

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Se define camino como una vía modificada por el hombre proporcionándole de características físicas, geométricas y geotécnicas, adecuadas para dar servicio a volúmenes definidos de tránsito, cuyo objetivo principal es el tránsito entre poblaciones, permitiendo: el desarrollo y comunicación de las mismas, el traslado de bienes y servicios, el comercio, producción y consumo, integración y turismo, entre otros. En el mejoramiento de cualquier vía, que esta proporcione sus servicios en óptimas condiciones bajo cualquier condición climática, o de uso, es vital para un aprovechamiento efectivo de las poblaciones que harán uso de la misma, garantizando el desarrollo social, económico, cultural, salud y educación para las poblaciones circundantes y para la población en general.

El diseño de ingeniería mejoramiento del camino Quebrada el Toro – El Toro servirá para integrar a las comunidades circundantes, potenciar su desarrollo, y mejorar la exportación de sus productos ya que se trata de una región productora de cítricos esencialmente, ya que, comparado con la situación actual, con la falta de una óptima infraestructura vial, es posible ver como el desarrollo económico de la región no es bien aprovechado.

Al realizar el proyecto “diseño final de ingeniería de una estructura vial” se podrá conocer las especificaciones, se emplazarán todas las obras de arte correspondientes al diseño mediante la normativa y parámetros de un órgano rector siendo este la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC), con el propósito de acortar la distancia de las comunidades mencionadas, dando la garantía de optimizar el tiempo de recorrido, brindando una vía caminera accesible, segura, cómoda, eficiente y transitable durante los 365 días del año.

El presente documento pretende sintetizar de manera coherente los criterios para el diseño geométrico de carreteras, estableciendo parámetros, garantizar la consistencia y conjugación armoniosa de todos sus elementos unificando los procedimientos, documentación requeridos para la elaboración y el desarrollo del trabajo de proyecto de grado “DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO CAMINO QUEBRADA EL TORO – EL TORO”, iniciando con los antecedentes del tema en cuestión, continuando con el planteamiento del problema, los objetivos que se pretenden alcanzar al desarrollar el camino, los alcances y limitaciones que se tienen, etc.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente documento corresponde al DISEÑO DE INGENIERÍA MEJORAMIENTO CAMINO QUEBRADA EL TORO – EL TORO el diseño completo del trazo es de 7,14 km de tramo, se trata de un camino existente de tierra que no cuenta con diseño del drenaje además no tiene una geometría adecuada a las especificaciones técnicas viales (las curvaturas no cuentan con un radio mínimo) también se deberá realizar una apertura, por esta razón se efectúa el proyecto para adecuarla a las necesidades de los comunarios.

Las comunidades de Quebrada el Toro y El Toro, dos comunidades productoras con un gran potencial desde el punto de vista turístico que dependen íntimamente de medios de transporte. La falta de una buena infraestructura caminera es uno de los mayores obstáculos para lograr un mayor desarrollo económico y social, así como también la integración de los pueblos, generando molestias y causando riesgos a los transeúntes de la zona, siendo los siguientes factores los que la evidencian:

- Trazado geométrico no diseñado.
- Drenaje deficiente en la conducción de aguas de lluvia que se evidencia en los rasgos de erosión por no tener una estructura de evacuación.
- Capa de rodadura con rápido deterioro por las condiciones climáticas y de humedad.
- Falta de señalización tanto horizontal como vertical que influye directamente en la circulación vehicular, así como en la seguridad.

La ejecución de este proyecto con un estudio exhaustivo para garantizar que las obras construidas sean acordes según los requerimientos establecidos permitirá:

- Considerables beneficios tanto social como económico.
- Acortar considerablemente la distancia que une actualmente a ambos poblados y por ende a poblados adyacentes.
- La comunicación entre ambos poblados será mucho más fluida.
- Los pobladores podrán movilizarse hacia otros poblados adyacentes accediendo a servicios de salud de manera oportuna.
- Las personas beneficiadas con el mejoramiento de camino Quebrada el Toro y El Toro, agilizarán la comunicación con los poblados adyacentes mitigará los problemas de marginamiento, reducirán tiempos de viaje.

1.3 SITUACIÓN PROBLÉMICA

1.3.1 Planteamiento del problema

La comunidad “Quebrada el Toro”, es una población productora, dedicada principalmente a la obtención de cítricos y otros, los cuales en determinadas épocas del año se ven imposibilitados de poder transportar estos para comercializarlos, ya que en épocas de lluvia se es imposible el tránsito, puesto que el camino actual presenta una superficie de terracería con alto grado de deterioro, porque no cuenta con drenajes longitudinales y transversales, además, también se perjudica la población ya que, al tener un solo ingreso, y ser este de difícil acceso, frena el avance de otros aspectos en la población, como ser el social, cultural, salud, educación limitando el acceso a profesionales en materia de enseñanza que puedan aportar con el desarrollo educativo de la zona y acceso a servicios básicos.

De mantenerse la situación actual, la comunidad Quebrada el Toro, no podrá comercializar de forma adecuada y constante su producción, afectando la economía de una pequeña comunidad con alto potencial de desarrollo.

Por lo dicho anteriormente, podemos ver la suma importancia que tiene la creación de un camino de acceso a las comunidades, que cumpla con los estándares mínimos requeridos por la norma Bolivia de la ABC. planteando dos alternativas de solución estructural del camino.

Con la ejecución de este proyecto, se pretende contribuir al municipio Bermejo con un documento que será elaborado de acuerdo a los requerimientos del lugar, resolviendo problemas que beneficiarán a la población local, dispondrá de la memoria técnica y planos basados en la normativa, utilizando todos los lineamientos técnicos necesarios para presentar un soporte de los cálculos y modificaciones que se puedan efectuar.

