

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO

1.1 Introducción.

Un componente fundamental del programa de transportes y vías, es el mejoramiento de los caminos del departamento de Tarija que permite seguridad y confort al usuario del transporte y optimiza los costos de operación del transporte, ya sean estos públicos o privados, integrando socio-económicamente las provincias del departamento entre sí, y estos a su vez, con la ciudad capital, que son los principales centros de consumo y aprovisionamiento, facilitando el transporte de pasajeros y productos de cada región de manera rápida, oportuna y segura, con ahorros de tiempo de viaje y evita el despoblamiento de los pueblos y comunidades debido a la migración campo - ciudad.

El presente proyecto consiste en el “**Diseño estructural de Ingeniería vial del tramo San Francisco – El Carmen**”, que es un tramo que une varias localidades y cuyo alcance abarca a toda la población comprendida dentro de dichas localidades que son aledañas al municipio de Padcaya (Provincia Aniceto Arce). De igual manera, con la implementación de este proyecto vial, se buscará alcanzar una alternativa de ruta más cómoda, corta y segura en lo que se refiere a la conexión con el municipio de Padcaya y así, a su vez, con Tarija (Bolivia).

1.2 Justificación.

1.2.1 Justificación académica.

Se decide realizar el diseño de ingeniería para aplicar todos los conocimientos científicos adquiridos en aula 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). Se presentará la siguiente alternativa de diseño en el tramo San Francisco-El Carmen

perteneciente al municipio de Padcaya, para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona, contar con una infraestructura caminera adecuada y necesaria para lograr comercializar su producción, como así también, 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 actualmente este camino se encuentra en condiciones poco aptas debido a su antigüedad y en tiempo de lluvia es aún difícil de transitar.

En cuanto 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.

1.2.3 Justificación social.

Una de las razones sociales que justifican la construcción del tramo pavimentado radica básicamente en que los habitantes o familias requieren un camino vehicular estable todo el año, y en especial en épocas de lluvia, con el objeto de acceder a los mercados de abasto para poder comercializar sus productos pecuarios (ganado vacuno y otros), y con estos mismos ingresos puedan acceder a otros productos que no se elaboran en la zona, con la finalidad de tener una alimentación más balanceada y equilibrada, además de convertirse el área involucrada con el proyecto en un polo de desarrollo para la región.

1.3 Planteamiento del problema.

1.3.1 Situación problemática.

La vinculación caminera es un pilar fundamental para el desarrollo socioeconómico de las regiones, ya que viene a constituirse en el medio más importante para la integración y desarrollo de las mismas. Este impulso social y económico genera un efecto multiplicador que contempla no solo el entorno local, sino también abarca los ámbitos regionales, departamentales, nacionales e internacionales y con mayor realce cuando se evidencia que existe un elevado potencial productivo y turístico en la zona de intervención.

Sin embargo, esta posibilidad se ve frustrada ya que constantemente y en especial en épocas de lluvia las comunidades se encuentran desconectadas entre sí y con el resto de la provincia, por lo que las familias enfrentan serios problemas por el tránsito cotidiano precario, no pudiendo transportar la cantidad de producción al mercado; los costos de transporte se encarecen para el abastecimiento de insumos y en la comercialización; los desplazamientos en búsqueda de atención en salud se ponen en riesgo, los jóvenes se ven seriamente perjudicados en su búsqueda de educación en el ciclo secundario, entre otros inconvenientes.

Pero los problemas que atraviesan las familias de la zona de influencia son diversos, siendo además del camino en malas condiciones, la falta de establecimientos secundarios y servicios de salud especializada, la incipiente agricultura que no brinda los alimentos para cubrir una dieta balanceada, es parte de la problemática.

No es propósito del presente proyecto solucionarlos todos, sino contribuir a mejorar la conectividad vial de la zona para favorecer los desplazamientos poblacionales hacia la búsqueda de los servicios requeridos, además de generar la posibilidad de la introducción de una línea de colectivos o micros con tránsito programado hacia la zona, entre otras.

1.3.2 Determinación en el tiempo.

El presente trabajo tiene como tiempo límite aproximadamente 14 semanas, desde el inicio del primer semestre de la presente gestión, por lo que se debe realizar un cronograma de actividades con el cual se evitará tener problemas con el tiempo de ejecución para dicho proyecto.

1.3.3 Determinación del espacio.

El lugar donde se realizarán los diferentes tipos de ensayo, es de mucha importancia, por lo que se deberá coordinar si el laboratorio de suelos de U.A.J.M.S. cuenta con el espacio libre para realizar ensayos de laboratorio de suelos.

El espacio a ocupar debe ser amplio y cómodo, donde se puedan utilizar los materiales y equipos de laboratorio correctamente, de tal manera que se obtengan los datos más exactos posibles.

1.3.4 Formulación del problema.

¿De qué manera el relevamiento de las coordenadas actuales del tramo caminero San Francisco – El Carmen, serviría para realizar un rediseño de su geometría e infraestructura?

Cabe mencionar que, al realizar el rediseño del tramo caminero San Francisco – El Carmen, se estaría mejorando la calidad de vida de los habitantes de la zona, ya que en épocas de lluvia es difícil su transpirabilidad, además de reducir los costos generados en viajes, reducir los accidentes de tránsito y aumentar el flujo vehicular para el traslado de los productos agrícolas y ganadería.

Como alternativa se plantea la construcción de un camino pavimentado de 6 Km. de longitud, con carpeta asfáltica, con diferentes obras de arte mayor y menor que parte desde la comunidad de San Francisco hasta la comunidad de El Carmen; el mencionado camino llegará a cubrir todas las necesidades de las poblaciones beneficiadas contando con un camino estable en todas las épocas del año.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

- Diseñar la geometría e infraestructura del tramo caminero entre las localidades de San Francisco - El Carmen; previo relevamiento de sus condiciones actuales, de tal manera que se pueda establecer mejoramientos de transitabilidad vial.

1.4.2 Objetivo específico.

- Identificar las características de la zona de estudio.
- Analizar el estudio de tráfico, ubicación, clima, resultados geotécnicos, etc.
- Realizar el levantamiento topográfico del camino.
- Realizar el diseño geométrico basado en las normas vigentes de nuestro país, utilizando diferentes alternativas topográficas para el trazo.
- Diseñar el paquete estructural del pavimento flexible por el método AASTHO.

1.5 Alcance de la justificación.

El alcance del presente proyecto “DISEÑO DE INGENIERÍA VIAL MEJORAMIENTO DEL CAMINO SAN FRANCISCO – EL CARMEN” tiene como fin desarrollar el diseño geométrico y estructural del tramo San Francisco – El Carmen, engloba todo el proceso preliminar de acopios de datos, estudio de planos, reconocimientos y localización de las poligonales de estudio. Del análisis y evaluación de las diferentes rutas posibles para un trazado surgirá una que reúna las mejores cualidades y sobre la cual se realizan los estudios detallados que conducen al proyecto.

De acuerdo a la geografía, el terreno marca una forma de valle con presencia vegetal, pendientes fuertes en algunas partes del tramo y un suelo con características limo arcillosa.

Adecuación de este corredor 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.

Chequeo y monitoreo de curvas, tanto horizontales como verticales, dentro del parámetro establecidos por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).

El alcance propuesto tendrá la siguiente secuencia en su realización:

Es de vital importancia realizar el reconocimiento visual del tramo de estudio verificando las condiciones en el que se encuentra. En este reconocimiento se puede tener una mejor idea del tipo de diseño, y en puntos específicos se realizó 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.

En los puntos marcados por las estacas se realizó un levantamiento topográfico, para tener una mejor información al ejecutar las obras de artes correspondientes. Se realizó el aforo en base al flujo vehicular existente en la zona, tomando como puntos de aforo San Francisco y el otro punto de aforo El Carmen.

El aforo fue por 7 días hábiles, 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).

También se podrá realizar el estudio del viaje origen y destino pasajero, para que a través de un aforo se determine la cantidad y en qué clase de vehículo estos se trasladan.

Desarrollar el diseño geométrico del tramo en base al levantamiento topográfico del mismo y el estudio del tráfico para determinar las características geométricas como la categoría, velocidad de diseño entre otros.

El diseño se realizó en el programa auto CAD civil, con los parámetros de diseño seleccionados de la norma ABC (Administradora Boliviana de Carreteras), estos parámetros fueron elegidos según las características de los datos del tramo.

La extracción de muestras se realizaron cada 500 metros, se descubre la capa donde se ejecutará la extracción de la muestra de suelo, esta limpieza debe ser a una profundidad de 15 cm y un espesor de 15cm, una vez limpia la capa superior se realiza la excavación de la muestra con un espesor de 15 cm y una profundidad de 135 cm. Toda esta muestra extraída se debe colocar en una bolsa de yute para poder llevarlo al laboratorio para su debido análisis, así se realizará la extracción de muestreo cada 500 metros.

El análisis del suelo o terreno de fundación (sub rasante) se realizará mediante ensayos de laboratorio como granulometría, límites de Atterberg, (CBR), para poder conocer sus características físicas como sus límites de consistencia, granulometría, capacidad portante del terreno y a partir de estos datos realizar un diseño estructural adecuado.

Todos los ensayos se realizaron en los laboratorios de la Universidad J.M.S., debidamente como explican las guías de laboratorio y con la ayuda del docente guía, cada muestra fue verificada por el encargado de laboratorio para no tener dudas sobre los resultados obtenidos.

Para la realización del diseño estructural 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 a la zona de emplazamiento del proyecto.

- La planilla de cálculos métricos del tramo en estudio 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
- Por último, se definirán las conclusiones y recomendaciones.

1.6 Hipótesis.

La condición actual del tramo vial San Francisco - El Carmen determina su mejoramiento.

La única variable identificada es la condición actual, que pasará de una pésima a una mejor condición; sin embargo, se puede hacer la siguiente descripción.

Variable independiente; difícil de identificar y medir, pero se refiere a las que afectaron al tramo vial, por ejemplo, el intemperismo, vientos, lluvias, entre otros. Estos dejaron en malas condiciones físicas al tramo vial San Francisco El Carmen, debido a los constantes cambios climático que sufre la ruta, se hace difícil accesibilidad y la transitabilidad.

Variable dependiente; es el mejoramiento a la condición actual.

Con la realización del proyecto se logrará adelantar las condiciones de vida de los habitantes de la zona por medio del incentivo a la producción y comercialización que provocará el contar con vías estables en toda época del año.

1.7 Variables.

Los tipos de variables identificados en el presente trabajo son:

Variables dependientes:

- Geometría sin cumplir normas. Y1
- Malas condiciones de la estructura de la vía. Y2
- Obras de arte mal ubicadas. Y3

Variables independientes:

- Uso actual de la vía. X1
- Poco mantenimiento. X2
- Diseño precario. X3
- Intemperismo. X4
- Otros. Xn

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual.

2.1.1 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, relación entre la producción y el consumo, desarrollo, defensa, integración, fomento y turismo. Algunas de sus características son invisibles (resistencia, valor soporte, grado de compactación, etc.) y otras visibles (anchos, pendientes, curvaturas, etc.)¹.

2.1.2 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. Entre los materiales utilizados en la pavimentación urbana, industrial o vial están los suelos con mayor capacidad de soporte, los materiales rocosos, el hormigón y las mezclas asfálticas.

Superficie especialmente acondicionada para la circulación de los vehículos, más especiales capas inferiores que le dan apoyo.²

2.1.3 Calzada.

Se compone de un cierto número de carriles. Su zona exterior son arcenes o aceras, los cuales no pertenecen a la calzada y por ellos no se debe circular excepto en circunstancias especiales.

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

² Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Pavimento>

Franja superficial destinada a la circulación de los vehículos; la calzada pavimentada tiene especiales condiciones de resistencia, durabilidad, impermeabilidad, fricción, lisura, etc.³

2.1.4 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.⁴

2.1.5 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.⁵

2.1.6 Cuneta.

Canal longitudinal de desagüe, si el producto de su excavación se utiliza en la obra también se llama préstamo.⁶

2.1.7 Zona de camino.

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

Franja total ocupada, es común materializar sus límites con alambradas o cercos.

2.1.8 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 más altas corresponden a trazados en terrenos llanos, las intermedias

³ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Calzada>

⁴ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Carril_\(desambiguaci%C3%B3n\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Carril_(desambiguaci%C3%B3n))

⁵ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Arc%C3%A9n>

⁶ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Cuneta>

en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo entorno presenta limitaciones severas para el trazado.⁷

2.1.9 Aspecto complementario al diseño.

2.1.9.1 Topografía.

La topografía es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas y absolutas de los puntos sobre la tierra, así como la representación en un plano de una porción de la superficie terrestre.

Para lograr su objetivo, la topografía se valdrá de diversos métodos y procedimientos, así como la de instrumentos de alta y de baja precisión; para luego representar los datos obtenidos en un plano topográfico construido a partir de coordenadas rectangulares y a una determinada escala.⁸

2.1.9.2 Tipo de levantamiento.

El tipo de levantamiento corresponde al longitudinal o de vías de comunicación. Son los levantamientos que sirven para estudiar y construir vías de transporte o comunicaciones como carreteras, vías férreas, canales, líneas de transmisión, acueductos, donde el objetivo es señalar las características planimétricas y altimétricas de la superficie terrestre donde se proyectara e implantara una obra vial.⁹

2.1.9.3 Curva de nivel.

Una curva de nivel es una línea dibujada en un mapa o plano que conecta todos los puntos que tienen la misma altura con respecto a un plano de referencia.

⁷ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://www.monografias.com/docs/clasificacion-de-las-vias-FKYG5CTFC8U2Z>

⁸ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Topograf%C3%ADa>

⁹ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://www.pymet.es/levantamiento-topografico/>

Las curvas de nivel tienen como función la de representar en un plano en planta y elevación al mismo tiempo, las formas, relieves y características o configuración de un respectivo trozo de terreno sobre el cuál se hace el estudio.¹⁰

2.1.10 Estudio de tráfico.

2.1.10.1 Generalidades.

El método o técnica más utilizada en Centroamérica para el diseño de estructuras de pavimento con capas finales de rodadura tanto asfálticas como de concreto hidráulico, siempre se refiere a la (AASHTO); en este método la información requerida en las ecuaciones de diseño incluye: la carga por eje, la configuración del mismo, así como el número de aplicaciones o paso de este eje sobre la superficie de pavimento.

Los pavimentos se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. Un tránsito mixto está compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes y que para efectos de cálculo se les transforma en un número de ejes equivalentes de 80 KN o 18 kips², por lo que se les denominará “Equivalent simple axial load” o ESAL (ejes equivalentes).¹¹

2.1.10.2 Tipos de flujo de tráfico.

El tránsito vehicular o tránsito automovilístico (también llamado tráfico vehicular o, simplemente, tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista.

El flujo de tráfico se puede dividir en dos tipos primarios, entendiendo que tipo de flujo está ocurriendo en una situación dada, nos puede ayudar a decidir que métodos de análisis y descripciones son los más relevantes.¹²

¹⁰ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://definicion.de/curva-de-nivel/>

¹¹ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://www.eadic.com/el-estudio-de-traffic-y-analisis-de-la-demanda/>

¹² Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A1nsito_vehicular

2.2 Marco normativo.

2.2.1 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 2.1 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 2.1 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

2.2.2 Coeficiente de fricción.

La seguridad de circulación de los vehículos en las curvas depende, además del peralte, también del coeficiente de fricción o de rozamiento lateral, que se origina entre los neumáticos y la superficie del pavimento.

El valor del coeficiente de fricción es determinado experimentalmente considerando las condiciones medias del vehículo, tales como la suspensión, neumáticos, características dinámicas, etc.

2.2.3 Curva circular.

2.2.3.1 Elementos de la curva circular.

En la figura 2.1 se ilustran los diversos elementos asociados a una curva circular.

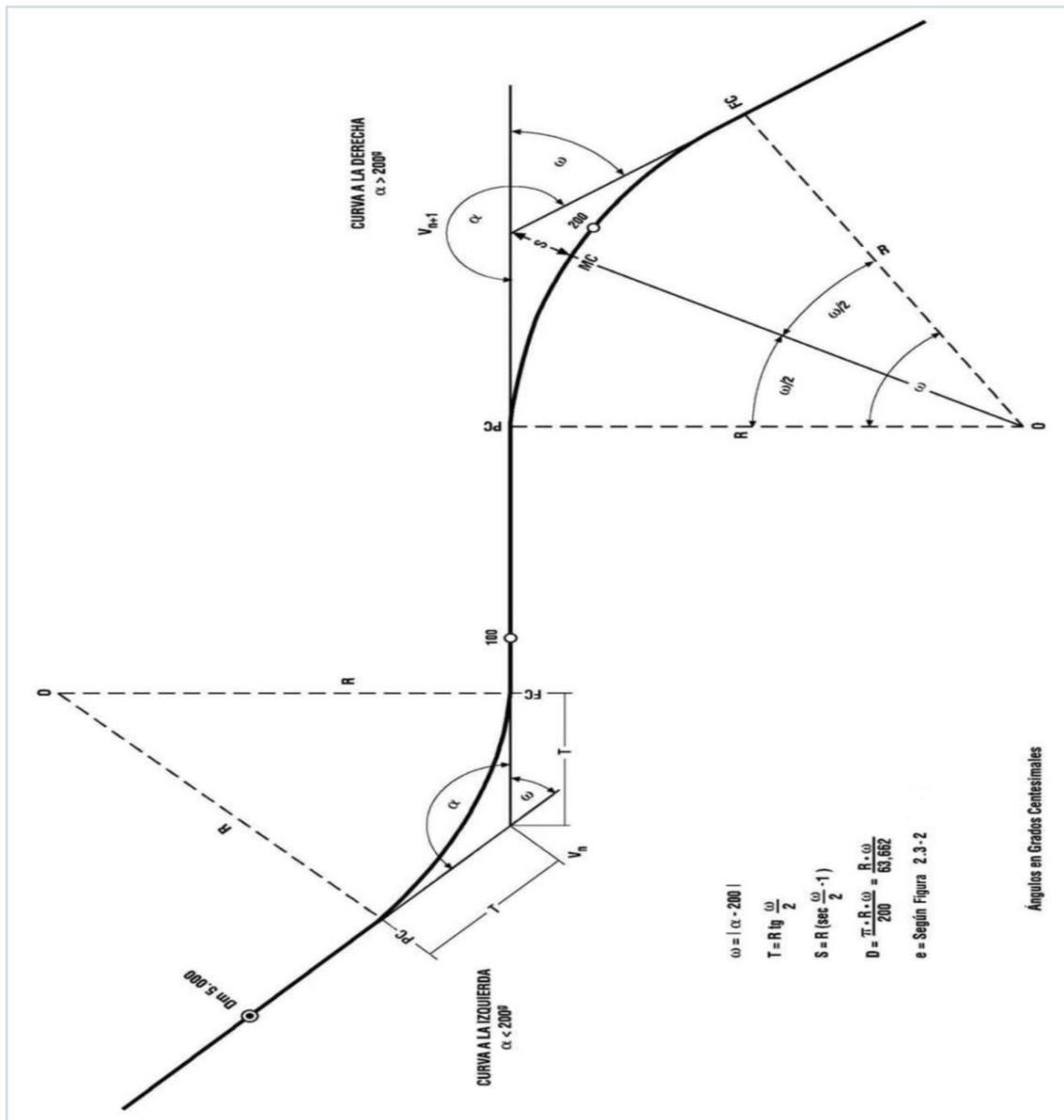
La simbología normalizada que se define a continuación deberá ser respetada por el proyectista.

Las medidas angulares se expresan en grados centesimales (g). Los elementos de la curva circular son los siguientes:

- V_n = Vértice; punto de intersección de dos alineaciones consecutivas del trazado.
- α = Ángulo entre dos alineaciones, medido a partir de la alineación de entrada en el sentido de los punteros del reloj hasta la alineación de salida.
- ω = Ángulo de deflexión entre ambas alineaciones, que se repite como ángulo del centro subtendido por el arco circular.
- R = Radio de curvatura del arco de círculo (m)
- T = Tangentes, distancias iguales entre el vértice y los puntos de tangencia del arco de círculo con las alineaciones de entrada y salida (m).
- Determinan el principio de curva PC y fin de curva FC.
- S = Bisectriz; distancia desde el vértice al punto medio, MC, del arco de círculo (m)

- D = Desarrollo; longitud del arco de círculo entre los puntos de tangencia PC y FC (m)
- e = Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)
- E = Ensanche; sobre ancho que pueden requerir las curvas para compensar el mayor ancho ocupado por un vehículo al describir una curva.

Figura 2.1. Elementos de la curva circular



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

2.2.3.2 Radios 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.

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

Dónde:

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

V = Velocidad directriz (Km. /h)

e = Peralte (m/m)

f = Coeficiente de fricción a dimensional

Cuadro 2.2 Radios mínimos absolutos en curvas horizontales

Caminos colectores - Locales - Desarrollo			
Vp	e _{máx}	f	R _{mín}
km/m	(%)		(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

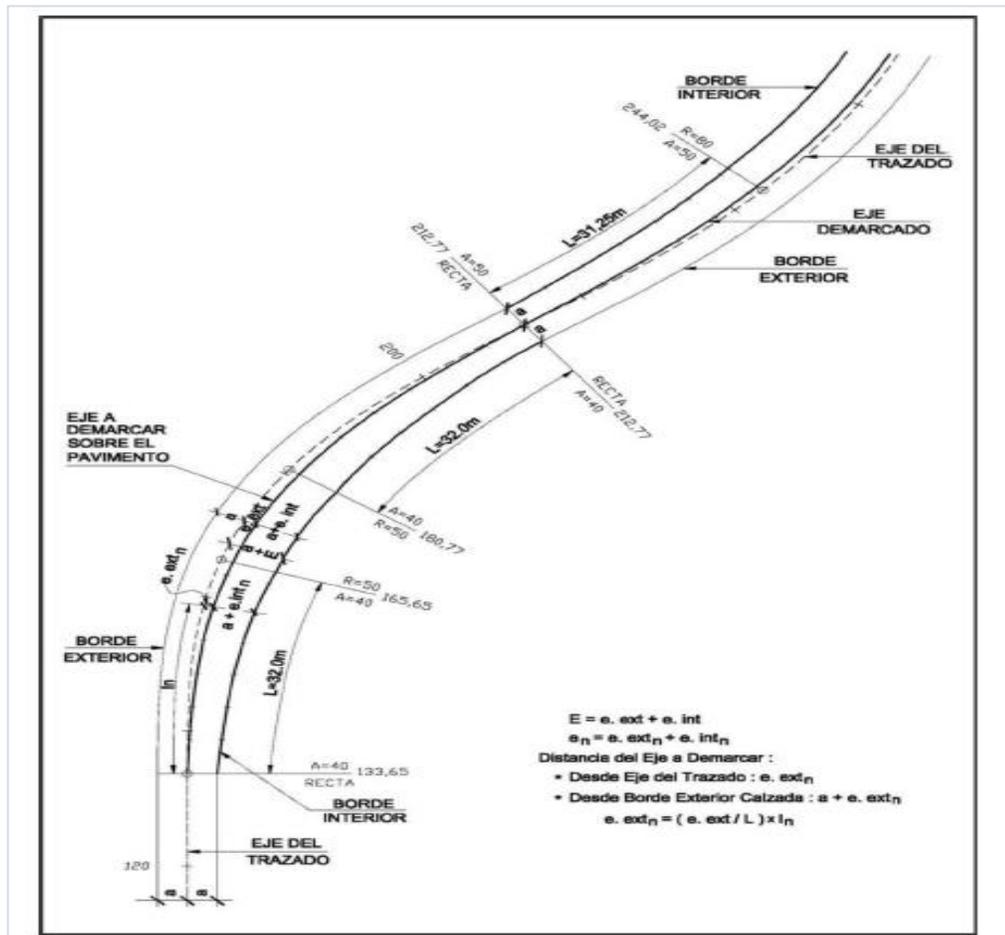
Fuente: “Manual y Norma para el Diseño Geométrico de Carreteras” de la ABC

2.2.4 Curvas de transición.

La incorporación de elementos de curvatura variable con el desarrollo, entre recta y curva circular o entre dos curvas circulares, se hace necesaria en carreteras y caminos por razones de seguridad, comodidad y estética. El uso de estos elementos permite que un vehículo circulando a la velocidad específica correspondiente a la curva circular, se

mantenga en el centro de su carril. Esto no ocurre, por lo general, al enlazar directamente una recta con una curva circular, ya que en tales casos el conductor adopta instintivamente una trayectoria de curvatura variable que lo aparta del centro de su carril e incluso lo puede hacer invadir la adyacente, con el peligro que ello implica.

