg por litro).

Medición y forma de pago

Las fajas de demarcación para la señalización horizontal serán medidas y canceladas por metro lineal de faja continua, terminada y aceptada.

Ítem: Línea de señalización horizontal		Unidad: m	PU(Bs)	6,58
---	--	------------------	--------	------

4.6.6. Entrega de Obra

ÍTEM 6.1.- LIMPIEZA GENERAL DE OBRA

Definición

Este ítem se refiere a la limpieza total de la obra con posterioridad a la conclusión de todos los trabajos y antes de la entrega final.

Materiales, herramientas y equipos

Se suministrará todos los materiales necesarios y los implementos correspondientes para la ejecución de los trabajos que se señalan más adelante.

Procedimiento para la ejecución

Se transportarán fuera de la obra y del área de trabajo todos los excedentes de materiales, escombros, basuras, herramientas, equipo, etc.

Medición y forma de pago

La limpieza general y retiro de escombros será medida y cancelada en global.

Ítem: Limpieza general de la obra		Unidad: glb	PU(Bs)	28.170,09
-----------------------------------	--	-------------	--------	-----------

ÍTEM 6.2.- PLACA DE ENTREGA DE OBRA

Definición

Este ítem se refiere a la provisión y colocación de una placa recordatoria, la misma que se instalará a la conclusión de la obra.

Materiales, herramientas y equipos

La placa deberá ser de aleación de estaño y zinc y llevará las leyendas en alto relieve y fabricada en fundiciones especializadas para el efecto.

Procedimiento para la ejecución

La placa deberá fabricarse respetando las dimensiones, señaladas en los planos de detalle.

Medición y forma de pago

La placa de entrega de obra se medirá y cancelará por pieza debidamente instalada.

Ítem: Placa entrega de obras		Unidad: pza	PU(Bs)	220,54
------------------------------	--	-------------	--------	--------

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Realizado el desarrollo de todos los componentes de estudio necesarios para el: “**DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO TRAMO EL CARMEN-MECOYA**”, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Se pudo establecer la mejor alternativa de trazo para el diseño geométrico del camino vecinal, desde el punto de vista técnico y que cumple con los parámetros de diseño mínimos; adecuada a las características de la zona del proyecto utilizando la normativa vigente local.
- Para la elaboración del proyecto se realizó una investigación geotécnica en el área de estudio, para poder obtener las características mecánicas de los distintos suelos y materiales que componen la sub rasante, se identificaron, analizaron y clasificaron cada una de estas muestras (Ver ANEXOS)
- Se identificaron tres tipos de suelo en el desarrollo de la carretera (del tipo A-1-a, A-4)y la parte final con un suelo A-6), se optó por el CBR de diseño de 7% para pavimento flexible.
- Se diseñó el paquete estructural para el pavimento flexible, una capa de rodadura de 2.5 cm, una base granular de 15cm y una capa sub base de 25 cm.
- Se diseñó una alternativa de tratamiento simple, una capa de rodadura de 1.4 cm, una base granular de 15cm y una capa sub base de 25 cm.
- Se diseñó una alternativa de tratamiento doble, una capa de rodadura de 2 cm, una base granular de 15cm y una capa sub base de 25 cm.
- Por ser un terreno bastante montañoso la pendiente de diseño máxima fue de 12% y una velocidad de diseño de 30 km/h.
- Se cumplieron con todos los objetivos principales establecidos al inicio del proyecto.
- Se calcularon las obras de arte necesarias como ser cunetas y alcantarillas de alivio para dotar de un buen drenaje a la carretera.

- El presupuesto total de la obra fue de: Once Millón(es) Quinientos Nueve Mil Doscientos Veintinueve con 87/100 (11.509.229,87) Bolivianos para nuestro pavimento flexible.
- El presupuesto total de la obra fue de: Diez Millón(es) Setecientos Ochenta y Seis Mil Trescientos Quince con 37/100 (10.786.315,37) Bolivianos para un tratamiento superficial simple.
- El presupuesto total de la obra fue de: Once Millón(es) Ciento Dos Mil Ciento Cincuenta y Cinco 37/100 (11.102.155,37) Bolivianos para un tratamiento superficial doble.
- Al tener los costos de las 3 variables y desde el punto de vista tanto socio-económico, el pavimento flexible si bien desde el punto de vista técnico es superior no se justifica económicamente por tanto se tuvo que escoger como alternativa el tratamiento superficial doble, ya que cumplirá con los objetivos principales del proyecto a un menor costo de ejecución que el pavimento flexible.

5.2. Recomendaciones

- Los datos se deben presentar en forma clara y precisa en las planillas de cálculo realizadas; además, los planos deben reflejar en forma exacta los datos que se obtuvieron en la fase de campo.
- Para la parte de suelos se recomienda realizar la extracción de muestras según los establecido por la norma para poder tener una buena apreciación de la zona de estudio.
- Realizar los ensayos de laboratorio siguiendo sus respectivas guías.
- Una vez terminado los laboratorios correspondientes proceder con la respectiva firma de los resultados por el jefe de laboratorios, esto para validar los resultados.
- En cuanto al diseño geométrico y estructural, se recomienda el correcto uso de la tabla, índices, ábacos y otros que nos presenta la normativa vigente en el país para el diseño de carreteras (Normas de la Administradora Boliviana de Carreteras).
- Ante cualquier duda siempre consultar con el docente guía para poder hacer los cambios debidos y poder tener un trabajo debidamente realizado.
- Seguir todas las normas APA para tener un buen documento debidamente redactado para una buena presentación del mismo.