1.3.2 Problema

¿De qué manera se puede solucionar la comunicación terrestre entre las comunidades Quebrada el Toro - El Toro, si el camino no se encuentra construido por completo?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Elaborar el proyecto con sus componentes de diseño de ingeniería del camino tramo Quebrada el Toro y El Toro, aplicando las normas de la Administradora Boliviana de

Carreteras (ABC) vigentes en nuestro país, para solventar las necesidades actuales con el acceso vial de calidad en la zona.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recopilar información referida al tramo Quebrada el Toro y El Toro.
- Determinar la representación gráfica de la superficie terrestre del sector a partir de un levantamiento topográfico.
- Analizar las condiciones del suelo, mediante los diferentes ensayos de laboratorio regulado bajo las normativas del manual de ensayos de suelos y materiales de la ABC.
- Registrar el número y tipo de vehículos que circulan por el tramo Quebrada el Toro y El Toro.
- Estimar los caudales máximos de la zona de influencia de la carretera.
- Efectuar el diseño geométrico para el tramo Quebrada el Toro y El Toro.
- Diseñar el paquete estructural del pavimento para el tramo Quebrada el Toro y El Toro.
- Elaborar el presupuesto general del proyecto.
- Realizar el manifiesto ambiental, ficha ambiental y matriz ambiental.

1.5 ALCANCE DEL PROYECTO

El levantamiento topográfico se realizará utilizando un equipo y métodos convencionales, para la obtención de datos de altimetría y planimetría, que nos permitirá analizar las ventajas y desventajas de las alternativas planteadas, de igual manera nos permitirá ubicar las obras de infraestructura existentes en el tramo.

El estudio de mecánica de suelos se realizará en los laboratorios de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, para la obtención de datos coherentes de los tipos de suelos que en nuestro camino puedan existir estos serán revisados por los encargados de laboratorio.

El estudio hidrológico nos servirá para proponer las diferentes obras que se utilizan para el control de drenajes de las escorrentías que recorrerán el tramo, basándonos en datos de la estación meteorología más cercana y con mayor área de influencia en la zona.

Los datos de aforo de tránsito serán obtenidos de acuerdo al tipo de vehículo que maneja la norma de la Administradora Boliviana de Carreteras y flujo vehicular, para determinar

el tráfico promedio diario anual y con este poder diseñar el paquete estructural que necesita nuestro camino.

Se definirán la velocidad de proyecto, pendiente, peralte, radios de curvatura, para obtener los alineamientos horizontales y verticales, junto con todos los demás elementos que definen el diseño geométrico del camino, haciendo uso de la normativa vigente de la Administradora Boliviana de Carreteras.

El estudio de suelos en puntos estratégicos ayudara a obtener el diagnóstico de las condiciones actuales de los elementos que componen la estructura del tramo en estudio, con esto lograremos hacer el cálculo de los espesores de las capas que constituyen la estructura del firme del camino.

El diseño y la ubicación correcta de las obras de drenaje es muy importante en el aspecto de mantener estable nuestro camino ya que nos permitirá evacuar la escorrentía debido a las condiciones climatológicas.

La correcta señalización nos ayudara a complementar el diseño geométrico de la carretera, especialmente en las partes conflictivas del tramo, como ser pendientes que estén cerca de los rangos límite, necesitando señalización en las curvas tanto vertical como horizontal.

Se presentará un análisis de costos unitarios, tomando como base los costos que se manejan en la actualidad y en nuestro medio, los cómputos métricos nos mostrarán los volúmenes, áreas, longitudes, piezas, diámetros de cada ítem mencionado en las especificaciones técnicas y la combinación de ambos reflejara el costo final para tener claro el monto de dinero necesario para la construcción de este proyecto, también nos mostrara que alternativa es viable en el aspecto económico a largo y corto plazo.

Las conclusiones reflejarán los resultados obtenidos en el diseño de ingeniería mejoramiento de camino como ser los parámetros más importantes para el desarrollo del diseño como así también la cantidad de alcantarillas y puentes (obras de arte menor y obras de arte mayor) que deberán ser emplazadas, volúmenes de material para la conformación de terraplenes, cantidad de señalización informativa, preventiva y reglamentaria, etc. Y finalmente llegaremos a las acciones no realizadas adecuadamente por mi persona, dando las recomendaciones respectivas del proyecto, para evitar infortunios en la realización del proyecto.

CAPÍTULO II
DISEÑO DE
INGENIERÍA

CAPÍTULO II

DISEÑO DE INGENIERÍA

2.1 ESTUDIOS PREVIOS AL DISEÑO

Los estudios previos que se realiza son los siguientes:

- Estudio topográfico
- Estudio hidrológico
- Estudio geotécnico
- Estudio de tráfico

A continuación, se detalla los resultados de los estudios previos o preliminares para llevar a cabo el diseño geométrico y estructural del camino:

2.1.1 Estudio topográfico

Al realizar el levantamiento topográfico del lugar se obtuvo la representación de la faja de terreno que contendrá el diseño de la vía, las consideraciones en cuanto a relieve, zonas accidentadas es decir depresiones topográficas, cárcavas o torrenteras y drenajes naturales fueron considerados al momento de hacer el levantamiento de los puntos topográficos. Los puntos topográficos obtenidos con la estación total se plasmaron en una planilla de coordenadas, se utilizó el formato general o estándar que es: número de punto, coordenada este, norte y elevación, donde las columnas de datos están delimitadas por espacios, en un archivo con extensión “.txt” compatible con el software civil 3D. Esta información se procesó en gabinete (El procedimiento a seguir se detalla más adelante en este capítulo).

2.1.1.1 Topografía para proyectos

El trabajo de levantamiento topográfico se realizó de acuerdo a los procedimientos y principios generales establecidos para el diseño de carreteras o caminos como ser, el correcto posicionamiento y orientación del área de trabajo.

A continuación, se describe las metodologías, dadas por el topógrafo responsable del municipio de Bermejo para realizar el trabajo de levantamiento topográfico:

Paso 1.- Reconocimiento del área sobre imágenes satelitales

Se realizará un análisis de las posibles rutas sobre imágenes satelitales de Google Earth, por ruta se entiende la faja de terreno, de ancho variable que se extiende entre los puntos terminales e intermedios por donde el camino debe obligatoriamente pasar, y dentro de la cual podrá localizarse el trazado de la vía; el trazado definitivo será aquella que reúna las

condiciones óptimas para el desenvolvimiento y establecimiento de una poligonal, ubicando lugares estratégicos de visibilidad, parcelas, construcciones, características de relieve del terreno, vías existentes, etc. y así formar un criterio o idea de por dónde debe realizarse el levantamiento topográfico.