Figura 2.2 Curva de transición



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

La curvatura variable permite desarrollar el peralte a lo largo de un elemento curvo, evitando calzadas peraltadas en recta, al mismo tiempo, la aceleración transversal no compensada por el peralte crece gradualmente desde cero en la recta o su valor máximo al comienzo de la curva circular, lo que hace más confortable la conducción.

Las ventajas estéticas están relacionadas con el grado de adaptación al medio y la variación uniforme de la curvatura que se logra mediante estos elementos.

Se emplearán arcos de enlace o transición en todo proyecto cuya V_p sea mayor o igual que 40 km/h, en caminos con $V_p \leq 80$ km/h sólo se podrá prescindir de los arcos de enlace para radios ≥ 1500 m, en carreteras con $V_p \geq 80$ km/h sólo se podrá prescindir de los arcos de enlace para radios ≥ 3000 m.

La curva de transición adoptada es la de espiral de cornu o clotoide, y cuya ecuación paramétrica es la siguiente:

$$R \times L = A^2$$

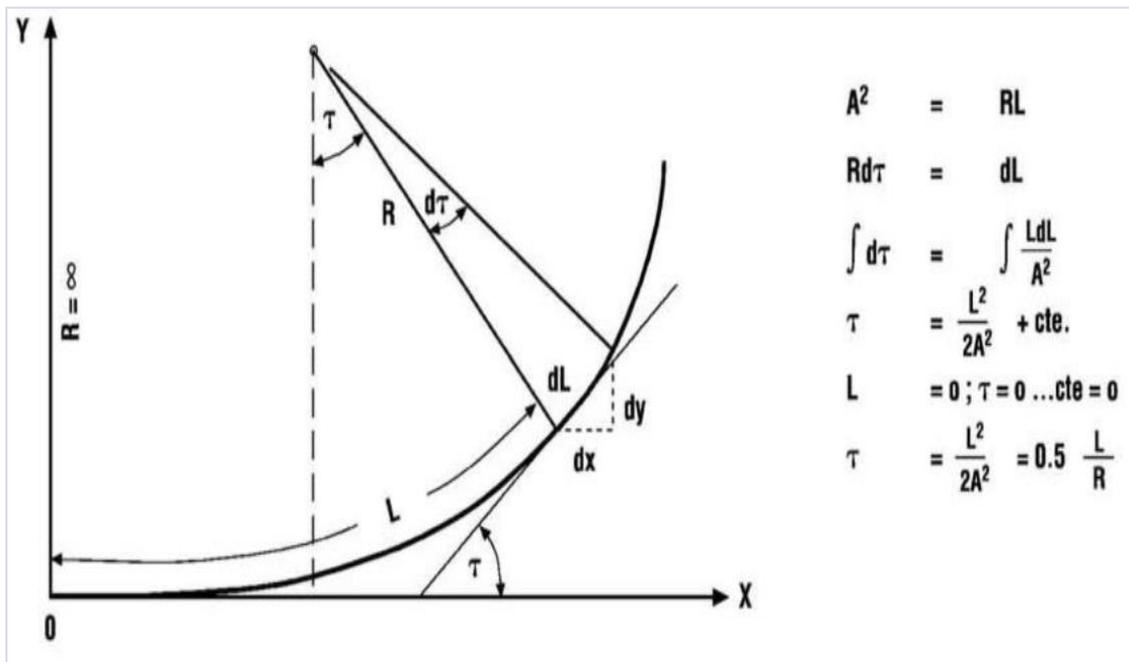
Dónde:

R = Radio de la curva en un punto determinado (m)

L = Desarrollo de la curva desde el origen hasta el punto de radio R (m).

A = Parámetro de la clotoide (m).

Figura 2.3 Características de la clotoide



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

2.2.4.1 Elección del parámetro A de la clotoide.

Criterio a) Por condición de guiado óptico, es decir, para tener una clara percepción del elemento de enlace y de la curva circular, el parámetro debe estar comprendido entre: $R^3 \leq A \leq R$.

La condición $A \geq R^3$ asegura que el ángulo τ será mayor o igual que $3,54^\circ$ y $A \leq R$ asegura que τ sea menor o igual que $31,83^\circ$. Para radios de más de 1000 m se aceptarán ángulos τ de hasta $3,1^\circ$ que está dada por $A = R^3,2$.

Criterio b) Como condición adicional de guiado óptico es conveniente que si el radio enlazado posee un $R \geq 1,2 R_{\min}$ el retranqueo de la curva circular enlazada (ΔR) sea $\geq 0,5$ m, condición que está dada por: $A \geq (12 \cdot R^3)^{0,25}$.

Señalamos los dos más importantes, ya que son los más representativos, en lo que respecta a este estudio en particular ya que se adoptó el criterio a.

2.2.4.2 Elementos del conjunto arco de enlace curva circular.

La introducción de un arco de enlace implica el desplazamiento del centro de la curva original en una magnitud que es función del retranqueo ΔR y del ángulo de deflexión de las alineaciones.

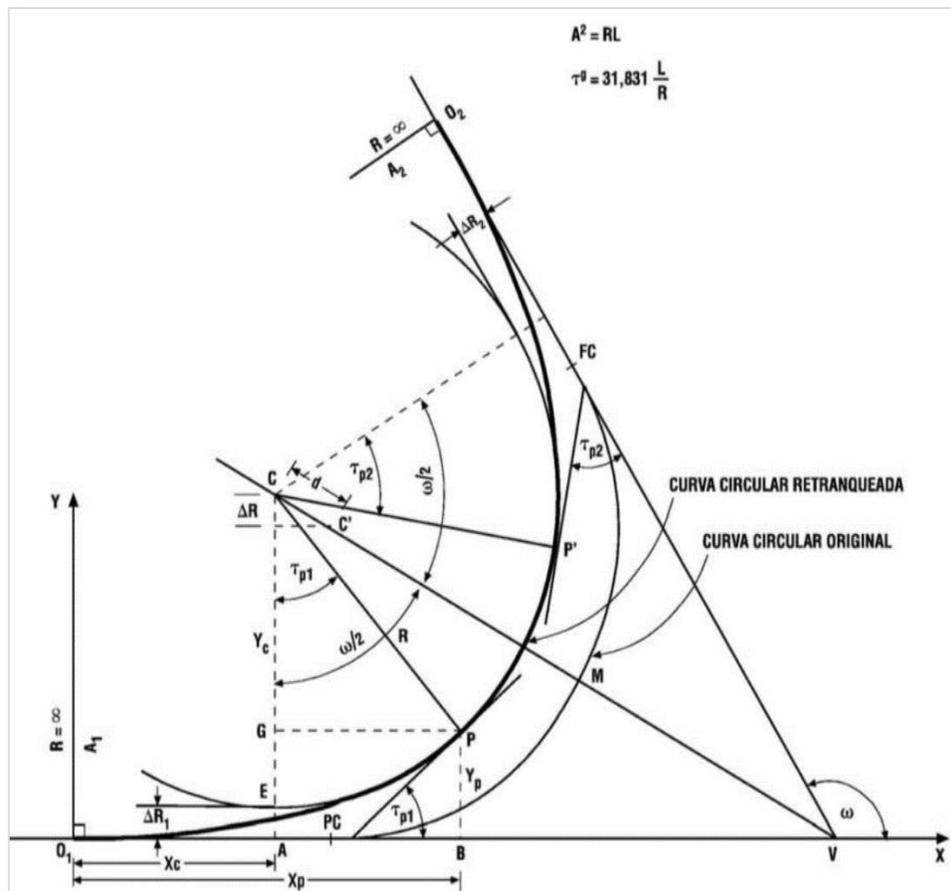
El radio de la curva circular permanece constante y el desarrollo de ésta es parcialmente reemplazado por secciones de las clotoide de enlace.

La figura 2.4, ilustra los conceptos antes mencionados y permite establecer las relaciones necesarias para el replanteo. Los elementos del arco de enlace curva circular son:

- $R(m)$ = Radio de la curva circular que se desea enlazar.
- $d(m)$ = Desplazamiento del centro de la curva circular original (C'), a lo largo de la bisectriz del ángulo interior formado por las alineaciones, hasta (C), nueva posición del centro de la curva circular retranqueada de radio R ; válido para clotoides simétricas.
- $\Delta R(m)$ = Retranqueo o desplazamiento de la curva circular enlazada, medido sobre la normal a la alineación considerada, que pasa por el centro de la circunferencia retranqueada de radio R .

- $X_p; Y_p(m)$ = Coordenadas de “P”, punto de tangencia de la clotoide con la curva circular enlazada, en que ambas poseen un radio común R.
- $X_c; Y_c(m)$ = Coordenadas del centro de la curva circular retranqueada, referidas al sistema anteriormente descrito.
- $\tau_p(g)$ = Ángulo comprendido entre la alineación considerada y la tangente en el punto P común a ambas curvas.
- $\omega(g)$ = Deflexión angular entre las alineaciones consideradas.
- $OV(m)$ = Distancia desde el vértice al origen de la clotoide.
- $Dc(m)$ = Desarrollo de la curva circular retranqueada entre los puntos PP’.

Figura 2.4 Elementos del conjunto arco de enlace curva circular



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

2.2.5 Criterio de diseño altimétrico.

2.2.5.1 Pendientes máximas del perfil longitudinal.

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 2.3 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”

2.2.5.2 Distancia de visibilidad.

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.

2.2.5.2.1 Distancia de visibilidad de frenado.

Distancia de visibilidad de parada es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

Se considera obstáculo aquél de una altura igual o mayor a 0,15 m, estando situados los ojos del conductor a 1,15 m, sobre la rasante del eje de su pista de circulación.

Los valores mínimos de la distancia de visibilidad de frenado son calculados con la siguiente expresión:

$$Df = \frac{V*t}{3,6} + \frac{v^2}{254*(f+i)}$$

Dónde:

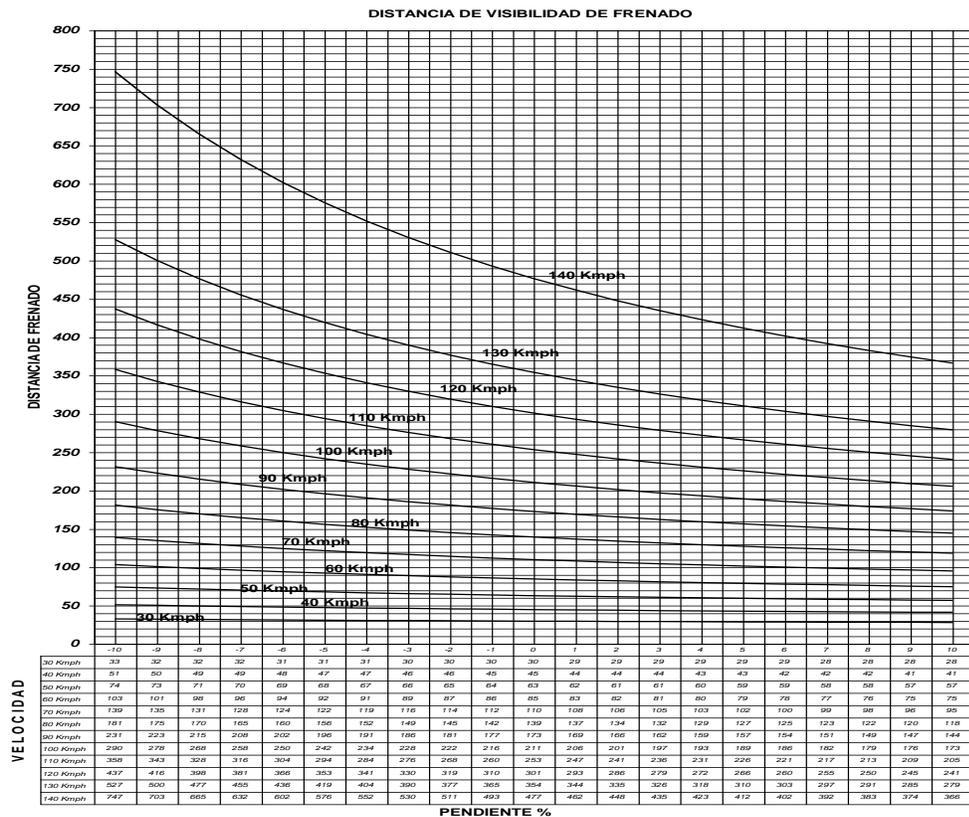
Df = Distancia mínima de visibilidad de frenado.

V = Velocidad de diseño km/h.

f = Coeficiente de fricción longitudinal entre el pavimento mojado y el neumático.

i = Pendiente longitudinal de la rasante en m/m.

Figura 2.5 Distancias de visibilidad de frenado



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

2.2.5.2.2 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 2.4 entrega los valores mínimos a considerar en el diseño como visibilidades adecuadas para adelantar.

Cuadro 2.4 Distancia mínima de adelantamiento

Velocidad de proyecto km/h	Distancia mínima de adelantamiento "Da" (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

2.2.5.3 Curvas verticales.

Para el diseño geométrico en el alineamiento vertical, se han previsto curvas verticales parabólicas de segundo orden para asegurar un trazado seguro, buena apariencia estética, comodidad a los usuarios, etc.

El utilizar las curvas verticales para pasar gradualmente entre dos pendientes adyacentes del perfil longitudinal, proporcionando como mínimo una distancia de visibilidad igual a la distancia mínima de frenado.

La longitud de curva vertical o la proyección horizontal de la misma, se calcula con la siguiente expresión:

$$L = K \times J$$

Donde:

L = Longitud de la curva vertical (proyección horizontal)

K = Parámetro de la parábola en metros. El parámetro es la distancia horizontal requerida para que se produzca un cambio de pendiente de un 1% a lo largo de la curva.

J = $[i_1 - i_2]$ = Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes, en m/m.

Para el cálculo de las curvas verticales cóncavas y convexas, los valores asumidos corresponden a la distancia mínima de visibilidad de frenado, para los valores absolutos de las pendientes.

2.2.5.3.1 Curvas verticales convexas.

Los valores de K para las longitudes mínimas de las curvas verticales convexas se han calculado con las siguientes expresiones:

$$K = \frac{Df^2}{4,12} \quad (\text{Codiciones diurnas}); \quad K = \frac{Df^2}{2,7} \quad (\text{Codiciones nocturnas})$$

Dónde:

K = Parámetro de la parábola en metros.

Df = Distancia mínima de visibilidad de frenado metros

2.2.5.3.2 Curvas verticales cóncavas.

Los valores de K para las longitudes mínimas de las curvas verticales cóncavas se calculan con las siguientes expresiones:

$$K = \frac{2 * Df}{J} - \frac{1,2 + 0,035 * Df}{J^2} \quad (L < Df); \quad K = \frac{Df^2}{1,2 + 0,035 * Df} \quad (L > Df)$$

Dónde:

K = Parámetro de la parábola en metros.

Df = Distancia mínima de visibilidad de frenado metros

L = Longitud en proyección horizontal de la curva vertical.

J = [i1 – i2] = Valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes en m/m.

Las anteriores ecuaciones muestran los valores del parámetro K, para condiciones nocturnas, siendo estas las más desfavorables.

El cálculo del parámetro K para cada curva se muestra en el anexo respectivo al alineamiento vertical.

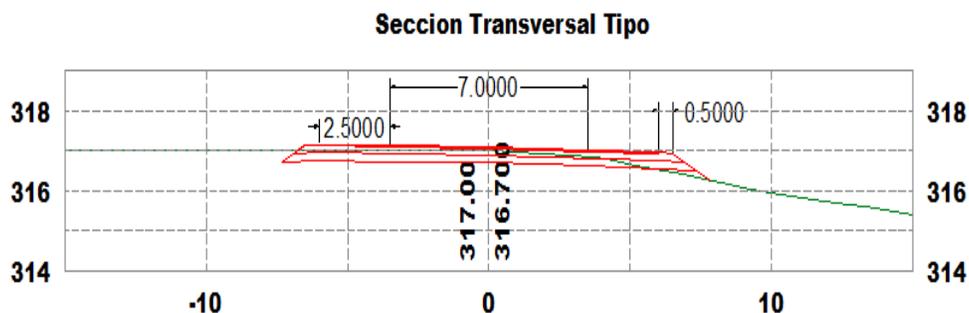
2.2.5.4 Sección transversal.

2.2.5.4.1 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.

Figura 2.6 Sección transversal tipo



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

2.2.5.4.2 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.

2.2.5.4.3 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 2.5 mostramos el valor de calzada, berma y SAP, adecuados a los parámetros anteriormente citados.

Cuadro 2.5 Descripción técnica de calzada, berma y sap.

NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA	VELOCIDAD PROYECTO (Km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m) (1)	ANCHO BERMAS (2)		SOBREANCHO SAP (3)		ANCHO CENTRAL - M (m)			ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE (5) $ATP=na + 2(b+Se) + M_{final}$				
			"bi" INTERIOR (m)	"be" EXTERIOR (m)	"si" INTERIOR (m)	"se" EXTERIOR (m)	INICIAL PISTAS AMPLIABLE a 6	FINAL PISTAS	FINAL=INICIAL 4 PISTAS	6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE	4 PISTAS	2 PISTAS		
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	PRIMARY AUTORRUTA	120	3,5	1,2	2,5	0,5 - 0,8	1,5	13,0	6,0	6,0	35,0	28,0	-	
		100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34,0	27,0	-	
		80	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	0,8	11,0	4,0	4,0	31,6	24,6	-	
		100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34,0	27,0	-	
		90	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	12,0	5,0	5,0	33,0	26,0	-	
	COLECTOR	80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 (4)	10,0	3,0	3,0 (4)	29,0	22,0	-	
		70	3,5	0,60 - 0,70	1,5	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 (4)	9,0	2,0	2,0 (4)	27,0	20,0	-	
		60	3,5	0,60 - 0,70	1,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 (4)	9,0	2,0	2,0 (4)	26,0	19,0	-	
		100 - 90	3,5	-	2,5	-	1,0	-	-	-	-	-	14,0	
		80	3,5	-	2,0	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	12,0	
CALZADAS BIDIRECCIONALES	COLECTOR	80	3,5	-	1,5	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	11,0	
		70	3,5	-	1,0 - 1,5	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	10,0 - 11,0	
		60	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0	
		50	3,0	-	0,5 - 1,0	-	0,5	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0	
	DISARROLLO	40	3,0	-	0,0 - 0,5	-	0,5	-	-	-	-	-	-	7,0 - 8,0
		30	2,0 - 3,0	-	0,0 - 0,5	-	0,5	-	-	-	-	-	-	5,0 - 6,0

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

2.2.5.4.4 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 2.6 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

2.2.5.4.5 Taludes de corte y terraplén.

En ingeniería civil se denomina terraplén a la tierra con que se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.

Debido a que no existen taludes de corte solo se hace referencia al talud de terraplén para el cual se adoptó un talud de 2:1 (V/H) como talud general para todo el tramo en estudio.

Las partes de un terraplén de carretera son: coronación, núcleo, espaldón y cimientto.

2.2.6 Volúmenes de movimiento de tierra.

2.2.6.1 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.

2.2.6.2 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.

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

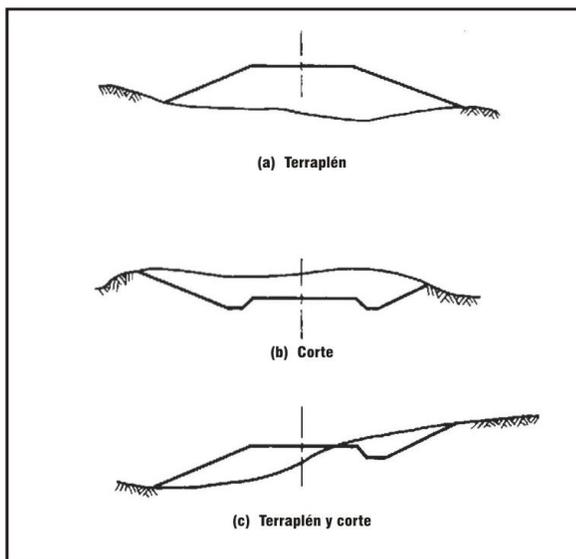
Dónde:

V = Volumen (m³)

A1 y A2 = Áreas extremas (m²)

L = Distancia entre las secciones transversales (m)

Figura 2.7 Tipos de sección transversal



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

2.2.7 Mecánica de suelos.

2.2.7.1 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).

2.2.7.2 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 2.7 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

2.2.7.3 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 2.8 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

2.2.7.4 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 2.9 (%) 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:

- a) 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%.

- b) El porcentaje del material que pasa el tamiz No. 200 no debe exceder a 2/3 del porcentaje que pasa el tamiz N° 40.
- c) 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.
- d) El agregado retenido en el tamiz N° 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.

2.2.7.5 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.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, edemas de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas.

Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Las mezclas bituminosas se componen de una mezcla de materiales granulares y bituminosos en proporciones definidas.

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 2.10 (%) 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

Cuando se utiliza 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.

2.2.8 Hidrología.

2.2.8.1 Definición.

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. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.

2.2.8.2 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.

En términos simples, el estudio hidrológico se divide en 5 pasos característicos:

- Elección del período de retorno (T)
- Caracterización hidrográfica del área de estudio
- Recopilación de datos meteorológicos
- Análisis de los datos hidrológicos
- Estimación de los caudales de diseño

2.2.8.3 Drenaje transversal.

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.

2.2.8.4 Badenes.

Las estructuras tipo badén son soluciones efectivas cuando el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento, porque permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente que se presentan con mayor intensidad durante períodos lluviosos y donde no ha sido posible la proyección de una alcantarilla o puente.

Para el diseño hidráulico se idealizará el badén como un canal trapezoidal con régimen uniforme.

Este tipo de flujo tiene las siguientes propiedades:

a) La profundidad, área de la sección transversal, velocidad media y gasto son constantes en la sección del canal.

b) La línea de energía, el eje hidráulico y el fondo del canal son paralelos, es decir, las pendientes de la línea de energía de fondo y de la superficie del agua son iguales. El flujo uniforme que se considera es permanente en el tiempo.

2.2.8.5 Alcantarillas de alivio.

Se diseñan tanto en su emplazamiento geométrico determinando su ubicación longitudinal y su posición altimétrica dentro de la obra; respecto al diseño hidráulico se debe diseñar el diámetro del tubo de la alcantarilla de alivio a partir de la ecuación racional:

$$Q = C * i * A$$

El coeficiente de escorrentía puede ser un valor ponderado por el coeficiente de escorrentía de la superficie de rodadura de la carretera y el coeficiente correspondiente al resto del área de aporte.

La intensidad de precipitación será la misma que se use en el diseño de las cunetas obtenida en base al estudio hidrológico, precipitaciones diarias máximas tiempos de concentración y periodos de retorno.

2.2.8.6 *Alcantarillas de cruce.*

El diseño hidráulico de las alcantarillas de cruce tiene como objetivo fundamental determinar las dimensiones del área hidráulica necesaria que pueda permitir el paso de las aguas transversalmente al camino. En la práctica existen varios métodos para el dimensionamiento en carreteras:

8.3a) Método por comparación.

8.3b) Método de Talbot.

8.3c) Método racional.

8.3d) Método de sección y pendiente.

8.3e) Método de precipitación pluvial.

a) Método por comparación.