Paso 2.- Establecer la poligonal de apoyo

Para este trabajo se utilizó el GPS (SOUTH S86S rtk), estos vértices serán los BENCH MARCKS (BM's) estableciendo 4 puntos técnicos:

- El primer BM se encuentra a pocos metros de la carretera Sidras – Bermejo y está en la proximidad de la progresiva 0+020 del alineamiento definitivo.
- El segundo BM se encuentra cerca de la quebrada y está en la proximidad de la progresiva 1+200 del alineamiento definitivo.
- El tercer BM se encuentra cerca de la casa de un comunario y está en la proximidad de la progresiva 2+980 del alineamiento definitivo.
- El cuarto BM se encuentra cerca de parcelas de cultivo y está en la proximidad de la progresiva 3+960 del alineamiento definitivo.

Los BM's deben ser convenientemente fijados, señalizados con estacas, y ubicados en lugares fuera de las áreas de movimiento de tierras a fin de no ser removidos o desplazados durante las obras, el objetivo de la poligonal de apoyo conformada por los BM's es de orientar eficientemente la realización del levantamiento topográfico.

Imagen N°2. 1: Ubicación de BM-3



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 1: Resumen de BM's

Coordenadas UTM y elevaciones				
Punto	Coordenadas UTM (WGS-84)			Descripción
	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m.s.n.m)	
1	7494753	369479	402,00	BM-1
2	7495395	368729	414,00	BM-2
3	7496235	367306	464,00	BM-3
4	7496733	366540	496,00	BM-4

Fuente: Elaboración propia.

Paso 3. Determinación de la faja del levantamiento topográfico

Ya que el proyecto consiste en el mejoramiento de la vía existente y una parte de apertura de camino, el levantamiento topográfico se realizará sobre el camino existente y para el sector de apertura de camino se realizará el criterio de máxima pendiente o línea gradiente, (debido a que el sector de apertura de camino debe de atravesar una serranía para llegar a la comunidad El Toro).

Imagen N°2. 2: Levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración propia.

Paso 4. Ubicación y orientación de la primera estación

Para realizar el primer punto de estación se necesitará datos de coordenadas y elevación para la estación y para la orientación, las coordenadas se obtuvieron con el instrumento GPS móvil (Etrex10), cabe recordar que la aproximación del GPS en sus coordenadas X, Y es hasta de 10 cm, pero para la elevación o cota varía hasta 5 metros.

La estación total fue posicionada en el BM-4, cuyos datos de coordenadas y elevación fueron introducidos al mismo, a partir de este punto se empezará con la lecturación del método por secciones, que consiste en hacer mediciones o lecturas de puntos alineados perpendicularmente al eje del camino existente, posteriormente se hará un cambio de estación cuando ya se haya cubierto la parte visible de la primera estación y esta acción se realizará cada vez que se haya abarcado la parte visible de lecturación.

La información del levantamiento topográfico fue proporcionada por el municipio de Bermejo ya que es un camino existente con intención de realizar un mejoramiento.

En anexo 1 Estudio topográfico se encuentran los datos completos que corresponden al tramo en estudio.

Cuadro N°2. 2: Puntos topográficos del proyecto

Levantamiento topográfico				
Nº	Norte (m)	Este (m)	Cota (m.s.n.m)	Descripción
1	7496253,91	367264,98	459,07	E1
2	7496250,42	367263,40	459,19	E2
3	7496256,60	367265,80	459,11	E3
4	7496245,02	367282,91	457,89	E4
5	7496247,83	367284,19	458,34	E5
6	7496242,18	367281,59	457,96	E6
7	7496234,88	367300,54	456,59	E7
8	7496232,23	367298,83	456,51	E8
9	7496238,13	367302,59	456,64	E9
10	7496223,43	367318,16	455,59	E10
11	7496220,90	367316,15	455,63	E11
12	7496226,99	367319,95	455,32	E12
13	7496211,46	367336,49	455,28	E13
14	7496208,82	367334,58	455,15	E14

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2 Estudio geotécnico

Las propiedades físicas, mecánicas de la subrasante y la porción del material con el que se pretende construir el paquete estructural, características importantes que se obtienen realizando el estudio geotécnico que son las prácticas o ensayos en laboratorio que se deben considerar al momento de diseñar el paquete estructural.

Se recomendará la utilización de los mejores materiales encontrados durante el estudio para la conformación de las capas de la estructura del pavimento acordes a las especificaciones de calidad dadas por la norma vigente de la (ABC) mencionadas en las siguientes tablas, donde todo material que se utilizará debe estar libre de materias orgánicas y terrones de arcillas, los áridos gruesos deben ser partículas resistentes, durables, constituidas de fragmentos de roca y grava, los áridos finos deben estar constituidas por arenas naturales o trituradas, para limos y arcillas se debe tener los siguientes límites de consistencia:

Tabla N°2. 1: Límites de consistencia

	Límite líquido	Índice de plasticidad
Subbase	Máx. 35	Máx. 8
Base estabilizada	Máx. 35	Máx. 6
Carpeta de rodadura	Máx. 35	5-10

Fuente: Manual de carreteras V4C-ABC.

Tabla N°2. 2: Especificaciones de calidad

	Graduación del material	CBR
Subbase	TM-50a	≥ 40%
Base estabilizada	TM-50b; TM-50c o TM-25	≥ 80%
Carpeta de rodadura	TM-40c	≥ 60%

Fuente: Manual de carreteras V4C-ABC.

Tabla N°2. 3: Especificaciones de calidad para tratamiento superficial

Tratamiento superficial	Contenido mínimo de chancado	Índice de plasticidad	CBR
Base estabilizada	70% - T _{máx} =40mm	Máx.4%-6%	≥ 100%

Fuente: Manual de carreteras V4C-ABC.

Tabla N°2. 4: Granulometrías para subbase, base y carpeta de rodadura

Tamiz		TM-50a	TM-50a	TM-50c	TM-40a	TM-40b	TM-40c	TM-25
(mm)	Alternativo							
50,00	2"	100	100	100				
37,50	1 1/2"	-	70-100	-	100	100	100	
25,00	1"	55-100	55-85	70-100	70-100	80-100	80-100	100
19,00	3/4"	-	45-75	60-90	50-80	-	-	70-100
9,50	3/8"	30-75	35-65	40-75	25-50	50-80	50-80	50-80
4,75	N°4	20-65	25-55	30-60	10-30	35-65	35-65	35-65
2,36	N°8	-	-	-	5-10	-	-	-
2,00	N°10	10-50	15-45	15-45	-	25-50	25-50	25-50
0,425	N°40	5-30	5-25	10-30	0-5	10-30	10-30	10-30
0,075	N°200	0-20	0-10	0-15	0-3	5-15	5-15	5-15

Fuente: Manual de carreteras V4C-ABC.

La investigación geotécnica, se subdividió en tres etapas:

- Etapa de campo.
- Etapa de laboratorio.
- Etapa de gabinete.

2.1.2.1 Trabajo de campo

Consiste en la obtención de porciones de materiales de suelo con el que se pretende construir bien sea el paquete estructural o las características del lugar donde se pretende emplazar el camino.

La obtención de muestras se realizará mediante la perforación de calicatas de 0,60 m de profundidad por debajo del nivel proyectado, se tomaron cuatro muestras representativas a lo largo de la línea central del eje de camino y el borde de calzada de forma alternada, considerando la variabilidad de los suelos implicando técnicas, procedimientos e interpretaciones de su condición geológica y geográficas de tal manera que las porciones de las muestras obtenidas sean representativas aproximadamente de 45,00 a 90,00 kg, incluyendo las operaciones de envase, identificación y transporte. (Ph.D. Barry Christopher, Charles Schwartz Richard Boudreau., May 2006)

Imagen N°2. 3: Extracción de muestra de suelo



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 3: Coordenadas de las calicatas

Descripción	Norte (m)	Este (m)	Elevación (m.s.n.m)
Muestra 1	7495607,25	368562,977	422,666
Muestra 2	7496239,01	367283,605	456,745
Muestra 3	7496585,94	366027,465	492,294
Muestra 4	7496778,37	364437,538	656,838

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2.2 Trabajo de laboratorio

La identificación final y clasificación de los suelos se realizan en laboratorio, obteniendo registros finales más consistentes, se realizaron los siguientes ensayos:

- Granulometría
- Límites de Atterberg (Limite líquido e índice plástico)

- Compactación
- Valor soporte CBR

2.1.2.2.1 Granulometría (AASHTO T-88, ASTM D 422)

Se determinó el porcentaje de distribución de tamaños de las partículas y texturas de los suelos, utilizando los tamaños nominales de abertura del juego de tamices.

Para aquellas muestras extraídas a lo largo de la vía, se observó que todas ellas están compuestas por material fino, por lo que fue necesario ejecutar el “método del lavado”, para esto se empleó aprox. 500 gramos de muestra seca y tamices N°4, 10, 40 y 200.

Para la muestra extraída del banco de préstamo de Alto Calama ubicada aproximadamente a 6,05 km de la comunidad Quebrada el Toro, sobre la carretera Bermejo - Sidras, se utilizó los tamices según AASHTO T - 88 del “método general” cuyo suelo analizado se compone de material gravoso.

Imagen N°2. 4: Ensayo granulométrico

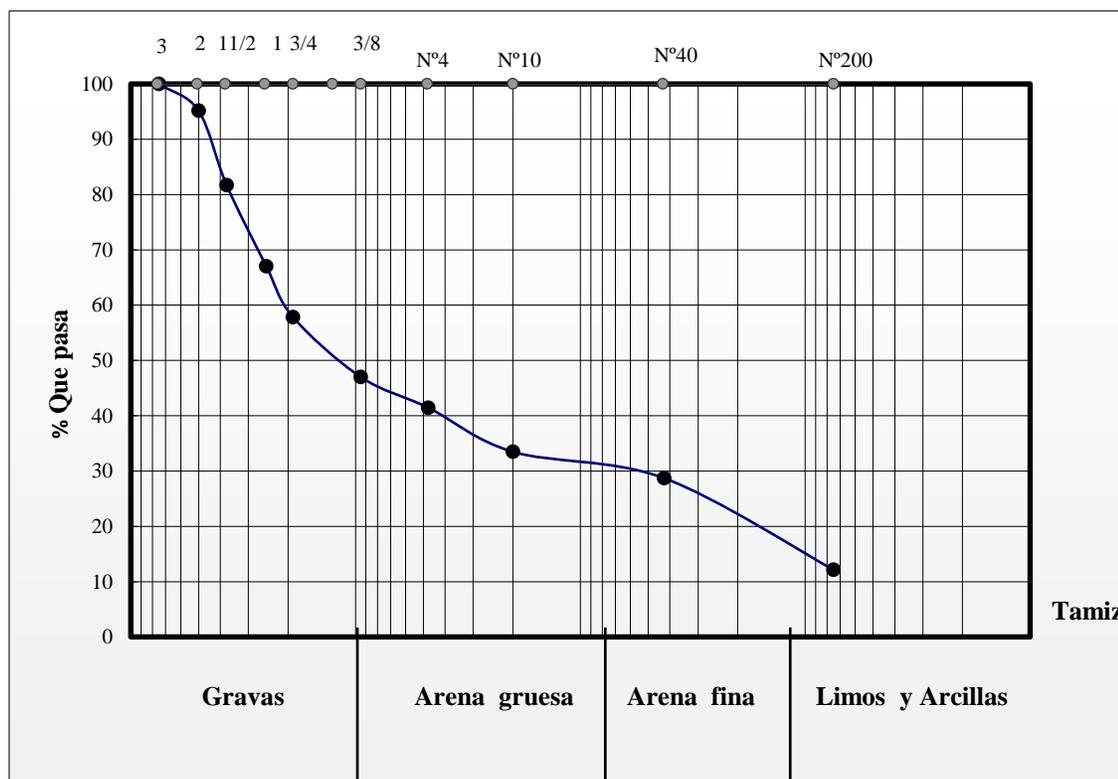


Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 4: Tamizado del suelo banco de préstamo, método general