Los pavimentos no están exentos de alguna patología, falla o deterioro a lo largo de toda su vida útil y para los diferentes entes encargados del mantenimiento y rehabilitación de carreteras es muy importante conocer el estado actual de la red vial, para poder tomar decisiones oportunas y con criterio técnico para optimizar el uso de los recursos públicos y realizar su correcta intervención

Dentro del diseño de carreteras es frecuente encontrar zonas de condiciones climatológicas similares donde deben emplazarse alcantarillas, o en su caso, ríos o quebradas que cortan transversalmente al camino varias veces en un mismo tramo. Esta situación permite que puedan dimensionarse por comparación con otras ya existentes cuyo funcionamiento haya sido comprobado y con buenos resultados.

El método no hace más que adoptar las mismas dimensiones de la alcantarilla ya conocida y proceder a su ejecución.

b) Método de Talbot.

Por el método que es empírico cuya ecuación fundamental es la siguiente:

$$a = 0.183 * C * \sqrt[4]{A^3}$$

Dónde:

a = Área hidráulica (m²)

C = Coeficiente de escorrentía

A = Área de la cuenca en (Has)

Valores de “C”

Terrenos montañosos	1
Terrenos con lomerío	0,8
Terrenos ondulados	0,5
Terrenos planos	0,2

En este método la variable fundamental es el área de la cuenca por lo que su uso se recomienda cuando se dispone de buena información sobre la superficie de la cuenca.

c) Método racional.

El coeficiente de escurrimiento **C**, es la variable que presenta mayor incertidumbre en su determinación, y representa una relación adimensional entre la lámina de escorrentía superficial generada por una determinada cuenca y la lámina de la precipitación.

Es el método más utilizado, ya que toma más variables y se las puede obtener si existen estaciones meteorológicas cercanas a la zona del proyecto, la ecuación general es:

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

Dónde:

Q = Caudal (lt/seg)

i = Intensidad de precipitación (mm/h) (en los 10 min. de máxima concentración)

A = Área de la cuenca (Has)

$$Q = 27.52 * C * i * A$$

i = (cm/h)

C = Coeficiente de escorrentía.

Valores de “C”

Asfaltos	0,75-0,95
Concreto hidráulico	0,70-0,90
Suelos impermeables	0,40-0,65
Ligeramente permeables	0,15-0,40
Suelos permeables	0,05-0,20

En base a la ecuación racional siempre y cuando se tengan los valores confiables sobre la intensidad de precipitación el cual estará determinado a partir de las precipitaciones máximas diarias utilizando distribución de ajustes probabilísticas como: distribución normal, logarítmica-normal, Pearson y otros que nos permiten encontrar una correlación entre la intensidad de precipitación el tiempo de retorno y el de

concentración, se recomienda tomar el valor de intensidad de precipitación en los 10 min de tiempo de concentración y un periodo de retorno de 50 a 100 años.

Determinado el caudal que va a pasar por el punto donde se va a ubicar la alcantarilla utilizando la ecuación de Manning donde Q ya es un dato, además tenemos la pendiente longitudinal de la alcantarilla en base al lecho del río, el coeficiente “n” dependiendo de la rugosidad del material de la alcantarilla dejando como incógnita el valor del área hidráulica necesaria que por iteración de la puede obtener ya sea esta en sección circular (diámetro) o rectangular (base por altura).

d) Método de sección y pendiente.

Utiliza como parámetros la sección transversal de la quebrada o río donde se quiere diseñar la alcantarilla y la pendiente longitudinal del hecho del río, aprovechando la ecuación de Manning:

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

Donde las variables conocidas son el área, perímetro mojado, pendiente longitudinal y coeficiente “n”, con lo que se determina fácilmente el caudal.

Determinado ese caudal se vuelve a la misma ecuación en la que el caudal aparece como dato, la pendiente, el coeficiente “n”, y la variable a determinar es la sección hidráulica.

e) Método de precipitación pluvial.

Este método también empírico que hizo una modificación a la ecuación racional considerando que es importante tomar en cuenta la pendiente longitudinal del lecho del río, la relación que nos permite calcular el caudal es la siguiente:

$$Q = 0.022 * C * i * A * \sqrt[4]{\frac{S}{A}}$$

Dónde :

Q = Caudal (m^3/seg)

c = Coeficiente de escorrentía

i = Intensidad de precipitación (cm/h) (10 min. máx. concentración)

S = Pendiente longitudinal del lecho (m/Km)

A = Área de la cuenca (Has)

Esta ecuación también puede ser usada siempre y cuando se conozcan datos confiables de intensidad de precipitación, área de aporte de la cuenca, pendiente longitudinal del lecho del río.

Se recomienda no colocar estas zanjas paralelamente al camino, porque los tramos finales del canal quedan con una pendiente excesiva, sino que, por el contrario, se conducirá el trazado del canal hacia el interior de la hoya, siguiendo las pendientes admisibles para el tipo de terreno o revestimiento.

Los canales o cunetas laterales se dimensionan utilizando la ecuación de Manning:

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

Dónde :

R = Radio hidráulico ($D/4$) (m)

A = Área de la sección del flujo de agua (m^2)

S = Pendiente de la línea de agua en (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad Maning.

Q = Caudal del agua en m^3/s .

La fórmula de Manning es una evolución de la fórmula de Chézy para el cálculo de la velocidad del agua en canales abiertos y tuberías, propuesta por el ingeniero irlandés Robert Manning en 1889.

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**¹³
- ✓ **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**¹⁴
- ✓ **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**¹⁵
- ✓ **Universidad nacional del altiplano** “Facultad de ciencias agrarias escuela profesional de ingeniería topográfica y agrimensura” - “evaluación del diseño manual de diseño geométrico”¹⁶
- ✓ **Manual de diseño de conservación vial ABC**¹⁷

¹³ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/11581/EG-1381-Guti%C3%A9rez%20Chambi,%20Jos%C3%A9%20Felix.pdf?sequence=1>

¹⁴ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en

¹⁵ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/1015/1/28558.pdf>

¹⁶ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en https://www.abc.gob.bo/wp-content/uploads/2018/09/manual_de_diseno_geometrico.pdf

¹⁷ Citado en 22 de abril del 2020. Disponible en http://www.abc.gob.bo/wp-content/uploads/2018/09/manual_de_diseno_de_conservacion_vial_abc.pdf

2.4 Análisis de aporte teórico hacia el trabajo de investigación.

En el proyecto analizado del **“DISEÑO ESTRUCTURAL DE INGENIERÍA VIAL DEL TRAMO SAN FRANCISCO – EL CARMEN”**, 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).

Con el aporte del marco conceptual y marco normativo, se tiene la base teórica y conceptual sobre la que se sustenta el proyecto de diseño, ya que proporciona y organiza las normas y parámetros para nuestro diseño estructural.

Es de vital importancia realizar un estudio responsable, basado a las normas mencionadas anteriormente y todos los conocimientos adquiridos en el aula.

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).

La extracción de las muestras se realizará de acuerdo a lo indicado en clases, cumpliendo los espesores y profundidades, toda muestra extraída debe ser mayor a 15 kilogramos para las distintas prácticas que se realizarán en laboratorio.

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, 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.

Para el estudio hidrológico, se tomarán tres estaciones como datos para el cálculo de caudales, lo aprendido en aulas indica que solo se deben tomar las estaciones más cercanas al tramo y que tengan las mismas propiedades físicas.

Identificar todos los aportes, se dividen en sub cuencas para obtener los caudales de cada sub cuenca. 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, cinco días hábiles; el estudio debe realizarse en los puntos específicos de la ruta.

Es de vital importancia para las localidades poder unir las rutas de la zona con las rutas principales que unen al departamento de Tarija.

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO Y RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.1 Criterios del diseño metodológico.

3.1.1 Unidad de estudio o muestra.

Kilómetro.

3.1.2 Población o muestra.

6 km (Seis kilómetros)

3.1.3 Muestra.

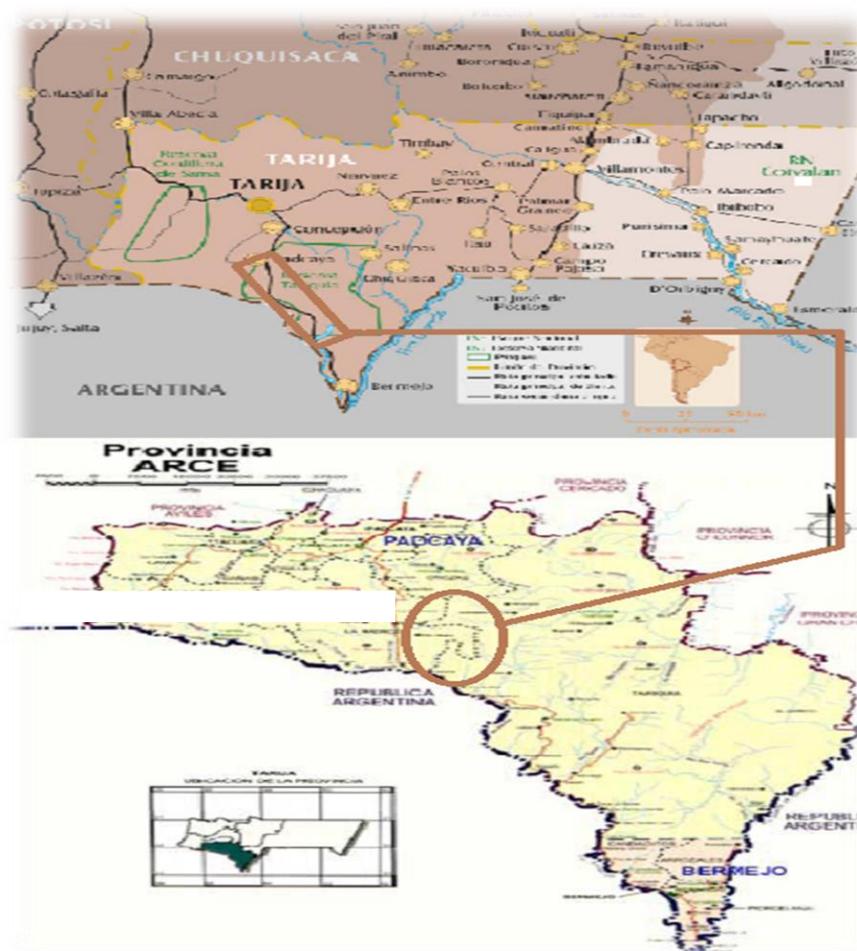
6 km (Seis kilómetros)

3.1.4 Tamaño de muestra.

6 km (Seis kilómetros)

3.1.5 Localización.

Imagen 3.1 Ubicación del proyecto (mapa referencial)



Mapa de ubicación del lugar de proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

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

3.1.6 Ubicación geográfica.

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

Las coordenadas geométricas de la ruta son:

San Francisco entre $21^{\circ} 59' 08,37''$ S y $64^{\circ} 48' 41,23''$ O

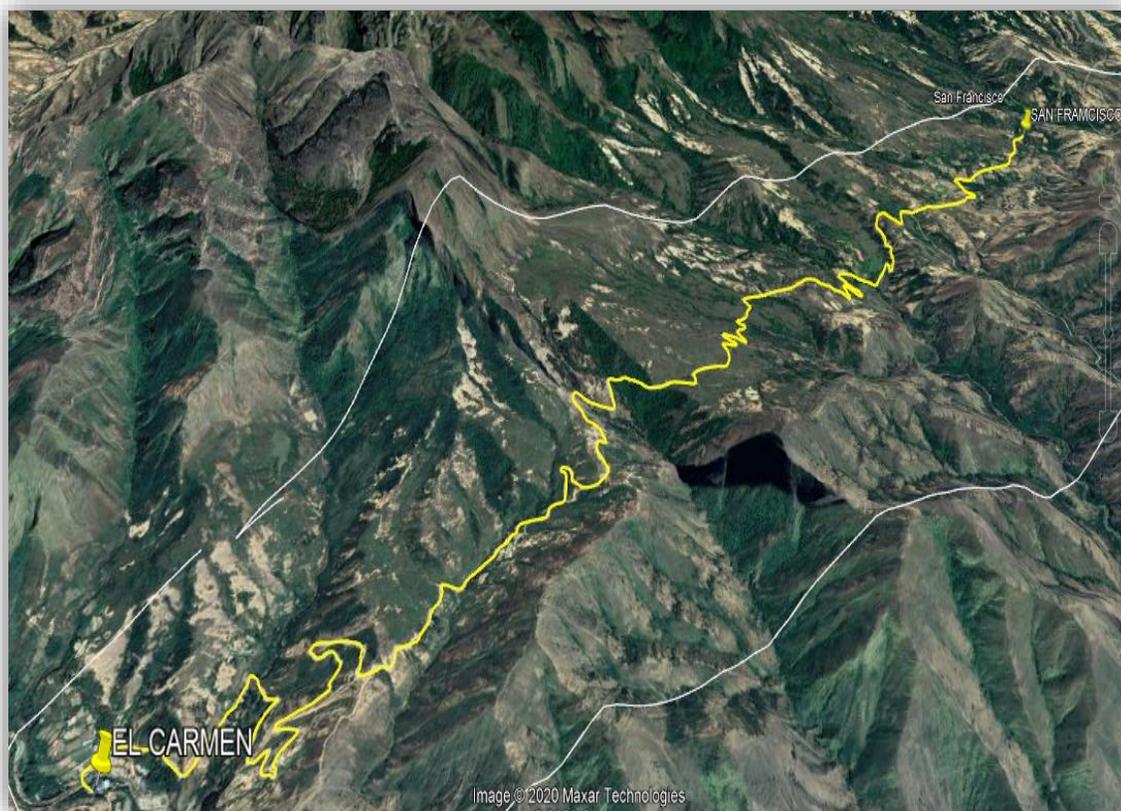
El Carmen entre $22^{\circ} 02' 58,37''$ S y $64^{\circ} 50' 49,23''$ O

Las coordenadas UTM de la ruta son:

San Francisco entre 312867,31 m E y 7567533,34 m S

El Carmen entre 309326,01 m E y 7560550,12 m S

Imagen 3.2 Ubicación del proyecto (mapa referencial)



Mapa de ubicación del lugar de proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

3.1.7 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.

3.1.8 Acceso a la zona de proyecto.

El territorio del municipio de Padcaya, comprende una extensión territorial de 4.225,17 km², y representa aproximadamente el 81% del espacio geográfico provincial, que tiene una extensión de 5.205,00 km²; el 12% del territorio departamental y un 0,39% del territorio nacional; según datos proporcionados por el zonisig Tarija.

Desde el municipio de Padcaya hasta el cruce de Rosillas se encuentra a una distancia de 6,45 km. Luego, desde el cruce de Rosillas hasta la comunidad San Francisco separa una distancia de 8,8 km.

3.1.9 Características medioambientales.

3.1.9.1 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, Trementinal y Valle Dorado.

3.1.9.2 Superficie.

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

3.1.9.3 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. Por otro lado, el invierno se caracteriza por temperaturas y humedad relativa generalmente bajas y la ausencia de precipitaciones asociadas a la llegada de frentes fríos provenientes del sur, llamados "surazos", que traen consigo masas de aire frío, dando lugar a veces a precipitaciones de muy baja intensidad y de larga duración, principalmente en el Sub andino.

3.1.9.4 Precipitación pluvial.

La temperatura media anual en Padcaya 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.

3.1.9.5 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. En el caso de la RNFFT, por encontrarse la mayor parte dentro del municipio, se constituye en la fuente de agua del presente y del futuro.

b) Cuencas, sub cuencas y ríos existentes. Las cuencas que se encuentran en el municipio de Padcaya, pertenecen a la cuenca del río Bermejo que tiene una superficie de 12,000 km² y comprende el 32% del departamento de Tarija, ésta a su vez, forma parte de la cuenca del río de La Plata.

3.1.9.6 Recursos naturales.

La región cuenta con riquezas forestales de fauna y vida silvestre y con recursos hidrocarburíferos, con estructuras como el pozo Iñiguacito, el campo San Alberto con reserva gasífera de importancia y pozos sin explotar, y el gasoducto Santa Cruz - Pocitos - Argentina que constituyen un potencial fundamental para el desarrollo de la región.

3.1.9.7 Actividades económicas.

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: maní, 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: cerdos, vacas y ovejas. En el caso de las comunidades de Salado su ingreso se incrementa por la venta de cítricos.

La retribución por la venta de mano de obra (jornales) es poco significativa a excepción de aquellos trabajos que se llevan a cabo en Argentina (entre \$us 300 a 500 durante toda la temporada de migración) y que reciben una mayor remuneración que la realizada en la propia comunidad o en los alrededores, “los jóvenes prefieren irse a trabajar en las tierras argentinas, porque ganan más y ya no hay quien ayude aquí, entonces se tiene que contratar jornaleros.

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. Se cuenta con zonas y bosques aptos para el cultivo de pastos y forrajes destinados a fortalecer el sector ganadero del Municipio y garantizar la alimentación del ganado. El sector pecuario se convierte en otra potencialidad que permitirá generar excedentes y mejorar el nivel de ingresos basado en el manejo adecuado del ganado. Presencia de instituciones públicas y privadas con programas de apoyo a la producción agropecuaria, a través de la asistencia técnica, dotación de recursos económicos y ejecución de proyectos de infraestructura productiva. Por la cercanía de las ciudades de Bermejo y Tarija se cuenta con mercados potenciales para la producción y transformación frutícola semi- industriales.

3.2 Control y validación interna.

3.2.1 La hidrología.

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 su superficial.

En términos simples, el estudio hidrológico se divide en 5 pasos característicos:

- **Elección del período de retorno (T).**

Según el manual de hidrología y drenaje para carreteras, muestra en la tabla 3.1 periodo de retorno para el diseño a tomar.

Tabla 3.1 Periodo de retorno para diseño

Tipo de obra	Tipo de ruta	Periodo de retorno (T años)		Vida util supuesta (n; años)	Riesgo de falla (%)	
		Diseño(3)	Verificación(4)		Diseño	Verificación
Puentes y viaductos (1)	Carretera	200	300	50	22	15
	Camino	100	150	50	40	28
Alcantarillas ($S > 1,75$ (m ²) o $H_{mm} > 10$ m y estructuras enterradas(2)	Carretera	100	150	50	40	28
	Camino	50	100	30	45	26
Alcantarillas ($S > 1,75$ (m ²))	Carretera	50	100	50	64	40
	Camino	25	50	30	71	45
Drenaje de la plataforma	Carretera	10	25	10	65	34
	Camino	5	10	5	67	41
Defenzas de riberas	Carretera	100		20	18	
	Camino	100		20	18	

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

Es importante la vía que va a protegerse (tipo de vía), pues de ella depende que se causen mayores o menores daños. La función que desempeña la obra, pues está claro que la integridad de la vía debe garantizarse en grado mayor que el libre tránsito de vehículos.

Para el periodo de retorno se tomaron los siguientes datos: 10, 25, **50**, 100, 500 y 1000 años, el cual se trabajará con los datos de un periodo de 50 años.

- **Caracterización hidrográfica del área de estudio.**

Al efectuar un estudio de la escorrentía superficial en una cuenca, se necesita hacer el análisis de las características físicas de ella y los conceptos que de estas se derivan, ya que de estas características dependerá directamente la magnitud del caudal de diseño en su punto de evacuación.

Observaciones.

En nuestra área de estudio, se dividieron en micro cuencas y se analizó por separadas el aporte de cada una de ellas.

Los resultados dieron como nueve micro cuencas, cada una de ellas fue analizada de forma separada para calcular el caudal de diseño.

Recopilación de datos meteorológicos.

Toda la información básica de las estaciones meteorológicas del país es recopilada por el servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI), institución encargada de administrar la red de medición a nivel nacional, aunque en algunos casos es posible obtener registros de algunas instituciones privadas. Cualquiera sea el caso, para los fines propuestos en el presente capítulo, es posible obtener, en la mayoría de los casos, datos de precipitación en dos categorías:

- Informe mensual y anual de datos pluviométricos y/o pluviográficos
- Planilla de precipitación máxima diaria o de 24 horas

Las estaciones a analizar para la estimación de caudales fueron: estación de cañas, estación de Padcaya y estación de La Merced

Observaciones.

De cinco estaciones cercanas a nuestra ruta solo se tomaron tres estaciones para el análisis de datos, se despreció dos estaciones por limitaciones en la disponibilidad de datos y por no cumplir con las características físicas con nuestra ruta.

Análisis de los datos hidrológicos.

Dado que en el país existen serias limitaciones en la disponibilidad de datos de escurrimiento – en especial para pequeños cursos de agua, que son los que conforman la mayor parte de la problemática del drenaje vial –, se hace más usual la aplicación de los métodos probabilísticos a registros de precipitación, de los cuales se tienen mejor conocimiento y más extensa información. Para predecir los eventos futuros a partir de información histórica se utiliza el análisis de frecuencia.

La curva de frecuencia, que asocia a cada evento una probabilidad de ocurrencia, puede abordarse por ajuste gráfico a los puntos observados o por el uso de modelos de distribución de probabilidades.

En seguida se muestra la tabla de resumen de distribución de probabilidades.

Observaciones.

Solo se trabajó con la información proporcionada por el SENHAMI, y no se hizo la usual aplicación de los métodos probabilísticos a registros de precipitación, de los cuales se tienen mejor conocimiento y más extensa información por lo aprendido en clases, ni es viable la aplicación de datos probabilísticos, porque estaríamos alterando los eventos no ocurridos y estos afectarían al cálculo de nuestro diseño.

Estimación de los caudales de diseño.

El objetivo del cálculo de la crecida de diseño es asociar una probabilidad de ocurrencia a las distintas magnitudes de la crecida. Para lograr este fin se cuenta con procedimientos directos, regionales e indirectos. Los primeros requieren valores de caudales máximos observados en el punto de interés; los segundos se utilizan cuando no existen observaciones o existen pocas observaciones de caudales en el lugar del estudio y se justifican las decisiones analizando los datos de otros lugares similares; y los últimos estiman las crecidas en base a la relación que existe entre la precipitación u otras variables explicativas y el escurrimiento. En esta sección se presenta una serie de métodos alternativos para definir la crecida de diseño para una obra hidráulica, los cuales son más o menos pertinentes en distintas situaciones, dependiendo de la información hidrológica disponible y de las características de la cuenca. Todos ellos tienen un mayor o menor grado de subjetividad y suponen distintas hipótesis.

Cuadro 3.1 Resumen de caudales máximos

Periodo de retorno	Caudal máximo								
T años	(m3/seg)								
10	0,319	3,082	24,618	0,286	1,018	0,159	0,160	1,413	0,247
25	0,359	3,489	27,899	0,322	1,145	0,179	0,179	1,595	0,278
50	0,376	3,729	29,957	0,333	1,183	0,182	0,184	1,685	0,289
100	0,399	3,998	32,192	0,352	1,248	0,190	0,193	1,797	0,306
500	0,452	4,615	37,312	0,395	1,398	0,210	0,214	2,052	0,345
1000	0,473	4,873	39,469	0,412	1,458	0,218	0,222	2,157	0,361

Fuente: Resultados de los cálculos de caudales máximos en el tramo San Francisco-El Carmen

3.2.2 Ensayos de los suelos en laboratorio.

Granulometría.

Norma.

La norma INV-123-13 propone llevar una pequeña porción al horno y una vez seco se romperá un pequeño terrón aplicando fuerza con los dedos. Si en el proceso de desmoronamiento se observa con claridad que los finos se pulverizan no habrá necesidad de hacer lavado. El proceso de lavado consiste en llevar el material sobre la malla No. 200 (0,075mm) y sometiéndola a corrientes continuas de aguas mientras esta es movida de un lado a otro con la mano. En el momento en que el agua que sale por la parte inferior del tamiz sea totalmente clara, la muestra se llevará al horno y luego se dejará secar a temperatura ambiente.

Observaciones.

En nuestro caso al realizar los ensayos de granulometría, para los tres tipos de suelos, **a - 4, a - 2 - 4 y A - 1 - a**, 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.

3.2.3 Límite líquido y límite plástico.

Norma.

Las muestras de donde se tome el material de ensayo deben ser muestras representativas y su humedad natural se debe mantener hasta el momento inmediatamente anterior al ensayo. Teniendo en cuenta la Norma INV E-106-13 Y 107-13 para la determinación de límite líquido se requiere material que pase el tamiz N°40 (425 μ m).

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, por motivos de tiempo limitado en laboratorio no se pudieron realizar todos los ensayos de límites en un solo día como indica la norma. De tal manera que, los datos obtenidos en laboratorio fueron irrelevantes unos de otros.

CBR.

Norma.

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.

Cuadro 3.2 Resumen de CBR tramo San Francisco - El Carmen

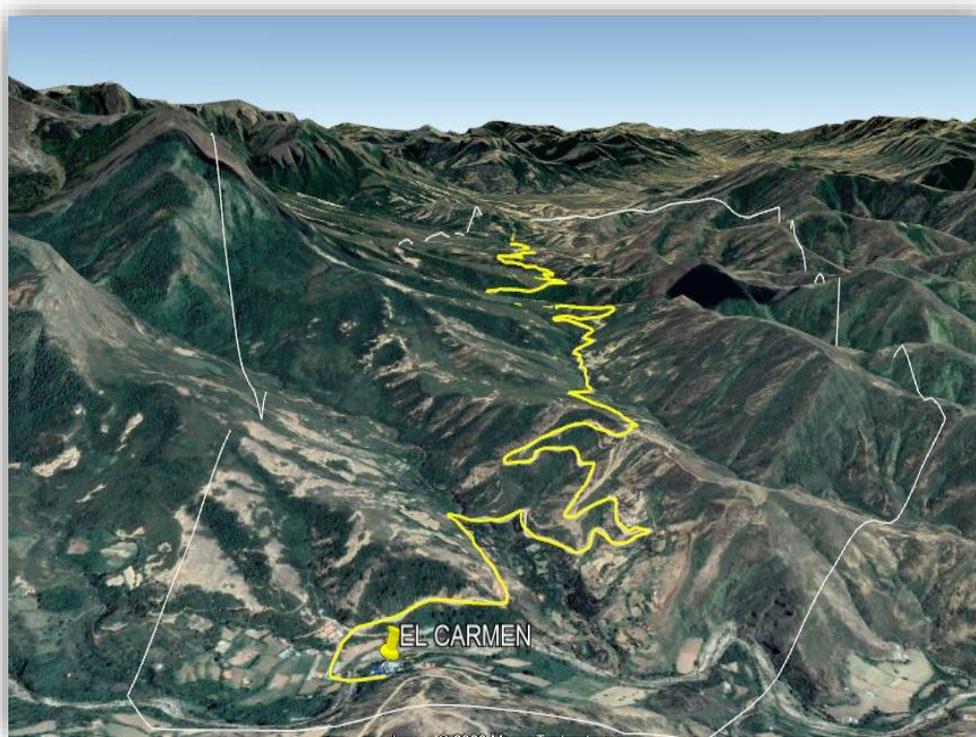
Resumen de los CBR del camino San Francisco - El Carmen			CBR	Clasificación
A - 1 - a(0)	CBR al 95%	56	0 - 5	Sub rasante muy mala
	CBR al 100%	71	5 - 10	Sub rasante mala
A - 2 - 4(0)	CBR al 95%	48	10 - 20	Sub rasante regular a buena
	CBR al 100%	58	20 - 30	Sub rasante buena
A - 4(0)	CBR al 95%	15	30 - 50	Sub base buena
	CBR al 100%	23	50 - 80	Base buena
			80 - 100	Base muy buena

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

3.3 Estudios complementarios.

3.3.1 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 como las carreteras y otros.

Como este trabajo en particular trata sobre el diseño de una carretera, se optó por este tipo de levantamiento.

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).

Se dispondrá de planos de planta y perfil, así como planos de obras de arte. Cada sección del camino mostrará el ancho de la plataforma y los taludes tanto de corte como de relleno, así como la cuneta.

El eje del camino en planta y perfil, se adecuará al terreno en forma muy estricta y a las características actuales de la vía.

La alternativa tomada no varía una de la otra, por lo cual se tomará la alternativa más cercana al diseño ya existente por lo cual no habrá mucha modificación

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 3.3 Datos Bm's

Código	Este	Norte	Altura
BM11	7.565.903,145	312.273,498	2.290,677
BM10	7.565.561,589	311.917,575	2.319,936
BM9	7.565.091,620	311.880,221	2.302,909
BM8	7.564.924,972	311.858,907	2.269,525
BM7	7.564.507,896	311.636,221	2.317,463
BM6	7.564.447,738	311.384,037	2.359,110
BM5	7.563.649,052	311.094,930	2.421,873
BM4	7.563.074,939	310.963,426	2.491,145
BM3	7.562.895,483	310.564,400	2.484,429
BM2	7.561.887,600	310.444,146	2.455,731
BM1	7.561.047,039	310.010,970	2.411,033

Fuente: Datos de Bm's obtenidos con levantamientos topográficos

3.3.2 Observaciones.

En la zona donde se realizó el levantamiento topográfico, se pudo observar un terreno ondulado en su mayoría, en otras partes un terreno fuertemente ondulado. En los de fuerte ondulación se complicó el acceso con el equipo para realizar el levantamiento topográfico.

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.

La vegetación es muy escasa en gran parte de la ruta, debido a la zona y sus características de suelos y por otra parte donde el camino debe pasar por arroyos se puede apreciar una abundante vegetación.

De acuerdo en lo ya mencionado en el capítulo 1, el trazado de la ruta que se realizará es desde la comunidad de San Francisco – El Carmen

3.4 Geotécnia.

3.4.1 Criterio de estudio de muestreo.

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 3.4 Ensayos realizados

Ensayo	Nº de veces
Lim. Atem	12
Proctor	3
CBR	3

Fuente: Estudio de suelos

Se tomaron muestras de la sub rasante cada 0.5 kilómetros, y se extrajeron a 1.5 metros de profundidad.

3.4.2 Muestreo y exploración.

En las siguientes planillas se podrá observar a detalle cada una de las muestras tomadas en la ruta San Francisco - El Carmen.

Tomando en cuenta que el muestreo se comenzó desde la progresiva 0+000

Cuadro 3.5 Reporte de muestreo

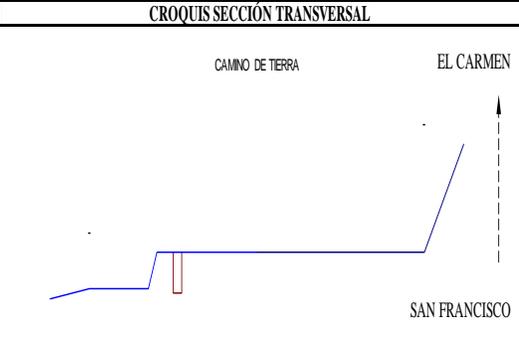
REPORTE DE MUESTREO														
DESCRIPCIÓN DE SONDEOS - PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL														
PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE INGENIERERÍA VIAL DEL TRAMO SAN FRANCISCO - EL CARMEN					FECHA: 05/05/2019		PROG.: 0+000		COORDENADAS:					
CARRETERA: SAN FRANCISCO EL CARMEN CAMINO DE TIERRA			LUGAR: TARIJA - BOLIVIA		PLANILLA N°: 01		POSICIÓN:		N POZO: 1					
DATOS DE CAMPO				PERFIL LITOLÓGICO DEL POZO			FOTOGRAFÍAS							
Estrato N°:	1	2				Prof. (cm.)	N°	Descripción						
Profundidad (cm.)	15	150				0		Material húmedo..						
Espesor (cm.)	15	135				5		Grava limosa poco compacta de color marrón						
Capa				M 01			10							
Cobertura Vegetal	()						15	M 01						
Material granular seleccionado	()						20							
Empedrado	()						25							
Empedrado y contrapiso	()						30							
Pavimento	()						35							
Otros materiales	()						40							
Contenido							M 02			45				
Vegetal	()	()								50				
Orgánico	()	()								55				
Olivo	()	()		60										
Humedad				M 02			65	Material poco húmedo.						
Poco húmedo	()	(X)					70			Piedras de tamaño máximo 10 cm. angular.				
Húmedo	(X)	()					75			Arena limosa media compacta de color marrón				
Muy húmedo	()	()					80							
Mojado	()	()					85							
Rocas				M 02			90							
Tipo de Roca									95					
Piedras (f. Máximo cm.)							10		100					
Angularidad									105					
Angular							() (X)		110					
Sub. angular							() ()		115					
Sub. redondeada							() ()		120					
Redondeada							() ()		125					
G = Gravas, S = Arenas, M = Limos, C = Arcillas									130					
Bastante > 50 %							G S		135					
Abundante 35-50%				S M		140								
Algo 20-35%				M		145								
Poco 10-20%						150								
Indicadores 0-10%						155								
Grueso > 50%				(X) (X)		160								
Fino > 50 %				() ()		165								
Suelos				M 02			170							
Compacidad									175					
Muy suelta							() ()		180					
Suelta							() ()		185					
Poco compacta							(X) ()		190					
Media compacta				() (X)		195								
Muy compacta				() ()		200								
Color				MARRÓN MARRÓN		205								
Clasificación				GM SM		210								
DATOS DE LA VÍA				DATOS DE EXCAVACIÓN		215								
Pendiente transversal		Profundidad 1,50 m				220								
Lado derecho: (-) %		Lado Derecho				225								
Lado izquierdo: (+) %		Nivel Freático				230								
Ancho de vía aproximado: 10,0 m		OBSERVACIONES				235								
F F		LLUVIAS DURANTE LC				240								
Cunetas: NO		TRABAJO				245								
						250								

CROQUIS SECCIÓN TRANSVERSAL

REPORT DE MUESTREO				
DESCRIPCIÓN DE SONDEOS - PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL				
PROYECTO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE INGENIERIA VIAL DEL TRAMO SAN FRANCISCO - EL CARMEN		FECHA: 05/05/2019		COORDENADAS:
CARRETERA: SAN FRANCISCO EL CARMEN CAMINO DE TIERRA		PLANILLA N°: 05	POSICIÓN:	N POZO: 5
LUGAR: TARIJA - BOLIVIA				
DATOS DE CAMPO			PERFIL LITOLÓGICO DEL POZO	FOTOGRAFÍAS
Estrato N°:	1	2	Prof. (cm.)	N° Descripción
Profundidad (cm.)	15	150	0	Material húmedo..
Espesor (cm.)	15	135	5	Grava limosa
Capa	Cobertura Vegetal	()	10	media compacta
	Material granular seleccionada	()	15	de color marrón
	Empedrado	()	20	
	Empedrado y contrapiso	()	25	
	Pavimento	()	30	
	Otros materiales	()	35	
Contenido	Vegetal	()	40	
	Orgánico	()	45	
	Olor	()	50	
	Escombros v/o Rellenos	()	55	Material poco
Humedad	Poco húmedo	()	60	húmedo. - Limos
	Húmedo	(X)	65	inorgánicos y
	Muy húmedo	()	70	arenas muy
	Mojado	()	75	finas, polvo de
	Muy mojado	()	80	roca, arenas
Rocas	Tipo de Roca		85	finas arcillosas o
	Piedras (f Máximo cm.)		90	limos arcillosos
	Angular	()	100	con baja
	Sub. angular	()	105	plasticidad muy
	Sub. redondeada	()	110	compacta de
Redondeada	()	115	color marrón	
G = Gravas, S = Arenas, M = Limos, C = Arcillas				
Bastante > 50 %	G	M	120	
Abundante 35-50%	S		125	
Algo 20-35%	M		130	
Poco 10-20%			135	
Indicios 0-10%			140	
Grueso > 50%	(X)	()	145	
Fino > 50 %	()	(X)	150	
Suelos	Compacidad		155	
	Muy suelta	()	160	
	Suelta	()	165	
	Poco compacta	()	170	
	Media compacta	(X)	175	
	Muy compacta	()	180	
Color	MARRON	MARRON	185	
			190	
Clasificación	GM	ML	195	
DATOS DE LA VÍA		DATOS DE EXCAVACIÓN		
Pendiente transversal		Profundidad	1,50 m	
Lado derecho: (+) %		Lado	Izquierdo	
Lado izquierdo: (-) %		Nivel Freático		
Ancho de vía aproximado:	10,0 m	OBSERVACIONES		
Cunetas:	NO	LLUVIAS DURANTE LC		
		TRABAJOS		




CROQUIS SECCIÓN TRANSVERSAL



Fuente: Reporte de muestreo de suelos

Cuadro 3.6 Muestra

Nº	Prog.	Muestra
1	0+000	M1
2	0+500	M2
3	1+000	M3
4	1+500	M4
5	2+000	M5
6	2+500	M6
7	3+000	M7
8	3+500	M8
9	4+000	M9
10	4+500	M10
11	5+000	M11
12	5+500	M12

Cuadro 3.7 Clasificación de suelos

Nº	Prog.	Clasificación	
		AASHTO	S.U.C.S.
1	0+000	A-2-4(0)	SM
2	0+500	A-2-4(0)	SM
3	1+000	A-2-4(0)	SM
4	1+500	A-4(6)	CL
5	2+000	A-4(1)	SM
6	2+500	A-1-a(0)	GW
7	3+000	A-4(8)	CL
8	3+500	A-4(8)	ML
9	4+000	A-2-4(0)	GM
10	4+500	A-4(5)	CL
11	5+000	A-2-4(0)	GM
12	5+500	A-1-a(0)	GW

Cuadro 3.8

Resumen de control

Nº	Proyecto	Procedencia	Prog.	Destino	Granulometría (Porcentaje pasa Tamiz)										Límites Atterberg			Clasificación		
					2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200	LL	LP	IP	AASHTO	S.U.C.S.
1	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	0+000	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	95,13	90,95	77,03	46,05	32,17	23,74	34,84	29,02	5,8	A-2-4(0)	SM
2	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	0+500	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	93,45	84,71	77,06	53,03	35,28	23,57	8,63	34	27	7	A-2-4(0)	SM
3	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	1+000	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	98,55	97,32	91,34	73,62	49,04	34,70	27,86	34,9	29,1	6	A-2-4(0)	SM
4	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	1+500	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	86,82	63,50	31,58	25,56	6,02	A-4(6)	CL
5	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	2+000	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	92,49	73,72	27,98	23,1	4,9	A-4(8)	SM
6	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	2+500	Estudio	100,00	87,35	68,11	56,42	50,51	37,38	32,63	20,77	11,57	8,60	3,58	NP	NP	0	A-1-a(0)	GW
7	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	3+000	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	96,90	73,60	40,49	32,09	8	A-4(8)	CL
8	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	3+500	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	95,93	80,67	39,85	32,01	8	A-4(8)	ML
9	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	4+000	Estudio	100,00	100,00	97,20	81,62	78,66	68,85	54,57	36,30	20,98	17,20	15,05	38	31	7	A-2-4(0)	GM
10	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	4+500	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	75,57	55,63	33	26	7	A-4(4)	CL
11	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	5+000	Estudio	100,00	100,00	85,98	75,20	67,07	54,92	40,95	23,45	7,37	4,79	3,09	34	24	10	A-2-4(0)	GM
12	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	5+500	Estudio	100,00	100,00	93,96	87,92	84,62	77,17	67,38	46,59	30,46	21,50	8,80	NP	NP	0	A-1-a(0)	GW

Fuente: Estudio de suelos realizados en laboratorio

Cuadro 3.9 Estudio geotécnico

N°	Proyecto	Procedencia	Prog.	Destino	Granulometría													Límites Atterberg			Clasificación		Proctor		C.B.R.	
					(Porcentaje pasa Tamiz)													LL	LP	IP	AASHTO	S.U.C.S.	D _{max}	%H _{sp}	100%	95%
					2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200											
1	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	0+000	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	95,13	90,95	77,03	46,05	32,17	23,74	34,84	29,02	5,8	A-2-4(0)	SM	2,21	6,82	58,00	48		
2	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	0+500	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	93,45	84,71	77,06	53,03	35,28	23,57	8,63	34	27	7	A-2-4(0)	SM	2,21	6,82	58,00	48		
3	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	1+000	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	98,55	97,32	91,34	73,62	49,04	34,70	27,86	34,9	29,1	6	A-2-4(0)	SM	2,21	6,82	58,00	48		
4	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	1+500	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	86,82	63,50	31,58	25,56	6,02	A-4(6)	CL	1,95	12,35	23,00	15		
5	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	2+000	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	92,49	73,72	27,98	23,1	4,9	A-4(8)	SM	1,95	12,35	23,00	15		
6	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	2+500	Estudio	100,00	87,35	68,11	56,42	50,51	37,38	32,63	20,77	11,57	8,60	3,58	NP	NP	0	A-1-a(0)	GW	2,17	5,33	71,00	56		
7	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	3+000	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	96,90	73,60	40,49	32,09	8	A-4(8)	CL	1,95	12,35	23,00	15		
8	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	3+500	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	95,93	80,67	39,85	32,01	8	A-4(8)	ML	1,95	12,35	23,00	15		
9	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	4+000	Estudio	100,00	100,00	97,20	81,62	78,66	68,85	54,57	36,30	20,98	17,20	15,05	38	31	7	A-2-4(0)	GM	2,21	6,82	58,00	48		
10	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	4+500	Estudio	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	75,57	55,63	33	26	7	A-4(4)	CL	1,95	12,35	23,00	15		
11	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	5+000	Estudio	100,00	100,00	85,98	75,20	67,07	54,92	40,95	23,45	7,37	4,79	3,09	34	24	10	A-2-4(0)	GM	2,21	6,82	58,00	48		
12	SAN FRANCISCO EL CARMEN	SUB RASANTE	5+500	Estudio	100,00	100,00	93,96	87,92	84,62	77,17	67,38	46,59	30,46	21,50	8,80	NP	NP	0	A-1-a(0)	GW	2,17	5,33	71,00	56		

Fuente: Estudio de suelos realizados en laboratorio

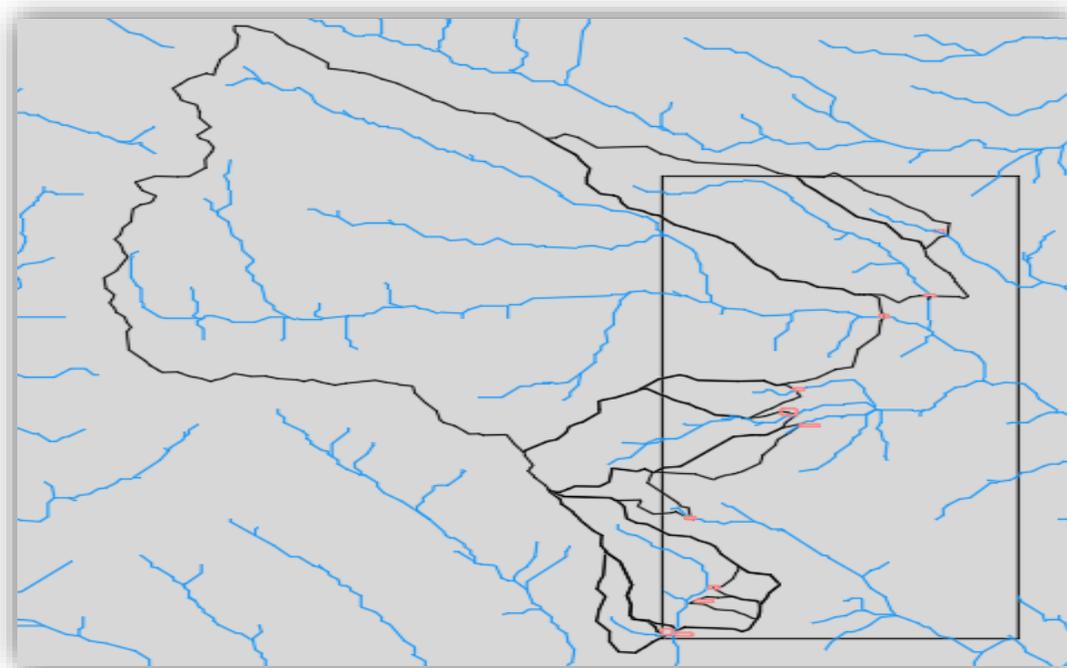
Nota: Todos los ensayos fueron realizados en el laboratorio de la U.J.M.S. con los equipos y materiales necesarios, sin ningún inconveniente ni observaciones de las muestras obtenidas. Como ya se ha mencionado en las

planillas de resultados, se observan tres tipos de suelos (A-2-4), (A-4), (A-1-a)

3.5 Hidrología e hidráulica.

3.5.1 Delimitación de la cuenca.

Imagen 3.4 Delimitación de la cuenca para el estudio hidrológico



Fuente: Estudio hidrológico

3.5.2 Tiempo de retorno.

Para la determinación de las lluvias máximas diarias se adoptaran los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100,500 y 1000 años.

Cuadro 3.10 Datos de altura de lluvias

Datos	Periodo de retorno	Altura de lluvia (mm)
Ed , Kd	10	83,448852
	25	100,67799
	50	113,71133
	100	126,74467

	500	157,00715
	1000	170,04049

Fuente: Estudio hidrológico

3.5.3 Procedimiento y cálculo correspondiente.

- **Valores ponderados:** Con los datos de pluviales, se realizó el cálculo estadístico, con los que se obtuvieron los valores ponderados Ed y Kd.
- **Lluvia máxima horaria:** La determinación de la altura de lluvia máxima horaria para un periodo de retorno T y tiempo de duración, se aplicó la ley Gumbel. Con los valores ponderados obtenidos anteriormente y con las características físicas de la micro cuenca se realizó el cálculo de la altura de lluvia máxima.
- **Curva de curvas precipitación - intensidad – frecuencia:**
De acuerdo a los datos obtenidos de altura de lluvia máxima y con los tiempos de retornos, se graficó la curva de curvas precipitación - intensidad – frecuencia.
- **Curvas de intensidades:** Para el cálculo de las curvas de Intensidades máximas para periodos de duración menores a 24 horas, se utilizó el método gráfico de lluvia menores a 2 horas con su respectivo tiempo de retorno.
- **Tiempo de concentración:** Para la determinación del tiempo de concentración de la cuenca se utilizaron características de la cuenca, área de la cuenca, longitud del río, cota mayor, cota menor y pendiente media del río principal.

Se adoptó como el tiempo de concentración de la cuenca el promedio de los distintos métodos.

- **Intensidad máxima:** Una vez calculado el tiempo de concentración ponderado y con los valores ya obtenidos anteriormente como la altura de lluvia y los distintos periodos de retornos, se calcularon las intensidades máximas.
- **Caudal máximo:** con la formula racional y los datos de la intensidad calculada anteriormente se procede al cálculo de los caudales máximos para distintos periodos de retornos.

Cuadro3.11. Caudales máximos

Perio de retorno	Caudal máximo								
T años	(m3/seg)								
10	0,319	3,082	24,618	0,286	1,018	0,159	0,160	1,413	0,247
25	0,359	3,489	27,899	0,322	1,145	0,179	0,179	1,595	0,278
50	0,376	3,729	29,957	0,333	1,183	0,182	0,184	1,685	0,289
100	0,399	3,998	32,192	0,352	1,248	0,190	0,193	1,797	0,306
500	0,452	4,615	37,312	0,395	1,398	0,210	0,214	2,052	0,345
1000	0,473	4,873	39,469	0,412	1,458	0,218	0,222	2,157	0,361

Fuente: Estudio hidrológico

- Para el cálculo de los caudales máximos, se analizaron todos los aportes que influían a el diseño, de los cuales se analizaron mediante micro

cuencas, de las cuales tuvimos nueve micro cuencas y cada una se realizó el cálculo correspondiente.