Tamices	Tamaño	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret	% Que pasa
	(mm)	(gr)	(gr)		del total
2 1/2"	75,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,00	241,00	241,00	4,82	95,18
1 1/2"	37,50	673,40	914,40	18,29	81,71
1"	25,00	732,30	1646,70	32,93	67,07
3/4"	19,00	461,20	2107,90	42,16	57,84
3/8"	9,50	541,80	2649,70	52,99	47,01
N°4	4,75	278,10	2927,80	58,56	41,44
N°10	2,00	398,00	3325,80	66,52	33,48
N°40	0,43	238,00	3563,80	71,28	28,72
N°200	0,08	829,10	4392,90	87,86	12,14
Base		4392,90	5000,00	100,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°2. 1: Curva granulométrica (banco de préstamo)

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 5: Resumen de los ensayos de granulometría

N° de muestra	Sitio	%Pasa tamiz N°40	%Pasa tamiz N°200	Tipo de suelo
1	1+430	99,89	97,61	Cohesivo
2	3+080	100,00	94,92	Cohesivo
3	4+520	99,93	96,80	Cohesivo
4	6+970	99,86	96,84	Cohesivo
Banco de préstamo	Conformación de capa subbase y base.	28,72	12,14	Granular

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2.2.2 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg describen la consistencia y plasticidad de los suelos finos, con diversos grados de humedad de un suelo que se encuentra en estado sólido (es decir está seco), al agregársele agua poco a poco va pasando a semisólido, plástico y finalmente líquido.

Límite líquido (LL) (ASTM D4318, AASHTO T 89)

Se define como el contenido de humedad, en % respecto del peso de suelo seco.

Apartando una porción de suelo (masa mínima 60g) que pasa por el tamiz N°40 formando una pasta de suelo colocada con una espátula a la maquina Casagrande (taza de bronce, montada en un dispositivo de apoyo con una bolita de acero que cae libremente desde una altura de 25cm), sometida a un número de impactos dependiendo de las diferentes humedades.

Límite plástico (LP) (ASTM D 4318, AASHTO T 90)

Se define como el contenido de humedad, en % respecto del peso de suelo seco.

Consiste en un suelo amasado y transformado en cilindros de 3mm de diámetro, empieza a resquebrajarse o fracturarse, se rueda entre la palma de la mano y una superficie lisa que no absorba la humedad.

Cuando los suelos son granulares no se realizarán los ensayos de Límites de Atterberg, por sus características no plásticas.

El índice de plasticidad (I_p) es la diferencia entre el límite líquido y límite plástico.

$$I_p = LL - LP$$

Dónde:

I_p = Índice plástico

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico

Cuadro N°2. 6: Valores de límite líquido e índice de plasticidad

Tipo de suelo	Límite líquido	Índice de plasticidad
Arena	$W_L \leq 35$	$I_p \leq 35$
Limo	$20 \leq W_L \leq 60$	$5 \leq I_p \leq 25$
Arcilla	$W_L \geq 35$	$I_p \geq 15$

Fuente: Mecánica de suelos, El terreno (Matilde Gonzales Caballero (Costet)).

Imagen N°2. 5: Ensayo de límite líquido y plástico



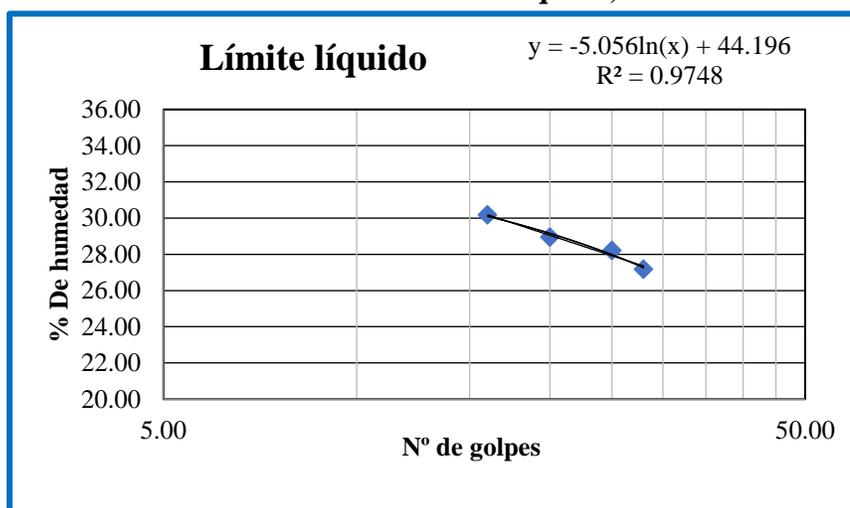
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, los resultados de la muestra 1 y los demás resultados del ensayo de límites de Atterberg se encuentran en el anexo 6.

Cuadro N°2. 7: Determinación de límite líquido, muestra N°1

Cápsula N°	1	2	3	4
N° de golpes	16,00	20,00	25,00	28,00
Suelo húmedo + cápsula	31,69	34,46	27,76	36,50
Suelo seco + cápsula	27,32	30,54	24,50	31,51
Peso del agua	4,37	3,92	3,26	4,99
Peso de la cápsula	12,84	17,00	12,94	13,14
Peso suelo seco	14,48	13,54	11,56	18,37
Porcentaje de humedad	30,18	28,95	28,20	27,16

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°2. 2: Curva de límite líquido, muestra N°1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 8: Determinación de límite plástico, muestra N°1

Cápsula	1	2
Peso de suelo húmedo + cápsula	17,45	18,34
Peso de suelo seco + cápsula	17,28	18,18
Peso de cápsula	16,31	17,20
Peso de suelo seco	0,97	0,98
Peso del agua	0,17	0,16
Contenido de humedad	17,53	16,33

Fuente: Elaboración propia.

Límite líquido (LL) = 27,92

Límite plástico (LP) = 16,93

Índice de plasticidad (IP) = 11,00

Cuadro N°2. 9: Resumen de los resultados de límites de Atterberg

N° de muestra	Sitio	Límite líquido	Límite plástico	Índice plástico
1	1+430	28,00	17,00	11,00
2	3+080	No líquido	No plástico	0,00
3	4+520	25,00	15,00	10,00
4	6+970	24,00	16,00	8,00

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2.2.3 Clasificación

Para la clasificación de suelos se recopiló la información de laboratorio correspondiente a la granulometría, límite líquido y límite plástico, realizando un análisis de los resultados que corresponden a las muestras extraídas de la subrasante y banco de préstamo, permitiendo así diferenciar las características de cada una de ellas.