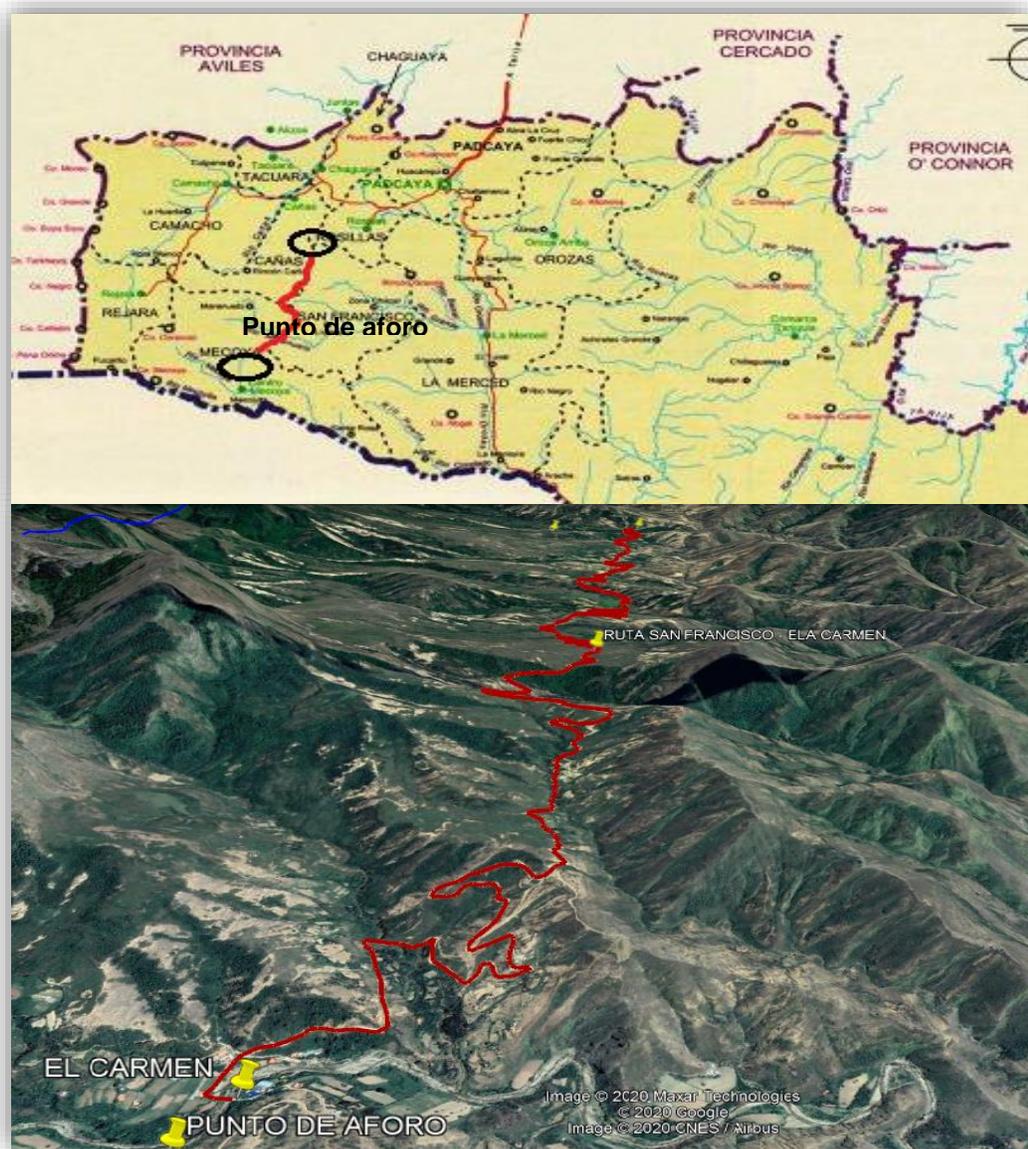
3.6 Aforamiento de tránsito.

3.6.1 Descripción y selección de los tramos.

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

Los puntos estratégicos para realizar el aforo de la carretera fueron: El Carmen y el otro San Francisco.

Imagen 3.5 Puntos de aforo para ambas direcciones



Fuente: Estudio aforo de tránsito

3.6.2 Trabajo de campo.

Cuadro 3.12 Aforo de volúmenes ambos sentidos

Proyecto : Planificación vial 2019
Aforo volumétricos clasificados

Estación: San Francisco
Sentido: Ambas direcciones

Ruta 62101 "CR. RT. 33 (San Francisco - El Carmen)"

Dia	Mes	Hora	Livianos				Buses			Camiones				Otros	Total
			Veh.Liv.	Camioneta	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 5 días		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	2
	6	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5
	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
	10	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	14	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	16	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4
	17	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	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			21	9	4	2	2	2	0	3	5	2	0	4	53

Fuente: Estudio aforo de tránsito

Cuadro 3.13 Encuestas origen y destino

Proyecto : Planificación vial

Viaje origen - Destino

Estación: San Francisco

Ruta: **62101 "CR. RT. F33 (San Francisco - El Carmen)"**

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

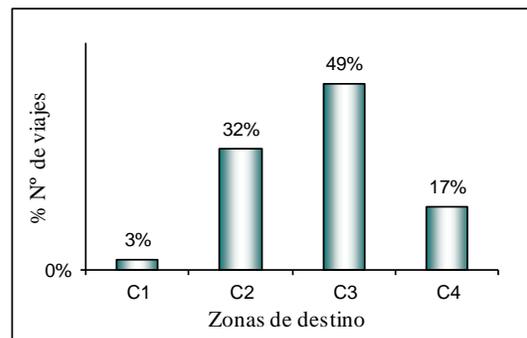
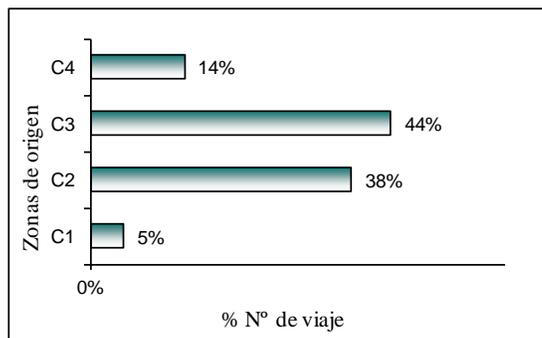
Area de influencia indirecta

No Zona	Centroide	Población
2	Padcaya	Abra la Cruz, Orozas, La Mamora, Bermejo
4	Tarija	La Pintada, El Valle, Huayllajara

62101 "CR. RT. F33 (San Francisco - El Carmen)"

Origen \ Destino	Destino				Total	%
	C1 El Carmen	C2 Padcaya	C3 San Francisco	C4 Tarija		
1 El Carmen	0	1	0	1	3	5%
2 Padcaya	1	0	19	0	20	38%
3 San Francisco	0	15	0	8	23	44%
4 Tarija	0	0	7	0	7	14%
Total general	1	17	26	9	53	100%
%	3%	32%	49%	17%	100%	

Viaje orijen - Destino totales

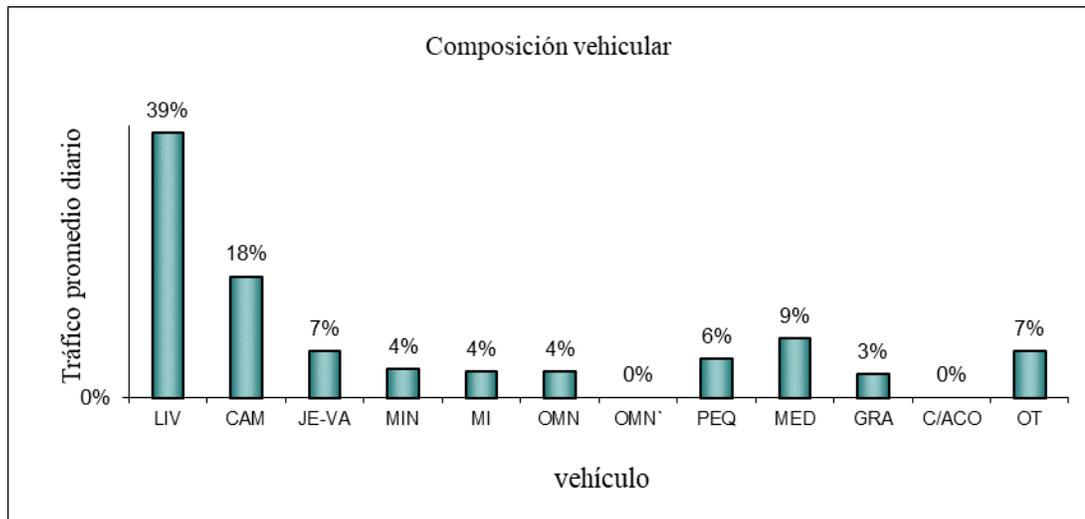


Fuente: Estudio aforo de tránsito

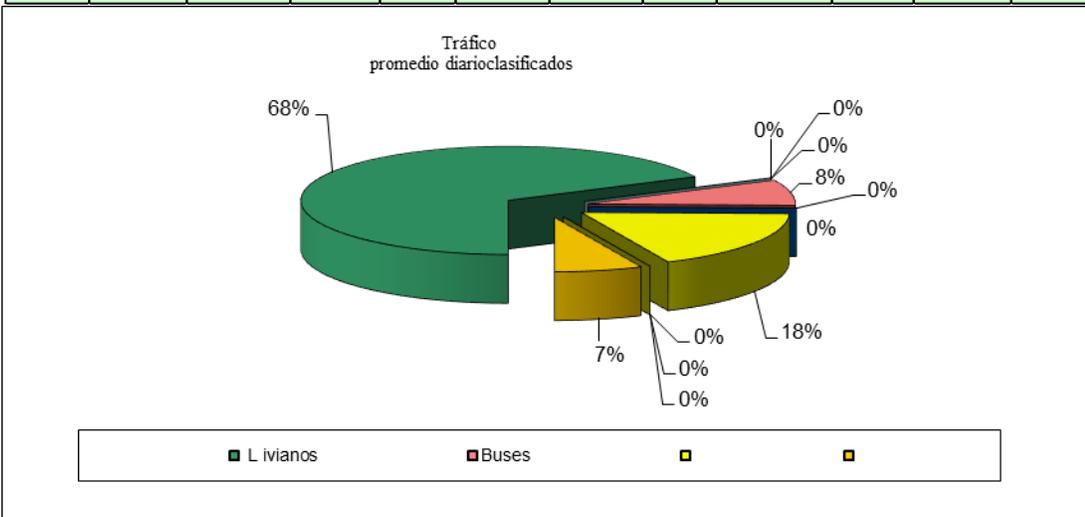
3.6.3 Demanda de tráfico.

Gráfico .1 Volúmenes clasificados

Proyecto : Planificación vial 2019
 Aforo volumétricos clasificados
 Estación: San Francisco
 Ruta: 62101 "CR. RT.F33 (San Francisco - El Carmen)"



L ivianos				Buses				Camiones				
Veh.Liv.	Camioneta	JEEP-Vag.	Minibus	Micro	Omnibus	Omnibus	Peq	Med	Grande	C/aco-	Otros	
				22 As.	23-35 As.	>= 36 As	< 6 T	6T a < 10 T	>= 10 T	Plado		



Fuente: Estudio aforo de tránsito

Cuadro 3.14 Tráfico generado y atraído

Años	Totales	Años	Totales	Totales	Años	Totales	Totales
2018	54	2018	57		2018	54	
2019	56	2019	59		2019	56	
2020	57	2020	61	15	2020	57	3
2021	58	2021	62	16	2021	58	3
2022	60	2022	64	16	2022	60	3
2023	61	2023	66	17	2023	61	3
2024	63	2024	68	17	2024	63	3
2025	64	2025	69	17	2025	64	3
2026	66	2026	71	18	2026	66	3
2027	69	2027	73	18	2027	69	3
2028	71	2028	75	19	2028	71	4
2029	72	2029	77	19	2029	72	4
2030	74	2030	79	20	2030	74	4
2031	76	2031	82	21	2031	76	4
2032	78	2032	84	21	2032	78	4
2033	81	2033	86	22	2033	81	4
2034	83	2034	88	22	2034	83	4
2035	85	2035	91	23	2035	85	4
2036	87	2036	93	23	2036	87	4
2037	90	2037	96	24	2037	90	4
Total	1296	Total	1501	346	Total	1296	65

Fuente: Estudio aforo de tránsito

3.6.4 Procedimiento.

- Primero se realizó el aforo en los puntos estratégicos marcados en la imagen 3.6.1, fueron puestos en San Francisco y el otro en El Carmen, se aforó un promedio de 5 días hábiles, se debe controlar la hora el modelo y el tipo de vehículo que pase por nuestro punto de aforo.
- El tráfico promedio hora debe hacerse en ambos sentidos en los puntos de aforo, durante las 24 horas durante los 5 días hábiles.

El cálculo de volumen clasificado se tomó según el tipo de vehículos, desde livianos hasta pesados; los resultados estadísticos se muestran en la gráfica 3.1

CAPÍTULO IV DISEÑO Y ANÁLISIS

4.1 Diseño en tráfico.

4.1.1 Planillas de datos aforados.

Cuadro 4.1 Aforo volumétrico sentido 1

Proyecto : Planificación vial 2019
Aforo volumétricos clasificados

Estación: San Francisco

Sentido: Sentido 1

Ruta 62101 "CR. RT. 33 (San Francisco - El Carmen)"

Dia	Mes	Hora	Livianos				Buses			Camiones				Otros	Total
			Veh.Liv.	Camioneta	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 5 días		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	1
	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	10	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	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	2
	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			11	4	1	1	1	1	0	2	2	1	0	2	27

Fuente: Estudio aforo de tránsito

Cuadro 4.2 Aforo volumétrico sentido 2

Proyecto : Planificación vial 2019
Aforo volumétricos clasificados

Estación: San Francisco

Sentido: Sentido 2

Ruta 62101 "CR. RT. 33 (San Francisco - El Carmen)"

Dia	Mes	Hora	Livianos				Buses			Camiones				Otros	Total
			Veh.Liv.	Camioneta	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 5 días		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	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
		7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		11	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
		12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		17	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		19	0	0	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
		21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		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			10	5	2	1	1	1	0	1	2	1	0	1	26

Fuente: Estudio aforo de tránsito

Cuadro 4.3 Aforo volumétrico ambas direcciones

Proyecto : Planificación vial 2019
Aforo volumétricos clasificados

Estación: San Francisco

Sentido: Ambas direcciones

Ruta 62101 "CR. RT. 33 (San Francisco - El Carmen)"

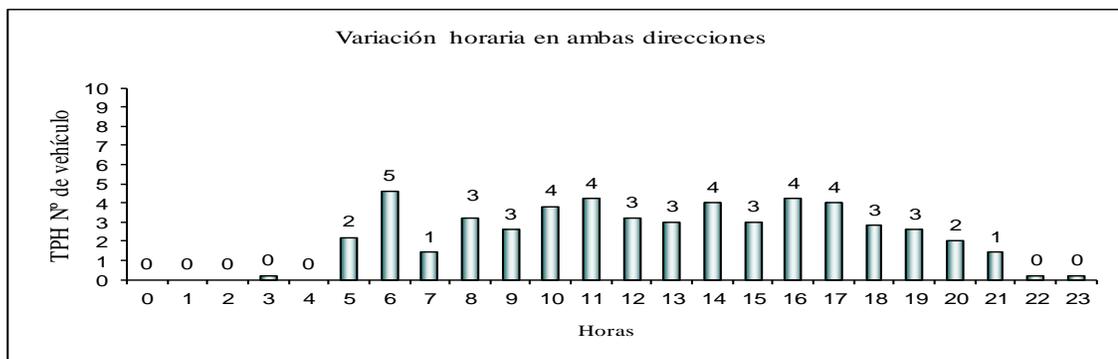
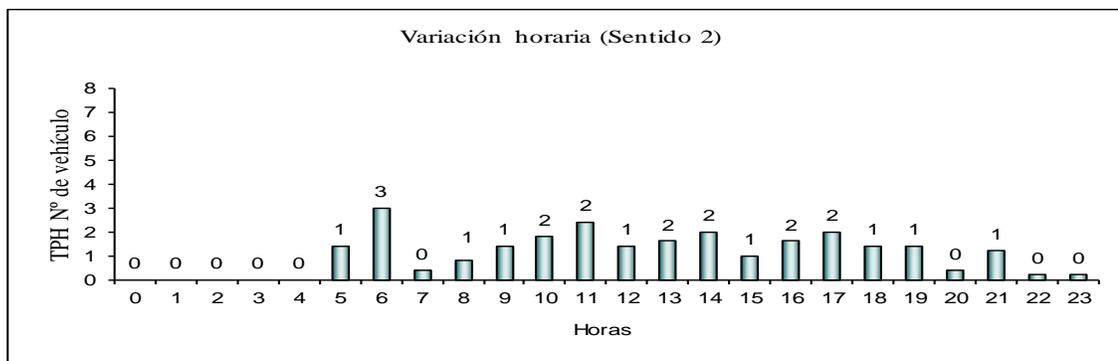
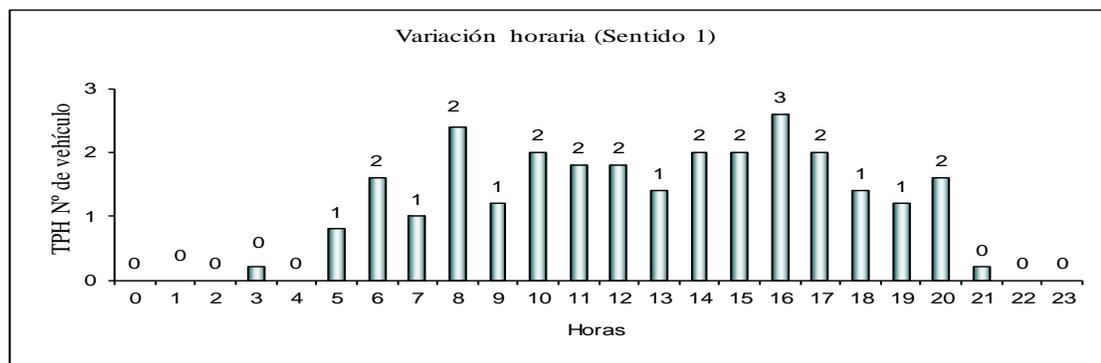
Dia	Mes	Hora	Livianos				Buses			Camiones				Otros	Total
			Veh.Liv.	Camioneta	JEEP-Vag.	Minibus	Micro 22 As.	Omnibus 23-35 As.	Omnibus >= 36 As.	Peq < 6 T	Med 6T a < 10 T	Grande >= 10 T	C/aco- Plado		
Promedio 5 días		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	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	2
		6	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5
		7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
		9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
		10	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
		11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
		12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		14	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
		15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		16	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4
		17	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
		18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		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		21	9	4	2	2	2	0	3	5	2	0	4	53

Fuente: Estudio aforo de tránsito

4.1.2 Desarrollo de la estadística en los datos levantados.

Cuadro 4.4 Estadístico de aforo volumétrico

Proyecto : Planificación vial 2019
 Aforo volumétricos clasificados
 Estación: San Francisco
 Ruta: **62101 "CR. RT.F33 (San Francisco - El Carmen)"**

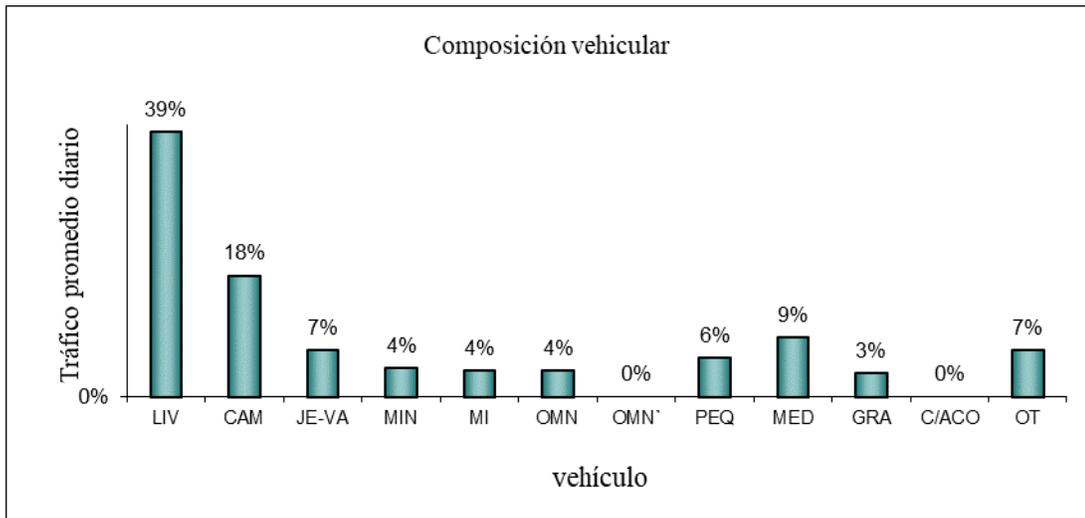


Fuente: Estudio aforo de tránsito

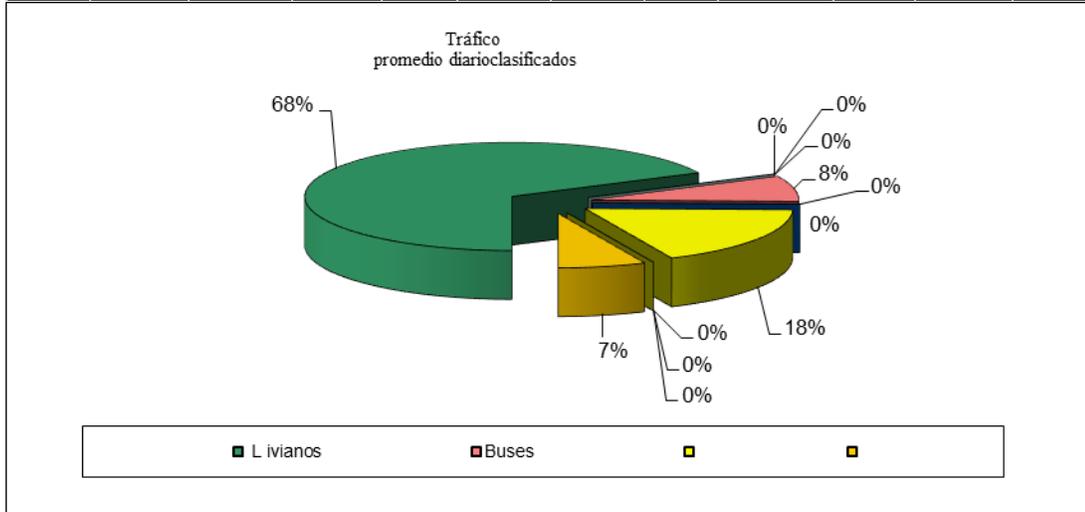
Cuadro 4.5 Estadístico de aforo volumétrico

Volúmenes clasificados

Proyecto : Planificación vial 2019
 Aforo volumétricos clasificados
 Estación: San Francisco
 Ruta: **62101 "CR. RT.F33 (San Francisco - EL Carmen)"**



L ivianos			Buses			Camiones					
Veh.Liv.	Camioneta	JEEP-Vag.	Minibus	Micro	Omnibus	Omnibus	Peq	Med	Grande	C/aco-	Otros
				22 As.	23-35 As.	>= 36 As.	< 6 T	6T a < 10 T	>= 10 T	Plado	



Fuente: Estudio aforo de tránsito

4.1.3 Estadística descriptiva.

Cuadro 4.6 Tasa de crecimiento

Tarija	Índice de crecimiento
Poblacional	1,13
Parque automotor	5,00
Vehicular Uriondo	2,12
Promedio	2,75

Determinación del tráfico promedio diario anual (TPDA)

$$TPD_{1,5} = TPD_0 * \left(1 + \frac{i}{100}\right)^n$$

Donde:

Va = Volumen actual de vehiculos
 n = 20 [años] Periodo de Diseño
 i = 2,75 [%] Índice de crecimiento

Cuadro 4.7 Tráfico normal

Tipos de Vehículos	1	2	3	4	5	6	Totales
	Livianos	MicroBuses	Buses	Camión Med.	Camión Gran.	Otros	
2018	34	2	4	8	2	4	54
2019	35	2	4	8	2	5	56
2020	36	2	4	8	2	4	57
2021	37	2	4	9	2	4	58
2022	38	2	4	9	2	4	60
2023	39	2	5	9	2	4	61
2024	40	2	5	9	2	4	63
2025	41	2	5	10	2	4	64
2026	42	2	5	10	2	4	66
2027	43	3	5	10	3	5	69
2028	45	3	5	10	3	5	71
2029	46	3	5	11	3	5	72
2030	47	3	6	11	3	5	74
2031	48	3	6	11	3	5	76
2032	50	3	6	12	3	5	78
2033	51	3	6	12	3	6	81
2034	52	3	6	12	3	6	83
2035	54	3	6	13	3	6	85
2036	55	3	7	13	3	6	87
2037	57	3	7	13	3	6	90
TOTAL	822	48	97	96	48	88	1199
%	68,55	4,03	8,06	7,98	4,03	7,34	100

Fuente: Estudio aforo de tránsito

Cuadro 4.8 Trafico normal, atraído y generado

Años	Totales	Años	Totales	Totales	Años	Totales	Totales
2018	54	2018	57		2018	54	
2019	56	2019	59		2019	56	
2020	57	2020	61	15	2020	57	3
2021	58	2021	62	16	2021	58	3
2022	60	2022	64	16	2022	60	3
2023	61	2023	66	17	2023	61	3
2024	63	2024	68	17	2024	63	3
2025	64	2025	69	17	2025	64	3
2026	66	2026	71	18	2026	66	3
2027	69	2027	73	18	2027	69	3
2028	71	2028	75	19	2028	71	4
2029	72	2029	77	19	2029	72	4
2030	74	2030	79	20	2030	74	4
2031	76	2031	82	21	2031	76	4
2032	78	2032	84	21	2032	78	4
2033	81	2033	86	22	2033	81	4
2034	83	2034	88	22	2034	83	4
2035	85	2035	91	23	2035	85	4
2036	87	2036	93	23	2036	87	4
2037	90	2037	96	24	2037	90	4
Total	1296	Total	1501	346	Total	1296	65

Fuente: Estudio aforo de tránsito

Cuadro 4.9 Proyección total del TPDA

Años	Normal	Desviado	Generado	Total
2018	54			54
2019	56			56
2020	57	15	3	75
2021	58	16	3	77
2022	60	16	3	79
2023	61	17	3	81
2024	63	17	3	83
2025	64	17	3	85
2026	66	18	3	87
2027	69	18	3	91
2028	71	19	4	93
2029	72	19	4	95
2030	74	20	4	98
2031	76	21	4	100
2032	78	21	4	103
2033	81	22	4	107
2034	83	22	4	109
2035	85	23	4	112
2036	87	23	4	115
2037	90	24	4	118
Total	1296	346	65	1708
Diseño 20 Años		Total		1708

Fuente: Estudio aforo de tránsito

Determinación del tránsito promedio diario anual (TPDA)

Dónde :

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

Va = Volumen actual de vehículos

n = 20 (años) Periodo de diseño

i = Índice de crecimiento para cada tipo de vehículos

i1 = 2,5 (%) Índice de crecimiento para autos livianos

4.10 Cuadro cálculo (TPDA)

Tipos de Vehículos	1	2	3	4	5	6	Totales
	Livianos	MicroBuses	Buses	Camión Med.	Camión Gran.	Otros	
2018	34	2	4	8	2	4	54
2019	35	2	4	8	2	5	56
2020	36	2	4	8	2	4	57
2021	37	2	4	9	2	4	58
2022	38	2	4	9	2	4	60
2023	39	2	5	9	2	4	61
2024	40	2	5	9	2	4	63
2025	41	2	5	10	2	4	64
2026	42	2	5	10	2	4	66
2027	43	3	5	10	3	5	69
2028	45	3	5	10	3	5	71
2029	46	3	5	11	3	5	72
2030	47	3	6	11	3	5	74
2031	48	3	6	11	3	5	76
2032	50	3	6	12	3	5	78
2033	51	3	6	12	3	6	81
2034	52	3	6	12	3	6	83
2035	54	3	6	13	3	6	85
2036	55	3	7	13	3	6	87
2037	57	3	7	13	3	6	90
TOTAL	822	48	97	96	48	88	1199
%	68,55	4,03	8,06	7,98	4,03	7,34	100

Determinación del factor equivalente vehículos ponderado

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

Dónde :

FCE = Factor de carga equivalente

SN = 3,0 Número estructural (asumido)

Pt = 2,5 Servicialbilidad final

Lx = Carga eje simple, tándem o tridem [Kips]

L2 = Código de eje

L2 = 1 Eje simple

L2 = 2 Eje tándem

L2 = 3 Eje taridem

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

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

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

4.11 Cuadro cálculo (TPDA)

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							
Eje Delantero (kips) (Lx)	1,32				5,5				8,8				11				13,2							
Eje Trasero (ton)	0,6				4				9				9				17							
Eje Trasero (kips) (Lx)	1,32				8,8				19,8				19,8				37,4							
Eje Delantero Remolque (ton)	0				0				0				0				25							
Eje Delantero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0				0				55							
Eje Trasero Remolque (ton)	0				0				0				0				0							
Eje Trasero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0				0				0							
F. E. Eje Delantero (*)	0,0000916				0,0119				0,0729				0,1668				0,3225							
F. E. Eje Trasero (*)	0,0001				0,0729				1,4378				1,4378				1,5888							
F. E. Eje Delantero Remolque (*)	0,0000				0,0000				0,0000				0,0000				0,0000							
F. E. Eje Trasero Remolque (*)	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							
Eje Delantero (ton)	0,6				2				2				2				3							
Eje Delantero (kips) (Lx)	1,32				4,4				4,4				4,4				6,6							
Eje Trasero (ton)	0,6				2				4				5				6							
Eje Trasero (kips) (Lx)	1,32				4,4				8,8				11				13,2							
Eje Delantero Remolque (ton)	0				0				0				0				25							
Eje Delantero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0				0				55							
Eje Trasero Remolque (ton)	0				0				0				0				0							
Eje Trasero Remolque (kips) (Lx)	0				0				0				0				0							
F. E. Eje Delantero (*)	0,0001				0,0051				0,0051				0,0051				0,0242							
F. E. Eje Trasero (*)	0,0001				0,0051				0,0729				0,1668				0,0332							
F. E. Eje Delantero Remolque (*)	0,0000				0,0000				0,0000				0,0000				0,0000							
F. E. Eje Trasero Remolque (*)	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							
Factor Equivalente Ponderado (II)	0,00018				0,06613				1,15250				1,24646				1,44785							

Notas: - Se ha considerado un 75 % de vehículos cargados y el otro 25 % descargados

Determinación de ejes equivalentes

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

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.

4.1.4 Diseño estructural.

4.12 Cuadro cálculo (TPDA)

Composición de Tráfico Vehicular	1	2	3	4	5	6	TOTAL
Tipos de Vehículos	Livianos	Utilitarios	Buses	Camión Med.	Camión Gran.	Articulado	--
Factores Equivalentes Vehiculares	0,0002	0,0661	1,1525	1,2465	1,4479	3,5158	--
Total Vehículos (365*1)	452.355	26.673	53.244	106.488	26.622	50.432	665.382
Ejes Acumulados	81	1764	61363	132733	38545	177308	411.794

Tráfico en el carril de diseño (ESALS): **411,794**

Fuente: Diseño estructural

Diseño pavimentos método AASTHO - 93

Tráfico en el carril de diseño (ESALS): **411,794**

Ecuación fundamental del método AASHTO

El modelo básico del método AASHTO, se resume en la siguiente ecuación:

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

Dónde:

- $W_{18} =$ 411794 N. de eje equivalentes a 18000 lb, durante el periodo de vida útil.
 $R =$ 80 Nivel de confiabilidad
 $Z_r =$ -0,84 Desviación normal standard para el grado de confiabilidad R elegido.
 $S_o =$ 0,45 Error standard combinado de las predicciones de tránsito
 $P_t =$ 2,0 Serviciabilidad final
 $\Delta PSI =$ 2,2 Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial y final.
 $M_r =$ 12243.01 [PSI] Módulo resiliente de la subrasante.
 $CBR_{s-r} =$ 15,00 % Valor de soporte California (subrasante)

Rango de % de CBR	Ecuación de correlación PAS
CBR ≤ 7.2	MR = 875,15 * CBR + 1.386,79
7.2 > CBR ≤ 20	MR = 1.941,54 * (CBR) ^{0,88}
CBR > 20	MR = 11.253,50 * ln CBR - 18.667,20

[PSI] Fórmula empírica según AASTHO

SN = 2,28 [pulg] Número estructural de la capa de rodadura

SN = 58,00 [mm] Número estructural de la capa de rodadura

Espesores del paquete estructural

Pavimento flexible

Dónde:

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

a1 = 0,44 Coeficiente estructural capa rodadura (Pav. Flexible)

a2 = 0,131 Coeficiente estructural de capa base

a3 = 0,100 Coeficiente estructural de capa sub base

m2 = 1,00 Coeficiente de drenaje de la capa base

m3 = 1,00 Coeficiente de drenaje de la capa sub base

hi = Espesores del paquete estructural

h1 = 140 [mm] Espesor de la capa base

h2 = 70 [mm] Espesor de carpeta de rodadura adoptada

Remplazando en la fórmula se obtiene los espesores mínimos:

h1 = 70,00 [mm] Carpeta de rodadura

h1 = 100,0 [mm] Capa base

h1 = 150,0 [mm] Capa sub base CBR diseño de 15%

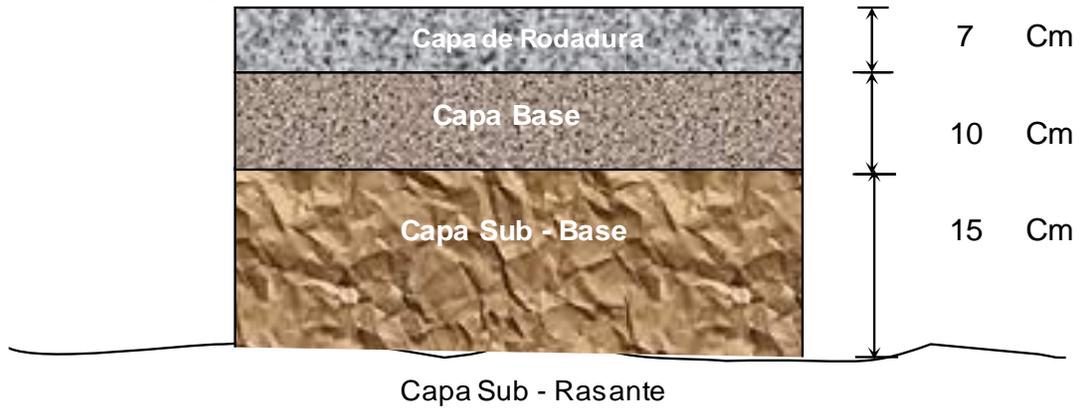
Espesores adoptados:

h1 = 7,00 [cm] Carpeta de rodadura

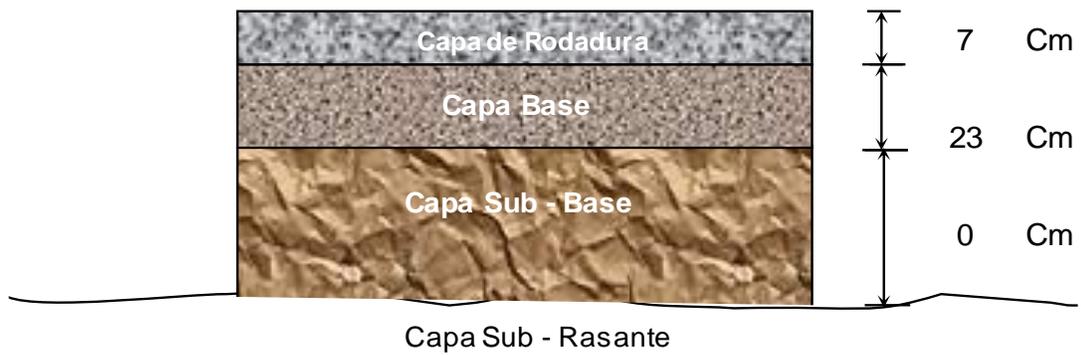
h1 = 10,00 [cm] Capa base

h1 = 15,00 [cm] Capa sub base [mínimo para capa sub base]

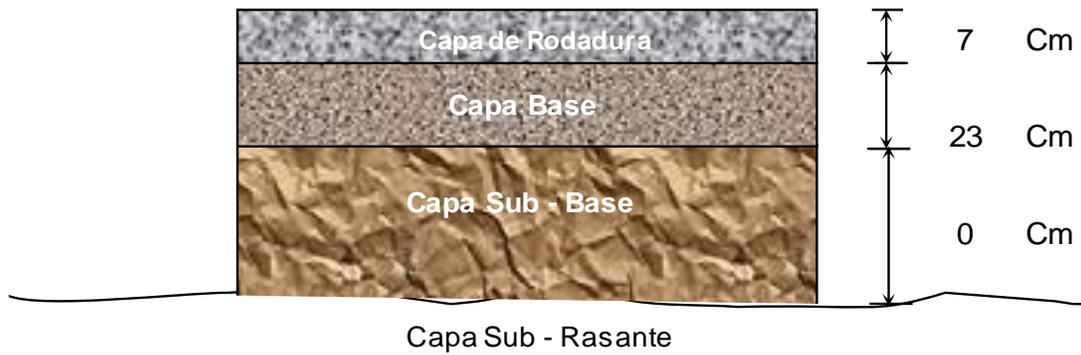
Para 15% de CBR



Para 48% CBR



Para 56% CBR



4.1.5 Comparación económica de alternativas para el paquete estructural. -

Alternativa 1: tratamiento superficial triple + pavimento flexible	
Modulo	Costo
1.-Trabajos previos y complementarios	124.358,38
2.-Movimiento de tierras	11.439.613,15
3.-Conformacion paquete estructural	1.753.368,93
4.-Señalización	53.053,89
5.-Obras de arte	1.508.672,96
TOTAL.-	14.879.067,31

Alternativa 2 : pavimento flexible	
Modulo	Costo
1.-Trabajos previos y complementarios	124.358,38
2.-Movimiento de tierras	11.439.613,15
3.-Conformacion paquete estructural	2.668.547,49
4.-Señalización	53.053,89
5.-Obras de arte	1.508.672,96
TOTAL.-	15.794.245,87

Alternativa 3: pavimento flexible + pavimento rígido	
Modulo	Costo
1.-Trabajos previos y complementarios	124.358,38
2.-Movimiento de tierras	11.439.613,15
3.-Conformacion paquete estructural	2.619,235,50
4.-Señalización	53.053,89
5.-Obras de arte	1.508.672,96
TOTAL.-	15.729.140,38

Como se puede apreciar la alternativa 1 aplicando el tratamiento superficial triple en las progresivas donde nuestro CBR es de mayor valor (48% y 56%), y aplicando pavimento flexible en las progresivas donde nuestro CBR es de menor valor (15%), los costos son menores a comparación de las alternativas 2 y la alternativa 3.

Las ventajas sería: aprovechar los valores de CBR de mayor valor, menor presupuestos al seleccionar la alternativa 1.

4.2 Diseño.

4.2.1 Análisis y elección de alternativas.

El análisis y elección de alternativas consiste en escoger el trazo preliminar más adecuado, manejando mapas o planos levantados. En este caso, se utilizaron imágenes satelitales de (Google Earth) y sobre el cual se superpusieron los trazos de alternativas que se realizaron en el programa Auto CAD civil, el modelo de superficie realizado a partir del levantamiento topográfico. Se realizaron tres trazados preliminares para así obtener los planos sobre los cuales se puedan comparar y escoger el más conveniente.

Cuadro 4.13 Alternativas de diseño



Ventajas alternativa 1	Ventajas alternativa 2	Ventajas alternativa 3
Longitud 6,8 km	Longitud 6,5 km	Longitud 6,05 km
Pendiente máx. 10,5%	Pendiente máx. 10%	Pendiente máx. 11%
cumple con los parámetros de diseño, en radios mínimos	cumple con los parámetros de diseño, en radios mínimos	cumple con los parámetros de diseño, en radios mínimos
el movimientos de suelos es inminente por las topografía montañosa y las pendientes fuertes	el movimientos de suelos es inminente por las topografía montañosa y las pendientes fuertes	el movimientos de suelos es inminente por las topografía montañosa y las pendientes fuertes
se ubicaran buzones de excedencias a distancias cortas y que no afecten al medio ambiente	se ubicaran buzones de excedencias a distancias cortas y que no afecten al medio ambiente	se ubicaran buzones de excedencias a distancias cortas y que no afecten al medio ambiente
se diseñaran estructuras hidráulicas, como obras de arte tipo cajón, alcantarillas y cunetas, para remplazar los badenes y cunetas de tierra	se diseñaran estructuras hidráulicas, como obras de arte tipo cajón, alcantarillas y cunetas, para remplazar los badenes y cunetas de tierra	se diseñaran estructuras hidráulicas, como obras de arte tipo cajón, alcantarillas y cunetas, para remplazar los badenes y cunetas de tierra
Desventajas de alternativa 1	Desventajas de alternativa 2	Desventajas de alternativa 3
distancia más larga	distancia más larga	pendiente máx. 11 % es mayor a las anteriores

el trazo de la alternativa 1 requiere la construcción de una estructura mayor(puente)	el trazo de la alternativa 2 requiere la construcción de una estructura mayor(puente)	
		requiere mayor buzones de excedentes

4.2.2 Criterios para diseño en planta.

- **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.

Tabla 4.1. Elementos de curvas horizontales

<u>Tangent data</u>			
Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+00.000	7566126,227	312391,717
End:	0+37.261	7566099,314	312365,947
<u>Tangent Data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	37,261	Course:	S 43° 45' 24.1698" W
<u>Curve Point data</u>			
Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+37.261	7566099,314	312365,947

RP:		7566075,108	312391,227
PT:	0+54.749	7566084,242	312357,44
<u>Circular Curve data</u>			
Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	28° 37' 41.9710"	Type:	LEFT
Radius:	35		
Length:	17,488	Tangent:	8,931
Mid-Ord:	1,087	External:	1,121
Chord:	17,307	Course:	S 29° 26' 33.1843" W

Fuente: Cálculo de curvas horizontales

- **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.

Tabla 4.2. Elementos de curvas verticales

Station Range: Start: 0+000.00, End: 6+052.26			
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+540.00	Elevation:	2,316.734m
PVI Station:	0+615.00	Elevation:	2,324.234m
PVT Station:	0+690.00	Elevation:	2,323.859m
High Point:	0+682.86	Elevation:	2,323.877m
Grade in:	10,00%	Grade out:	-0,50%
Change:	10,50%	K:	14.286m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	1,428.571m
Passing Distance:	222.273m	Stopping Distance:	137.796m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+830.00	Elevation:	2,323.159m
PVI Station:	0+880.00	Elevation:	2,322.909m
PVT Station:	0+930.00	Elevation:	2,326.486m
Low Point:	0+836.53	Elevation:	2,323.143m

Grade in:	-0,50%	Grade out:	7,15%
Change:	7,65%	K:	13.068m
Curve Length:	100.000m	Curve Radius	1,306.810m
Headlight Distance:	98.623m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	1+065.00	Elevation:	2,336.141m
PVI Station:	1+140.00	Elevation:	2,341.505m
PVT Station:	1+215.00	Elevation:	2,334.635m
High Point:	1+130.77	Elevation:	2,338.493m
Grade in:	7,15%	Grade out:	-9,16%
Change:	16,31%	K:	9.195m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	919.534m
Passing Distance:	169.796m	Stopping Distance:	110.553m
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	1+670.00	Elevation:	2,292.955m
PVI Station:	1+720.00	Elevation:	2,288.375m
PVT Station:	1+770.00	Elevation:	2,283.125m
High Point:	1+670.00	Elevation:	2,292.955m
Grade in:	-9,16%	Grade out:	-10,50%
Change:	1,34%	K:	74.649m
Curve Length:	100.000m	Curve Radius	7,464.858m
Passing Distance:	1,204.338m	Stopping Distance:	546.096m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	1+820.00	Elevation:	2,277.875m
PVI Station:	1+895.00	Elevation:	2,270.000m
PVT Station:	1+970.00	Elevation:	2,273.913m
Low Point:	1+920.21	Elevation:	2,272.614m
Grade in:	-10,50%	Grade out:	5,22%
Change:	15,72%	K:	9.544m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	954.357m
Headlight Distance:	80.650m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	2+215.00	Elevation:	2,286.696m
PVI Station:	2+240.00	Elevation:	2,288.000m
PVT Station:	2+265.00	Elevation:	2,286.125m
High Point:	2+235.51	Elevation:	2,287.231m
Grade in:	5,22%	Grade out:	-7,50%
Change:	12,72%	K:	3.932m
Curve Length:	50.000m	Curve Radius	393.162m

Passing Distance:	146.594m	Stopping Distance:	77.257m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	2+295.00	Elevation:	2,283.875m
PVI Station:	2+320.00	Elevation:	2,282.000m
PVT Station:	2+345.00	Elevation:	2,282.000m
Low Point:	2+345.00	Elevation:	2,282.000m
Grade in:	-7,50%	Grade out:	0,00%
Change:	7,50%	K:	6.667m
Curve Length:	50.000m	Curve Radius	666.667m
Headlight Distance:	67.339m		
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	2+433.99	Elevation:	2,282.000m
PVI Station:	2+458.99	Elevation:	2,282.000m
PVT Station:	2+483.99	Elevation:	2,284.241m
Low Point:	2+433.99	Elevation:	2,282.000m
Grade in:	0,00%	Grade out:	8,97%
Change:	8,97%	K:	5.577m
Curve Length:	50.000m	Curve Radius	557.721m
Headlight Distance:	58.747m		
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	2+670.00	Elevation:	2,300.917m
PVI Station:	2+720.00	Elevation:	2,305.400m
PVT Station:	2+770.00	Elevation:	2,311.480m
Low Point:	2+670.00	Elevation:	2,300.917m
Grade in:	8,97%	Grade out:	12,16%
Change:	3,19%	K:	31.300m
Curve Length:	100.000m	Curve Radius	3,129.959m
Headlight Distance:	248.200m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	3+030.00	Elevation:	2,343.096m
PVI Station:	3+080.00	Elevation:	2,349.176m
PVT Station:	3+130.00	Elevation:	2,353.426m
High Point:	3+130.00	Elevation:	2,353.426m
Grade in:	12,16%	Grade out:	8,50%
Change:	3,66%	K:	27.322m
Curve Length:	100.000m	Curve Radius	2,732.247m
Passing Distance:	472.504m	Stopping Distance:	231.578m
Vertical Curve Information:(crest curve)			

PVC Station:	3+624.58	Elevation:	2,395.465m
PVI Station:	3+699.58	Elevation:	2,401.840m
PVT Station:	3+774.58	Elevation:	2,404.278m
High Point:	3+774.58	Elevation:	2,404.278m
Grade in:	8,50%	Grade out:	3,25%
Change:	5,25%	K:	28.571m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	2,857.143m
Passing Distance:	369.545m	Stopping Distance:	201.586m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	4+064.55	Elevation:	2,413.702m
PVI Station:	4+139.55	Elevation:	2,416.139m
PVT Station:	4+214.55	Elevation:	2,422.608m
Low Point:	4+064.55	Elevation:	2,413.702m
Grade in:	3,25%	Grade out:	8,63%
Change:	5,38%	K:	27.905m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	2,790.478m
Headlight Distance:	166.163m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	4+470.00	Elevation:	2,444.642m
PVI Station:	4+520.00	Elevation:	2,448.955m
PVT Station:	4+570.00	Elevation:	2,451.955m
High Point:	4+570.00	Elevation:	2,451.955m
Grade in:	8,63%	Grade out:	6,00%
Change:	2,63%	K:	38.089m
Curve Length:	100.000m	Curve Radius	3,808.911m
Passing Distance:	638.996m	Stopping Distance:	303.131m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	4+775.00	Elevation:	2,464.255m
PVI Station:	4+850.00	Elevation:	2,468.755m
PVT Station:	4+925.00	Elevation:	2,475.004m
Low Point:	4+775.00	Elevation:	2,464.255m
Grade in:	6,00%	Grade out:	8,33%
Change:	2,33%	K:	64.314m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	6,431.356m
Headlight Distance:	638.912m		
Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	5+265.12	Elevation:	2,503.344m
PVI Station:	5+340.12	Elevation:	2,509.593m
PVT Station:	5+415.12	Elevation:	2,502.093m

High Point:	5+333.29	Elevation:	2,506.184m
Grade in:	8,33%	Grade out:	-10,00%
Change:	18,33%	K:	8.182m
Curve Length:	150.000m	Curve Radius	818.227m
Passing Distance:	159.352m	Stopping Distance:	104.285m
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	5+611.38	Elevation:	2,482.466m
PVI Station:	5+661.38	Elevation:	2,477.466m
PVT Station:	5+711.38	Elevation:	2,476.591m
Low Point:	5+711.38	Elevation:	2,476.591m
Grade in:	-10,00%	Grade out:	-1,75%
Change:	8,25%	K:	12.123m
Curve Length:	100.000m	Curve Radius	1,212.322m
Headlight Distance:	93.942m		
Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	5+830.00	Elevation:	2,474.513m
PVI Station:	5+880.00	Elevation:	2,473.637m
PVT Station:	5+930.00	Elevation:	2,475.199m
Low Point:	5+865.93	Elevation:	2,474.199m
Grade in:	-1,75%	Grade out:	3,12%
Change:	4,87%	K:	20.513m
Curve Length:	100.000m	Curve Radius	2,051.317m
Headlight Distance:	141.799m		

Fuente: Cálculo de curvas horizontales

4.2.3 Diseño de perfil.

- 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.