2.1.2.2.3.1 Clasificación AASHTO (AASHTO M 145, 1995)

Este sistema de clasificación es útil para determinar la calidad relativa del material del suelo para su uso en estructuras de movimiento de tierras, particularmente terraplenes, subrasantes, subbases y bases.

Según este sistema, el suelo se clasifica en siete grupos principales, A-1 a A-7 los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz N°200. Los suelos donde más del 35% pasa el tamiz N°200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, se trata principalmente de materiales de tipo limo y arcilla. Para evaluar la calidad de un suelo como material de subrasante de carreteras,

también se incorpora un número llamado índice de grupo, en paréntesis después de la designación del grupo.

Tabla N°2. 5: Clasificación de suelos sistema AASHTO

CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos, pasa el tamiz N° 200)					MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1	A-3	A-2		A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupos	A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-7-5	A-7-6	
% que pasa el Tamiz									
N° 10 (2,000 mm)	50max								
N° 40 (0,425 mm)	30max	51min							
N° 200 (0,075 mm)	15max	10max	35max	35max	35max	35max	35min	36min	36 min
Características del material que pasa el tamiz N° 40 :									
Límite Líquido		40max	40max	41 min	40max	41min	41min	40max	41min
Índice de Plasticidad	0max	N.P.	10max	10max	11min	11min	10max	11min	11min *
Índice de Grupo	0	0	0	0	4max	4max	12max	16max	20max
Tipos de Materiales	Fragmentos de piedra, grava y arena	Arena Fina	Grava Arena Limosa y Arcillosa		Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Terreno de Fundación	Excelente - Bueno					Regular - Malo			
	- El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual, o menor, a LL - 30								
	- El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LL - 30								

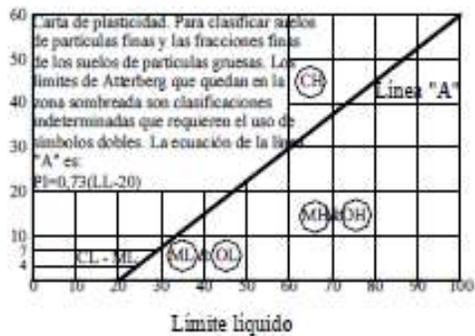
Fuente: Manual de carreteras, Luis Bañón Blázquez.

2.1.2.2.3.2 Clasificación SUCS (AASHTO M 145, ASTM 3282 o 2487)

El sistema de clasificación unificada (ASTM D2487) agrupa los suelos con propiedades de gradación y plasticidad clasificando suelos mediante gráficos y tablas.

Tabla N°2. 6: Clasificación de suelos sistema SUCS

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos Título D-2487 de la ASTM					
Divisiones principales	Simbolos del grupo	Nombres tipicos	Criterios para la clasificación		
Suelos de partículas gruesas Más del 50% es retenido en la malla No.200	Gravas 50% o más de la fracción gruesa se retiene en la malla No.4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Mayor que 4 $C_x = (D_{80})^2 / D_{10} \times D_{60}$ Entre 1 y 3	
		GP	Gravas, mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos	No satisfacen ambos criterios para GW	
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4	
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice de plástico es mayor que 7	
	Arenas Más del 50% de la fracción gruesa pasa la malla No.4	Arenas con finos Gravas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Mayor que 6 $C_x = (D_{80})^2 / D_{10} \times D_{60}$ Entre 1 y 3
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos	No se satisfacen ambos criterios para SW
			SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4
	Arenas con finos Arenas limpias	Arenas con finos Gravas limpias	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice de plástico es mayor que 7
			ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos	
			CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras	
Suelos de Grano Fino 50% o más pasa la malla No.200	Limos y arcillas con Límite Líquido de 50% o menor	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad		
		MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos		
	Limos y arcillas Con límite líquido mayor de 50%	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas		
		OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad		
Suelos con elevada proporción de materia orgánica	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos.	Identificación visual o manual		



Fuente: Mecánica de suelo, Matilde González Caballero.

Cuadro N°2. 10: Resumen de la clasificación de los suelos

Sitio	AASHTO	SUCS	Descripción	N° de muestras
1+430 – 3+080	A-6	OH	Arcillas orgánicas de mediana o elevada, plasticidad, limos orgánicos.	2,00
4+520- 6+970	A-4	ML	Arcillas limosas orgánicas y arenas muy finos, polvo de rocas, arenas finas limosas o arcillosas, limos arcillosos con ligera plasticidad.	2,00
Banco de préstamo 1 sub base.	A-2- 4	GM	Gravas limosas, mezcla de grava y arena limosa.	Banco 1 con 60% de material de la subrasante.
Banco de préstamo 1 base.	A-1-a	GP - GW	Suelo granular.	Banco 1

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2.2.4 Compactación (AASHTO T180, ASTM D1557-AASHTO T90 ASTM D698)

La compactación del suelo es una de las preocupaciones geotécnicas más importantes durante la construcción de pavimentos de carreteras, relleno y terraplenes relacionados.

La compactación mejora las propiedades de los suelos de muchas formas, incluyendo:

- Mayor rigidez elástica, reduciendo deformaciones a corto plazo.
- Disminución de la compresibilidad, lo que reduce la posibilidad de un asentamiento excesivo a largo plazo.
- Mayor resistencia, lo que aumenta la capacidad de carga y disminuye el potencial de inestabilidad (por ejemplo, para pendientes).
- Disminución de conductividad hidráulica (permeabilidad), que inhibe el flujo de agua a través del suelo.
- Disminución de la porción de huecos, que reduce la cantidad de agua que se puede retener en el suelo y por tanto ayuda a mantener las propiedades de resistencia y rigidez deseada.
- Mayor resistencia a la erosión.