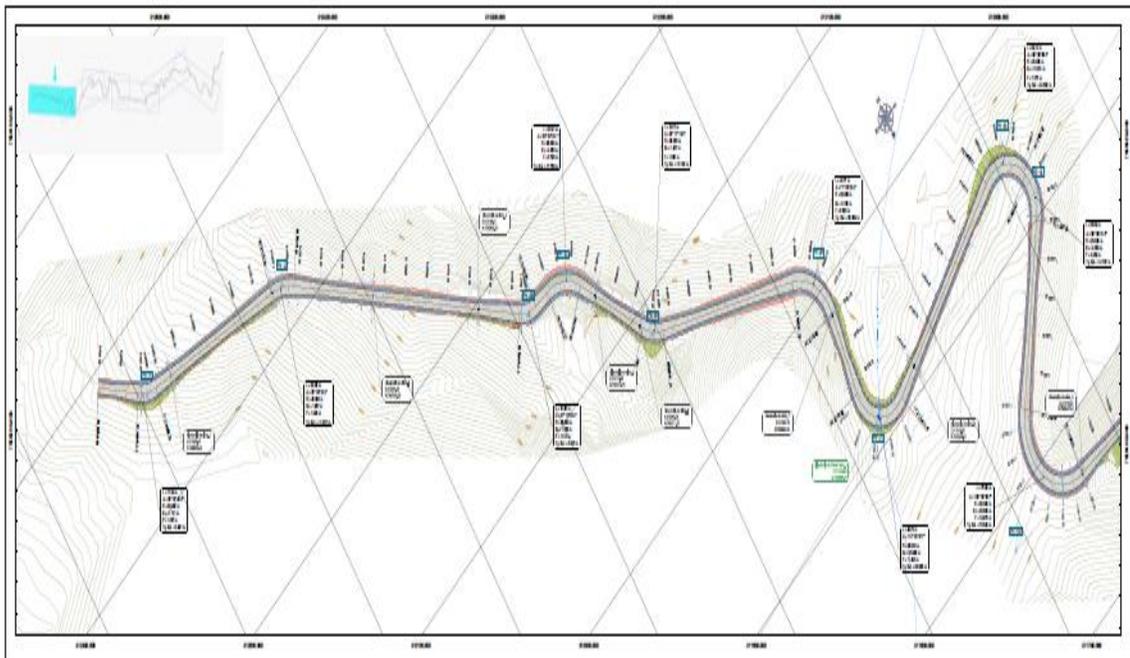
Un perfil de proyecto es una descripción simplificada de un proyecto.

Además de definir el propósito y la pertenencia del proyecto, presenta un

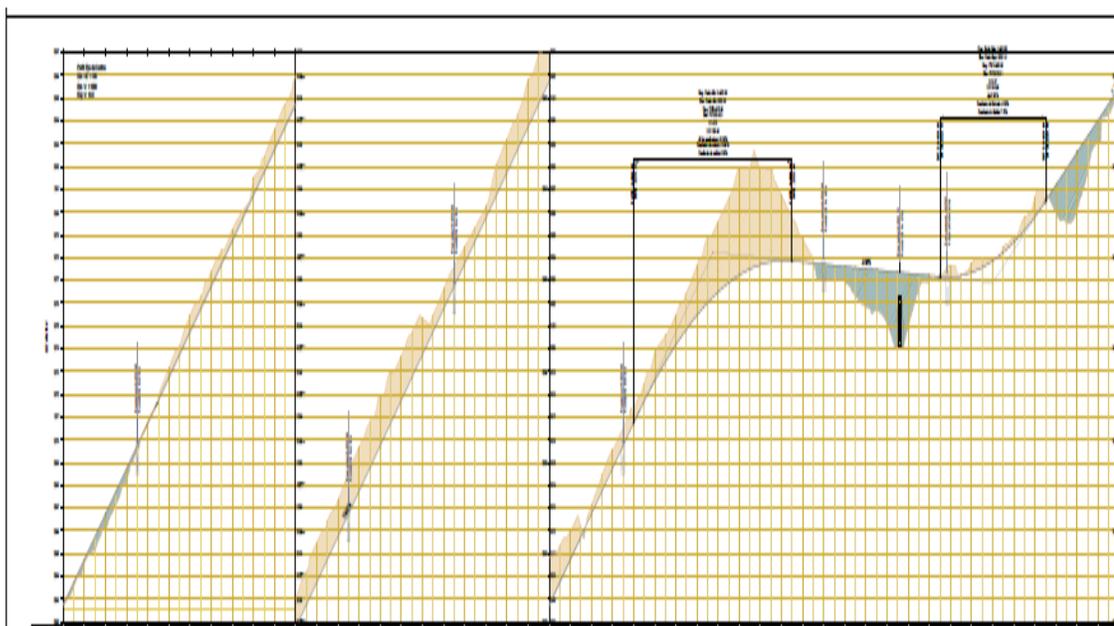
primer estimado de las actividades requeridas y de la inversión total que se necesitará, así como de los costos operativos anuales, y, en el caso de proyectos destinados a la generación de ingresos, del ingreso anual.

El perfil es una descripción simplificada en varios sentidos; los costos pueden no estar aún bien definidos, los ítems menores pueden excluirse y los supuestos en cuanto a la demanda del resultado de la inversión - sea ésta una infraestructura destinada al cuidado de los niños, un puente, o vegetales enlatados - son probablemente solo eso: supuestos.

4.14 Cuadro del diseño realizado en Auto CAD civil



El alineamiento vertical tratara de mantener y conservar la misma velocidad directriz



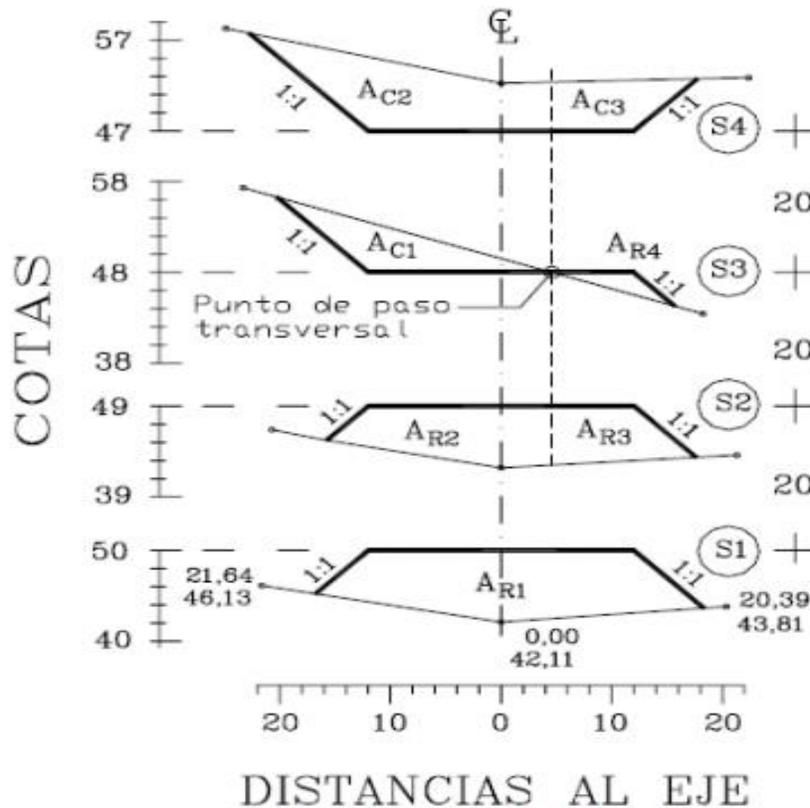
Fuente: Diseño realizado del tramo San Francisco - El Carmen

4.2.4 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)

Figura 4.1 Distancias al eje



Tomado de Leonardo Casanova M. Elementos de Geometría. Sección 1-30

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

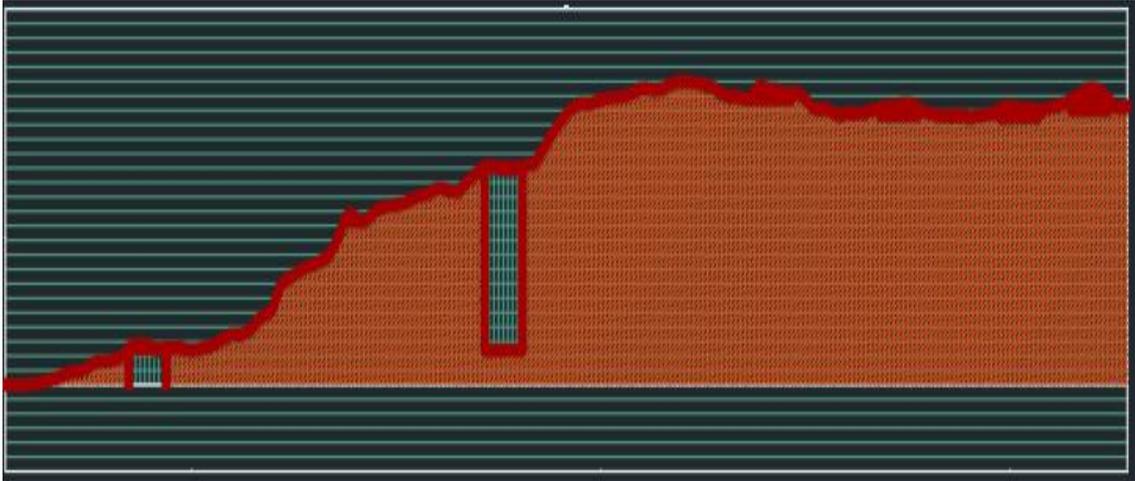
Tabla 4.3 Reporte de movimientos de suelos

Station	Cut Area (Sq.M.)	Cut Volume (Cu.M.)	Reusable Volume (Cu.M.)	Fill Area (Sq.M.)	Fill Volume (Cu.M.)	Cum. Cut Vol. (Cu.M.)	Cum. Reusable Vol. (Cu.M.)	Cum. Fill Vol. (Cu.M.)	Cum. Net Vol. (Cu.M.)
0+000.00	6,09	0	0	0	0	0	0	0	0
0+020.00	3,58	96,77	96,77	0,11	1,14	96,77	1,14	1,14	95,64
0+040.00	0,33	38,61	38,61	8,43	86,88	135,38	88,02	88,02	47,36
0+050.00	0,76	4,79	4,79	10,7	108,21	140,16	196,23	196,23	-56,07
0+060.00	0,36	5,29	5,29	6,57	91,93	145,46	288,17	288,17	-142,71
0+080.00	3,87	42,31	42,31	1,02	75,96	187,76	364,13	364,13	-176,37
0+100.00	6,35	102,25	102,25	0,33	13,5	290,01	377,63	377,63	-87,61
0+120.00	9,27	156,21	156,21	0	3,31	446,22	380,93	380,93	65,29
0+140.00	9,86	191,27	191,27	0,4	4,07	637,49	385	385	252,49
0+160.00	8,03	178,86	178,86	1,87	22,76	816,35	407,76	407,76	408,59
0+180.00	13,9	222,59	222,59	0,05	18,51	1.038,94	426,27	426,27	612,67
0+190.00	18,36	167,14	167,14	0	0,21	1.206,08	426,48	426,48	779,59
0+200.00	14,24	165,68	165,68	0	0	1.371,76	426,48	426,48	945,28
0+220.00	13,89	281,28	281,28	0	0	1.653,03	426,48	426,48	1.226,55
0+240.00	19,23	331,18	331,18	0	0	1.984,21	426,48	426,48	1.557,73
0+260.00	18,07	372,95	372,95	0	0	2.357,16	426,48	426,48	1.930,68

0+280.00	24,88	429,45	429,45	0	0	2.786,61	426,48	426,48	2.360,13
0+300.00	33,2	580,8	580,8	0	0	3.367,41	426,48	426,48	2.940,93
0+320.00	29,43	626,31	626,31	0	0	3.993,72	426,48	426,48	3.567,24
0+340.00	16,91	463,37	463,37	0	0	4.457,09	426,48	426,48	4.030,61
0+360.00	12,57	294,84	294,84	0,18	1,82	4.751,93	428,3	428,3	4.323,63
0+380.00	12,59	251,63	251,63	0,64	8,26	5.003,56	436,55	436,55	4.567,01
0+400.00	11,62	242,12	242,12	2,55	31,96	5.245,68	468,51		4.777,17
0+410.00	17,99	145,18	145,18	0,1	13,78	5.390,86	482,3	482,3	4.908,57
0+420.00	22,82	193,35	193,35	0	0,61	5.584,21	482,91	482,91	5.101,30
0+440.00	46,79	690,3	690,3	0	0	6.274,52	482,91	482,91	5.791,61
0+450.00	57,56	554,89	554,89	0	0	6.829,40	482,91	482,91	6.346,49
0+460.00	46,44	551,78	551,78	0	0	7.381,19	482,91	482,91	6.898,28
0+470.00	39,06	451,62	451,62	0	0	7.832,81	482,91	482,91	7.349,90
0+480.00	18,94	290,02	290,02	0	0	8.122,82	482,91	482,91	7.639,91
0+500.00	8,01	269,48	269,48	0,89	8,9	8.392,30	491,81	491,81	7.900,49
0+520.00	12,19	201,95	201,95	0,74	16,33	8.594,25	508,14	508,14	8.086,11
0+540.00	12,21	236,58	236,58	16,13	179,97	8.830,83	688,1	688,1	8.142,73
0+550.00	12,99	114,97	114,97	1,83	105,81	8.945,80	793,91	793,91	8.151,89
0+560.00	15,97	142,79	142,79	0	9,49	9.088,59	803,4	803,4	8.285,19
0+580.00	16,91	328,79	328,79	0	0	9.417,37	803,4	803,4	8.613,97
0+600.00	30,71	476,13	476,13	0	0	9.893,51	803,4	803,4	9.090,10
0+620.00	42,94	736,49	736,49	0	0	10.629,99	803,4	803,4	9.826,59
0+640.00	62,3	1.052,43	1.052,43	0	0	11.682,42	803,4	803,4	10.879,02
0+660.00	71,11	1.334,10	1.334,10	0	0	13.016,53	803,4	803,4	12.213,13
0+680.00	46,66	1.175,89	1.175,89	0	0	14.192,42	803,4	803,4	13.389,02
0+690.00	31,9	394,56	394,56	0	0	14.586,98	803,4	803,4	13.783,58
0+700.00	15,31	234,74	234,74	0	0	14.821,73	803,4	803,4	14.018,32
0+710.00	5,47	100,27	100,27	0	0	14.921,99	803,4	803,4	14.118,59
0+720.00	1,58	32,47	32,47	12,79	71,76	14.954,47	875,16	875,16	14.079,30
0+740.00	0	15,78	15,78	7,01	198,01	14.970,25	1.073,17	1.073,17	13.897,08
0+760.00	0,81	8,11	8,11	14,57	215,84	14.978,36	1.289,01	1.289,01	13.689,34
0+770.00	0	4,27	4,27	19,68	166,77	14.982,63	1.455,79	1.455,79	13.526,84
0+780.00	0	0	0	28,54	220,78	14.982,63	1.676,57	1.676,57	13.306,06
0+790.00	0	0	0	44,35	352,44	14.982,63	2.029,01	2.029,01	12.953,62
0+800.00	0	0	0	28,57	361,13	14.982,63	2.390,14	2.390,14	12.592,49
0+810.00	0,17	1,06	1,06	6,49	167,91	14.983,69	2.558,05	2.558,05	12.425,64
0+820.00	5,31	30,37	30,37	4,85	49,74	15.014,06	2.607,79	2.607,79	12.406,27
0+840.00	8,89	141,93	141,93	0,42	52,73	15.155,99	2.660,52	2.660,52	12.495,47
0+860.00	8,41	172,96	172,96	0	4,21	15.328,95	2.664,74	2.664,74	12.664,21
0+880.00	6,18	145,89	145,89	0	0	15.474,84	2.664,74	2.664,74	12.810,10
0+900.00	5,96	121,43	121,43	0	0	15.596,27	2.664,74	2.664,74	12.931,53
0+920.00	9,08	150,46	150,46	0	0	15.746,73	2.664,74	2.664,74	13.082,00
0+940.00	0	90,84	90,84	14,99	149,92	15.837,57	2.814,66	2.814,66	13.022,92
0+960.00	0	0	0	41,4	590,55	15.837,57	3.405,21	3.405,21	12.432,36
0+970.00	0	0	0	27,31	399,18	15.837,57	3.804,39	3.804,39	12.033,18
0+980.00	3,71	14,82	14,82	7,06	198,17	15.852,40	4.002,56	4.002,56	11.849,84
0+990.00	5,19	36,21	36,21	3,24	57,39	15.888,61	4.059,95	4.059,95	11.828,65
1+000.00	3,7	39,07	39,07	0	17,86	15.927,67	4.077,81	4.077,81	11.849,86

Fuente: Cálculo del movimiento de tierra, en todo el tramo San Francisco - El Carmen

4.15 Cuadro diagrama de movimientos de suelos



Fuente: Cálculo del movimiento de tierra, en todo el tramo San Francisco - El Carmen

Tabla 4.4 Movimientos de suelos total

Vol. Acum. Relleno	Vol. Acum. Corte
47497,32m ³	143921,09m ³

Fuente: Cálculo del movimiento de tierra, en todo el tramo San Francisco - El Carmen

Observación.

En el reporte de movimientos de suelos solo se muestran los datos desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 1+000.0, para su mejor apreciación junto al diagrama de masa se verificará con mayor claridad en los anexos correspondientes.

En la tabla 4.4 se aprecia el volumen total tanto de relleno y corte, y podemos observar que en nuestro tramo tenemos más corte que relleno

4.3 Diseño de drenaje.

4.3.1 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.

4.3.1.1 Alcantarillas.

En el presente estudio se proyecta la construcción de alcantarillas de sección circular de chapa ARMCO; además, en los cauces de mayor caudal se proyecta la construcción de alcantarillas cajón de acuerdo al caudal de diseño.

Alcantarillas de alivio. Construcción de 24 alcantarillas de alivio para los cursos de agua que se encuentran los siguientes tramos:

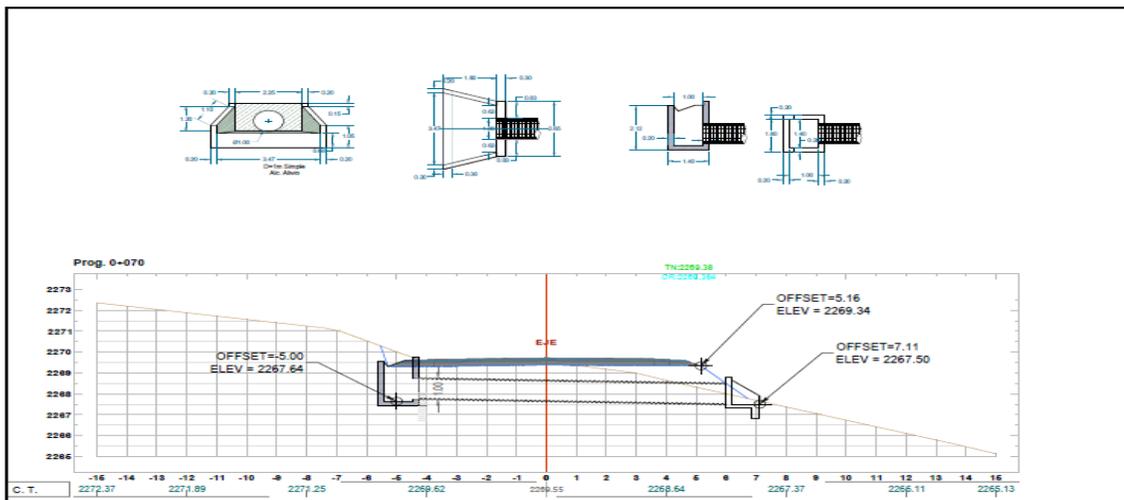
Tabla 4.5. Ubicación alcantarillas de alivio

Tramo San Francisco - El Carmen	
prog. 0+070	prog. 1+730
prog. 0+170	prog. 2+020

prog. 0+270	prog. 2+300
prog. 0+370	prog. 3+300
prog. 0+480	prog. 3+500
prog. 0+530	prog. 3+600
prog. 0+730	prog. 3+820
prog. 0+837	prog. 4+080
prog. 1+200	prog. 5+380
prog. 1+400	prog. 5+500
prog. 1+500	prog. 5+670
prog. 1+610	prog. 5+870

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.16 Diseño de alcantarillas de alivio



Fuente: Elaboración propia.

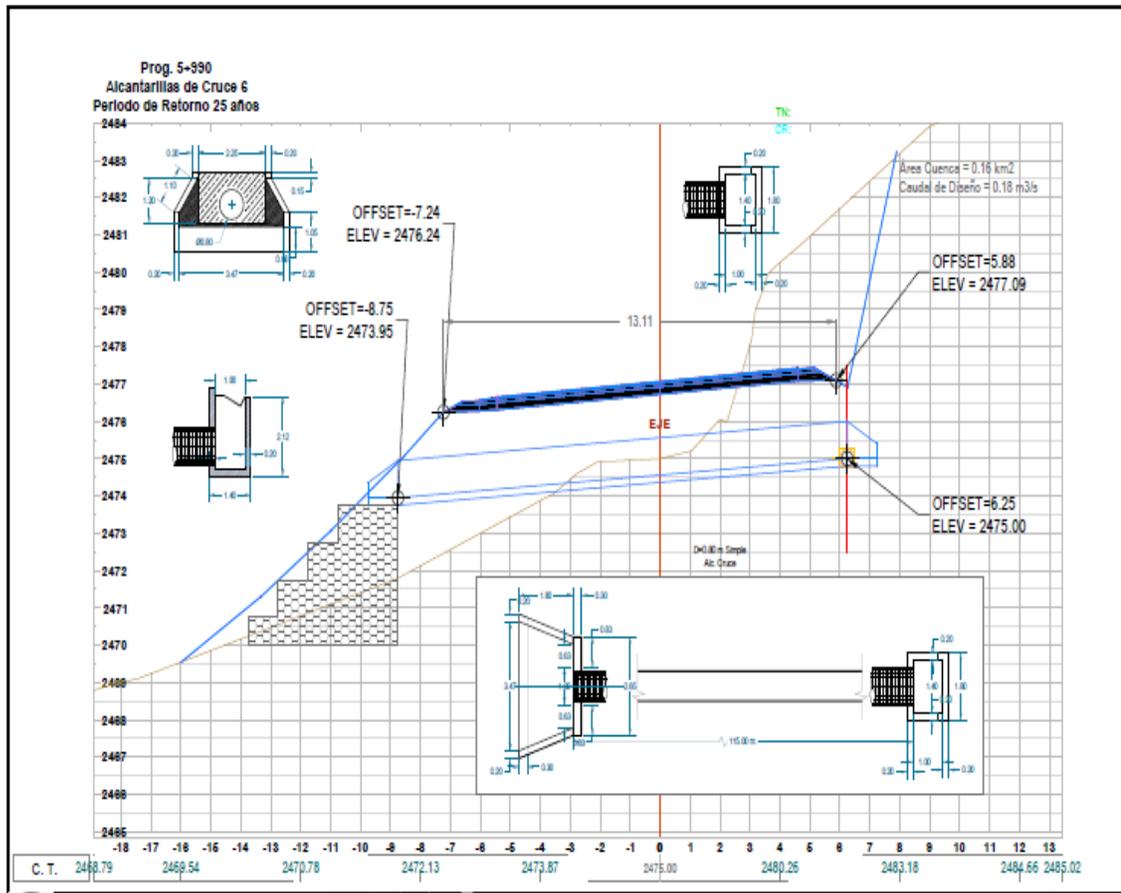
Alcantarillas de tipo cajón. Construcción de 16 alcantarillas tipo cajón para los cursos de agua que se encuentran en los siguientes tramos:

Tabla 4.6. Ubicación alcantarillas tipo cajón

Tramo San Francisco - El Carmen	
prog. 0+792	prog. 4+064
prog. 1+915	prog. 4+245
prog. 3+753	prog. 5+990

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.17 Diseño de alcantarillas tipo cajón



Fuente: Elaboración propia

4.4 Costos y presupuesto general.

4.4.1 Cómputos métricos.

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

- 1.- Determinar la cantidad de material necesario para ejecutar una obra.
 - 2.- Establecer volúmenes de obra y costos parciales con fines de pago por avance de obra.
- Los cómputos métricos son problemas de medición de longitudes, áreas y volúmenes que requieren el manejo de fórmulas geométricas. El cómputo métrico requiere del conocimiento de procedimientos constructivos.

Tabla 4.7. Cómputos métricos

Proyecto: "Diseño estructural de ingeniería vial del tramo San Francisco – El Carmen"								
No	DESCRIPCIÓN	unidad	nº de veces	largo (km m)	ancho (m) área (m2)	alto (m)	total parcial	total
1 OBRAS PRELIMINARES								
1,1	INSTALACIÓN DE FAENAS	glb						1,00
1,2	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO	glb						7,92
1,3	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	ha						5,51
1,4	PROVISIÓN Y COLOCADO LETRERO DE OBRAS C/BANNER	pza.						2,00
2 MOVIMIENTO DE TIERRAS								
2,1	EXCAVACIÓN DE SUELO SEMI DURO	m3						177.320,18
2,2	RELLENO Y COMPACTADO C/MAQUINA	m3						36.506,59
2,3	TRASPORTE DE MATERIAL DE SUB RASANTE	m3/k m						140.813,59
3 CONFORMADO DE PAQUETE ESTRUCTURAL								
3,1	CONFORMACIÓN DE CAPA SUB BASE	m3						6.352,77
3,2	CONFORMACIÓN DE CAPA BASE	m3						4.235,18
3,3	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	m2						42.351,82
3,4	CAPA DE RODADURA (PAVIMENTO FLEXIBLE ESPESOR DE 5cm)	m3						4.235,18
4 SEÑALIZACIÓN								
4,1	Señal vertical preventiva, 0.75 x 0.75 m	Pza.						30,00
4,2	Señal restrictiva, rectangular, 0.75 x 0.90 m	Pza.						10,00
4,3	Líneas de señalización horizontal (simples, etc.)	m						6.050,26
5 OBRAS DE ARTE MENOR								
5,1	REPLANTEO/CONTROL OBRAS DE ARTE MENOR	pza.						30,00

5,2	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA C/MAQ P/OBRAS DE ARTE	m3		1.408,71
5,3	EXCAVACIÓN MANUAL P/CUNETAS REVESTIDAS	m3		244,03
5,4	H° C° P/ALCANTARILLAS DOSIF. 1:2:3 50% PD	m3		345,83
5,5	PISO DE CEMENTO + EMPEDRADO P/ALCANTARILLAS	m2		101,34
5,6	COLOC. CAPA BASE ARENA SELECCIONADA COMPACTADA	m3		6,86
5,7	PROV Y COLOCACIÓN TUBOS DE ARMCO D=1000mm	ml		340,00
5,8	RELLENO COMPACTADO MANUAL - S/MATERIAL RELLENO	m3		1.848,78
5,9 0	CUNETA REVESTIDA DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	ml		4.067,20
6	ENTREGA DE OBRA			
6,1	LIMPIEZA GENERAL DE OBRA	Glb		3,00
6,2	PLACA DE ENTREGA DE OBRA	Pza		2,00

Fuente: Cómputos métricos y presupuesto.

4.4.2 Precios unitarios y presupuesto.

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. (Cómputos métricos, precios unitarios y presupuesto). Además, se utilizó el programa PRESCOM (las planillas fueron exportadas al Excel) para cada ítem del proyecto.

4.4.2.1 Descripción de los componentes de los precios unitarios.

4.4.3 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.

A continuación, se expone la tabla de un ítem del proyecto

Tabla 4.8. Precios unitarios

Presupuesto unitario

Ítem: Movilización y desmovilización de equipo **Unidad: glb**

Proyecto: Proyecto San Francisco - El Carmen

Cliente: Diego Pimentel T. **Fecha: 22/ago./2020**

Tipo de cambio: 6.96

Nº	P.	Insumo/Parámetro	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
	A	MATERIALES				
1	-	MOVILISACION DE MAQUINARIA PESADA	glb	1,00	70,00	70,00
>	D	TOTAL MATERIALES			(A) =	70,00
	B	MANO DE OBRA				
1	-	OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hr	60,00	22,50	1.350,00
2	-	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hr	70,00	22,50	1.575,00
3	-	CHOFER	hr	50,00	15,00	750,00
4	-	Peón	hr	80,00	15,00	1.200,00
5	-	Ayudante	hr	45,00	15,00	675,00
>	E	SUBTOTAL MANO DE OBRA			(B) =	5.550,00
	F	Cargas Sociales		65.00% de	(E) =	3.607,50
	O	Impuesto al Valor Agregado		14.94% de	(E+F) =	1.368,13
>	G	TOTAL MANO DE OBRA			(E+F+O) =	10.525,63
	C	EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS				
1	-	Volqueta	hr	30,00	32,50	975,00
2	-	Retroexcavadora	hr	30,00	266,00	7.980,00
	H	Herramientas menores		5.00% de	(G) =	526,28
>	I	TOTAL HERRAMIENTAS Y EQUIPO			(C+H) =	9.481,28
>	J	SUB TOTAL			(D+G+I) =	20.076,91
	L	Gastos generales y administrativos		10.00% de	(J) =	2.007,69
	M	Utilidad		10.00% de	(J+L) =	2.208,46
>	N	PARCIAL			(J+L+M) =	24.293,06
	P	Impuesto a las Transacciones		3.09% de	(N) =	750,66
>	Q	TOTAL PRECIO UNITARIO			(N+P) =	25.043,72
>		PRECIO ADOPTADO:				25.043,72
		Son: Veinticinco Mil Cuarenta y Tres con 72/100 Bolivianos				

Fuente: Cómputos métricos y presupuesto.

4.4.4 Presupuesto general.

El presupuesto general del pavimento flexible del tramo en estudio se mostrará en la siguiente tabla (se la realizó con ayuda del PRESCOM):

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Literal	Parcial
	M01 - TRABAJOS PREVIOS Y COMPLEMENTARIOS					124.358,38
1	MOVILISACION Y DESMOVILISACION DE EQUIPO	glb	1,00	20.857,11	Veinte Mil Ochocientos Cincuenta y Siete 11/100	20.857,11
2	Instalación de faenas	glb	1,00	83.249,50	Ochenta y Tres Mil Doscientos Cuarenta y Nueve 50/100	83.249,50
3	Provisión y colocado del letrero de Obra c/banner	pza	1,00	5.749,87	Cinco Mil Setecientos Cuarenta y Nueve 87/100	5.749,87
4	Limpieza general de la obra	ha	2,00	7.250,95	Siete Mil Doscientos Cincuenta 95/100	14.501,90
	M02 - MOVIMIENTO DE TIERRAS					11.439.613,15
5	Excavación (0-2 m.) s. semiduro	m³	143.921,09	56,98	Cincuenta y Seis 98/100	8.200.623,71
6	Relleno y compactado c/maquina	m³	47.497,32	55,03	Cincuenta y Cinco 03/100	2.613.777,52
7	Transporte de material de subrasante	m³-km	19.284,76	32,42	Treinta y Dos 42/100	625.211,92
	M03 - CONF. DE PAQUETE ESTR. PAVIMENTO FLEXIBLE					1.102.657,50
8	Conformación de capa sub-base	m³	2.625,00	32,23	Treinta y Dos 23/100	84.603,75
9	Conformación de la capa base	m³	1.750,00	32,23	Treinta y Dos 23/100	56.402,50
10	Carpeta Asfáltica	m³	1.225,00	701,45	Setecientos Uno 45/100	859.276,25
11	Imprimación asfáltica	m²	17.500,00	5,85	Cinco 85/100	102.375,00
	M04 - CONF. DE PAQUETE ESTR. TRATAMIENTO SUPERFICIAL TRIPLE					650.711,43
12	Conformación de capa sub-base	m³	4.900,00	32,23	Treinta y Dos 23/100	157.927,00
13	Conformación de la capa base	m³	4.410,00	32,23	Treinta y Dos 23/100	142.134,30
14	Carpeta Asfáltica (trat. superficial triple)	m³	612,50	338,49	Trecientos Treinta y Ocho 49/100	207.325,13
15	Imprimación asfáltica	m²	24.500,00	5,85	Cinco 85/100	143.325,00

>	M05 - OBRAS DE ARTE					1.508.672,96
16	Replanteo-control obras de arte menor	pza	30,00	807,21	Ochocientos Siete 21/100	24.216,30
17	Excavación no clasificada c/maq p/obra de arte	m ³	1.357,61	13,49	Trece 49/100	18.314,16
18	Excavación manual p/cunetas revestidas	m ³	504,00	71,22	Setenta y Uno 22/100	35.894,88
19	H C° p/ alcantarillas 50% PD (1:2:3)	m ³	345,83	919,30	Novcientos Diecinueve 30/100	317.921,52
20	Piso de cemento + empedrado p/alcantarillas	m ²	114,97	157,00	Ciento Cincuenta y Siete	18.050,29
21	colocado de capa base arena seleccionado	m ³	6,86	105,01	Ciento Cinco 01/100	720,37
22	Provisión y colocado de tubos de chapa d=1000 mm	m	340,00	1.420,00	Un Mil Cuatrocientos Veinte	482.800,00
23	Relleno y compactado	m ³	1.848,78	47,51	Cuarenta y Siete 51/100	87.835,54
24	Cuneta revestida de mamposteria de piedra	m	4.067,20	128,57	Ciento Veintiocho 57/100	522.919,90
>	M06 - ENTREGA DE OBRA					25.996,98
25	Limpieza general de la obra	glb	1,00	25.789,65	Veinticinco Mil Setecientos Ochenta y Nueve 65/100	25.789,65
26	Placa entrega de obras	pza	1,00	207,33	Doscientos Siete 33/100	207,33
>	M07 - SEÑALISACION					53.053,89
27	Señalización vertical preventiva 0.75 x 0.75	pza	30,00	369,88	Trecientos Sesenta y Nueve 88/100	11.096,40
28	Señalización vertical restrictiva 0.75 x 0.90	pza	10,00	492,99	Cuatrocientos Noventa y Dos 99/100	4.929,90
29	Línea de señalización	m	6.050,26	6,12	Seis 12/100	37.027,59
	Total presupuesto:					14.905.064,29

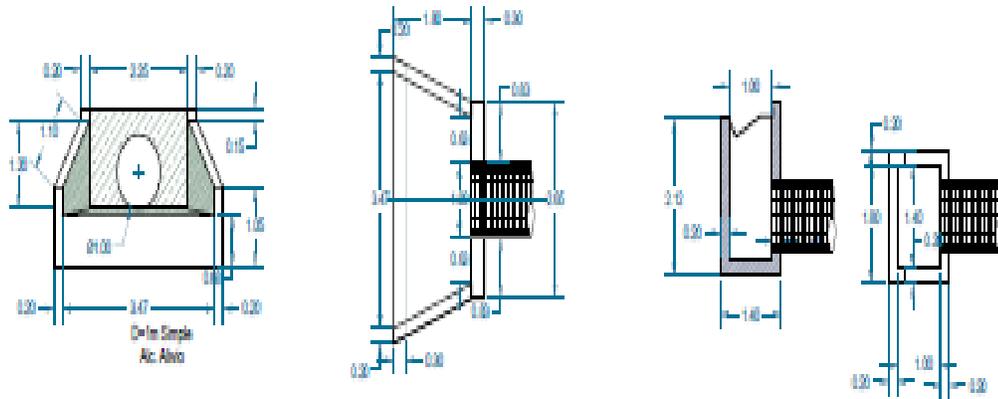
Son: Catorce Millón(es) Novcientos Cinco Mil Sesenta y Cuatro con 29/100 Bolivianos

Fuente: Elaboración propia.

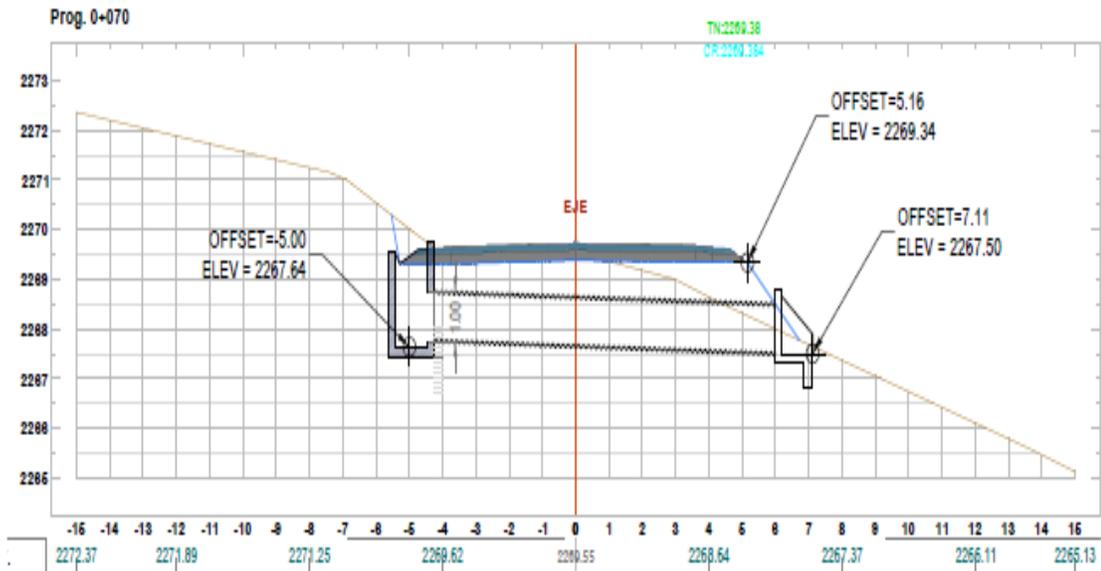
La elección de la alternativa a diseñarse de las obras de arte fue: alcantarillas de alivio y alcantarillas tipo cajón de las cuales no está solo en función a aspectos económicos sino también, se debe tomar muy en cuenta los aspectos técnicos.

A continuación, se muestra el detalle de la obra de alivio de las cuales fueron 24 alcantarillas de las mismas dimensiones.

Imagen 4.1 Alcantarilla de alivio



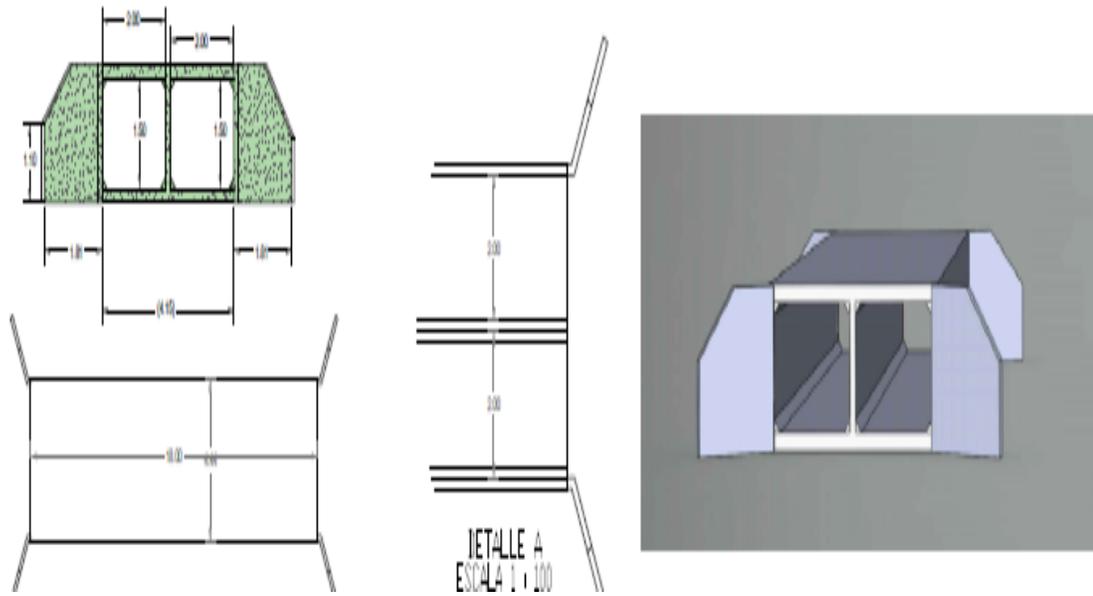
Cuadro 4.18 Diseño de alcantarillas de alivio



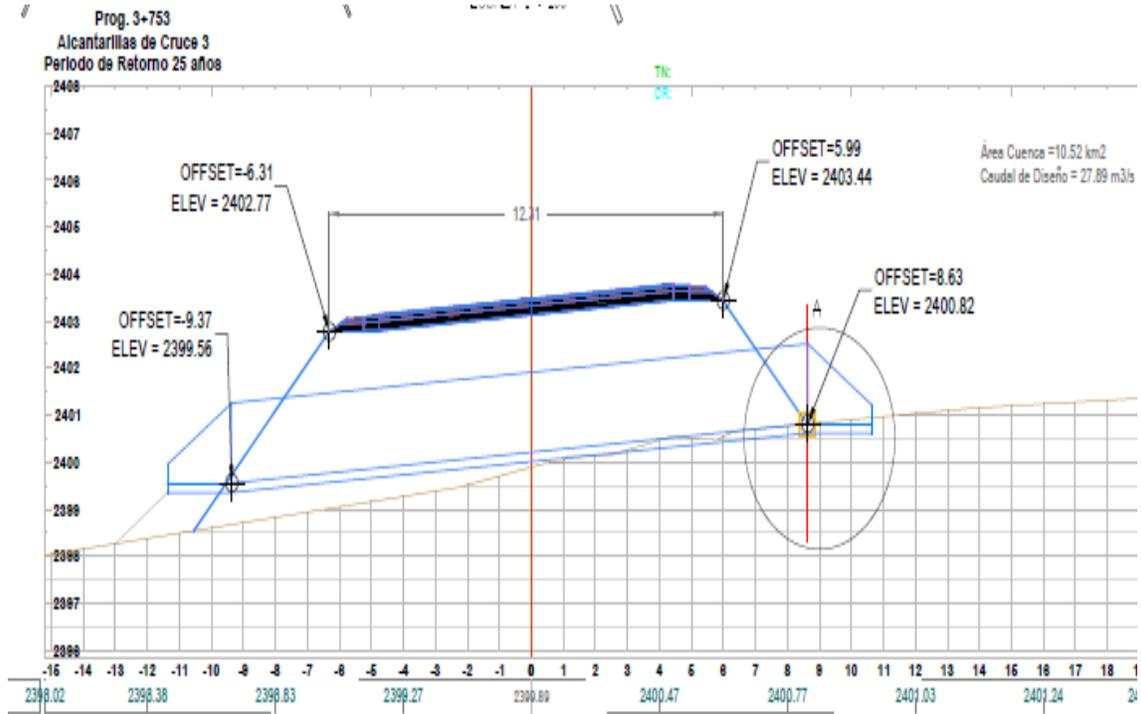
Fuente: Elaboración propia.

Y a continuación, se muestra el detalle de la obra tipo cajón, de las cuales fueron 6 alcantarillas de distintas dimensiones y diseños.

Imagen 4.2 Alcantarilla tipo cajón



Cuadro 4.19 Diseño de alcantarillas tipo cajón



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

Realizado el análisis de todos los componentes de estudio del **“Diseño estructural de Ingeniería vial del tramo San Francisco – El Carmen”**, se presentan las siguientes conclusiones:

- Se pudo establecer la mejor alternativa de trazo para el diseño geométrico del camino vecinal haciendo una comparación de alternativas desde el punto de vista técnico y que cumpla con los parámetros de diseño mínimos; se pudo así, seleccionar la alternativa adecuada a las características de la zona del proyecto utilizando la normativa vigente en el país.
- 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 ANEXO 2.)
- Se identificaron tres tipos de suelo en el desarrollo de la carretera (granular del tipo A-1-a, A-2-4 y la parte final con un suelo A-4), se optó por el CBR de diseño de 15% para pavimento flexible y los CBR de 48% y 56% con tratamiento superficial triple, así buscando un presupuesto más económico.
- Se diseñó el paquete estructural para el pavimento flexible, una capa de rodadura de 7 cm, una base granular de 10 cm y una capa sub base de 15 cm. Y para el tratamiento superficial triple, una capa de rodadura de 2.5 cm, una base granular de 18 cm y una capa sub base de 20 cm.
- Se realizó el presupuesto general para cada una de las alternativas de paquete estructural y de la comparación de precios optamos por la alternativa del pavimento flexible y tratamiento superficial triple (alternativa 1 ver PLANO DETALLES).

- El presupuesto total de la obra fue de: Catorce Millón(es) Novecientos Cinco Mil Sesenta y Cuatro con 29/100 Bolivianos **(14.905.064,29Bs)**, para nuestro pavimento flexible + tratamiento superficial triple.
- Las obras de arte que se optaron por diseñar fueron dos, alcantarillas de alivio, de las cuales se diseñaron 24 en todo el tramo, y 6 alcantarillas tipo cajón, de las cuales su presupuesto general para estas fue de **(1.508.672,96Bs)**.

5.2 Recomendaciones.

- Se recomienda que para todo diseño de ingeniería los datos deben presentarse en forma clara y precisa en las planillas de cálculo realizadas; además, los planos deben reflejar en forma exacta los datos que se deducen en la fase de campo.
- En cuanto al diseño geométrico y estructural, se recomienda el correcto uso 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).

Tomando en cuenta estas recomendaciones no pueden existir mayores complicaciones en la ejecución de este diseño de ingeniería.