En el procedimiento de compactación se determinará la densidad seca máxima alcanzable bajo una energía de compactación nominal especificada, durante la preparación del

material para la capa subbase fue necesario realizar una compensación o alteración del mismo añadiendo material granular que pasa el tamiz N°4. Con el objetivo de densificar más el material y cumplir con las especificaciones de calidad según norma, aplicando la metodología de compactación (proctor modificado (AASHTO T-180), este ensayo consiste en disponer cinco capas de material de la muestra de banco de préstamo, en un molde normalizado, aplicando en cada una de estas capas 56 golpes mediante un pistón en caída libre desde una altura, con una energía específica de compactación, mientras que para las muestras que se adquirieron del terreno natural el proceso de preparación del material consistió en triturar los terrones después de sacar el suelo del horno, para facilitar el manipuleo del material y así evitar problemas respecto a la homogenización de la humedad. En la práctica para este tipo de muestra se empleó el molde de metal del (proctor estándar T-99), conformado por tres capas aplicando en cada una de estas capas 25 golpes mediante un pistón en caída libre, con una energía específica, terminada la compactación se retira el collar y se enrasa con una regla al nivel del borde del molde para después ser pesado, al retirar el material del molde se extraen dos muestras representativas, para determinar la humedad del suelo compactado.

Imagen N°2. 6: Ensayo de compactación

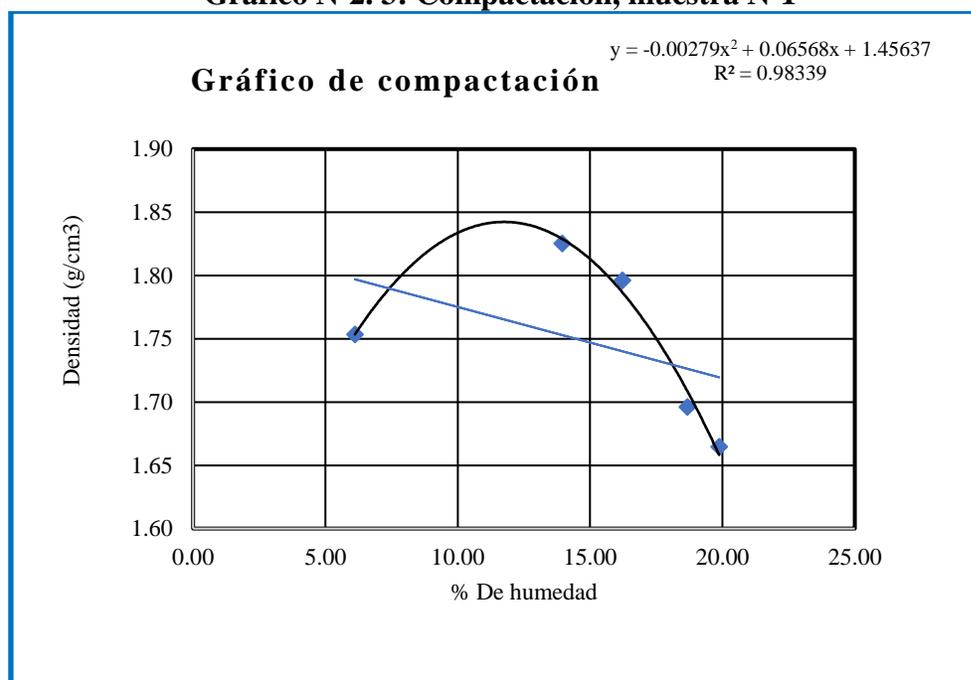


Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 11: Contenido de humedad y densidad, muestra N°1

N° de capas	3	3	3	3	3
N° de golpes por capa	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Peso suelo húmedo + molde	5589,40	5795,80	5802,80	5732,40	5715,90
Peso del molde	3837,30	3837,30	3837,00	3837,00	3837,00
Peso suelo húmedo	1752,10	1958,50	1965,80	1895,40	1878,90
Volumen de la muestra	941,60	941,60	941,60	941,60	941,60
Densidad suelo húmedo (gr/cm ³)	1,86	2,08	2,09	2,01	2,00
Cápsula N°	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Peso suelo húmedo + capsula	104,50	70,30	118,70	91,90	88,60
Peso suelo seco + cápsula	99,20	63,20	104,11	80,20	76,58
Peso del agua	5,30	7,10	14,59	11,70	12,02
Peso de la cápsula	12,50	12,30	14,15	17,56	16,10
Peso suelo seco	86,70	50,90	89,96	62,64	60,48
Contenido de humedad (%h)	6,11	13,95	16,22	18,68	19,87
Densidad suelo seco (gr/cm ³)	1,75	1,83	1,80	1,70	1,66

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°2. 3: Compactación, muestra N°1

Fuente: Elaboración propia.

Densidad máxima = 1,84 gr/ cm³

Humedad optima = 11,77 %

Cuadro N°2. 12: Resumen de los resultados de compactación

N° de muestra	Tipo de suelo	Sitio	%W Óp.	δ máx
1	A-6	1+430	11,77	1,84
2	A-4	3+080	11,96	1,77
3	A-4	4+520	12,47	1,85
4	A-4	6+970	12,56	1,84
Subbase	A-2-4	Subbase	6,65	2,25
Base	A-1-a	Base	7,13	2,23

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2.2.5 CBR (AASHTO T-193, ASTM 1883)

Se determinará la capacidad portante en tres muestras de forma idéntica para cada una de las calicatas de la subrasante, capa subbase y base, muestras de suelo que son compactadas, con humedades óptimas y niveles de energía variables (56, 25, y 10 golpes), posteriormente la muestra será expuesta a condiciones típicas de remojo (4 días) ya que se debe adecuar a similares condiciones anticipadas a largo plazo en el campo, las muestras sometidas a inmersión son medidas mediante un trípode metálico de expansión, luego se sacaran los moldes retirando el collar, enrasando los suelos compactados para ser sometidos a la resistencia de un pistón estandarizado que se mueve a una velocidad estandarizada para una distancia, se anotó la carga máxima alcanzada, para finalizar se retirara el material del molde extrayendo dos muestras representativas y determinar la humedad del suelo.

Este ensayo es importante ya que será una entrada directa a algunos métodos empíricos de diseño de pavimentos, como también para la correlación del módulo resiliente y otras propiedades de ingeniería.

Imagen N°2. 7: Ensayo de C.B.R.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 13: Contenido de humedad y peso unitario, muestra N°1

N° de capas	5			5			5		
N° de golpes por capa	12			25			56		
Condición de muestra	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M	Antes de mojarse		D. de M
Peso muestra húm. Molde	10.506,00		11.456,00	11.456,00		12.136,00	12.980,00		11.423,00
Peso Molde	6.765,00		6.765,00	7.280,00		7.280,00	7.165,00		7.165,00
Peso muestra húmeda	3.741,00		4.691,00	4.176,00		4.856,00	5.815,00		4.258,00
Volumen de la muestra	2.032,00		2.032,00	2.032,00		2.032,00	2.119,00		2.119,00
Peso Unit. Muestra Húm.	1,84		2,31	2,06		2,39	2,74		2,01
Muestra de humedad	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.	Fondo	Superf.	2" sup.
Tara N°	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso muestra húm + tara	48,50	51,60	59,30	54,20	66,90	45,00	70,58	70,33	64,10
Peso muestra seca + tara	43,50	46,80	55,69	50,34	62,95	41,62	60,84	59,78	57,10
Peso del agua	5,00	4,80	3,61	3,86	3,95	3,38	9,74	10,55	7,00
Peso de tara	15,10	14,90	18,30	12,60	13,30	11,60	14,80	20,00	20,20
Peso de la muestra seca	28,40	31,90	37,39	37,74	49,65	30,02	46,04	39,78	36,90
Contenido humedad %	17,61	15,05	9,65	10,23	7,96	11,26	21,16	26,52	18,97
Promedio cont. Humedad	16,33		9,65	9,09		11,26	23,84		18,97
Peso Unit.muestra seca	1,58		2,11	1,88		2,15	2,22		1,69

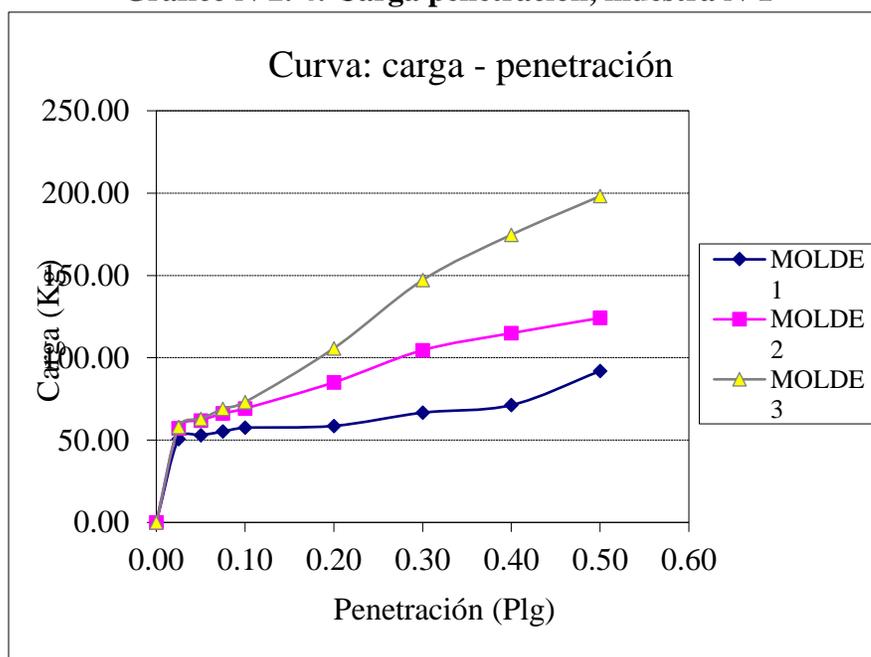
Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 14: C.B.R, muestra N°1

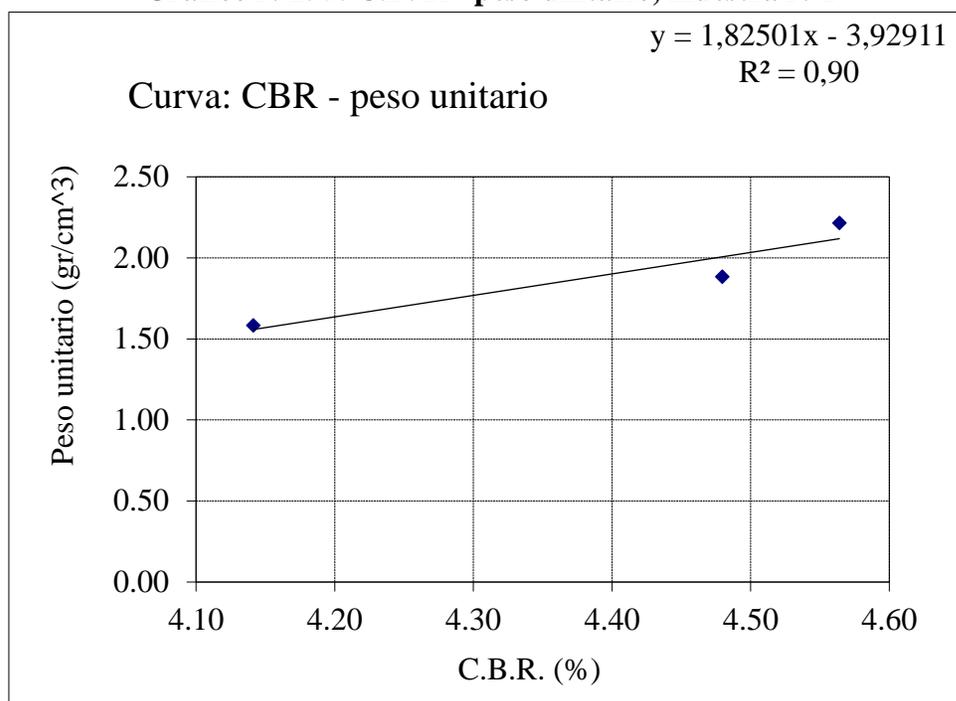
Penetración		Carga Normal	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
			Carga ensayo		C.B.R. Correg		Carga ensayo		C.B.R. Correg		Carga ensayo		C.B.R. Correg	
Pulg	mm	Kg	Kg	Kg/cm2	Kg	%	Kg	Kg/cm2	Kg	%	Kg	Kg/cm2	Kg	%
0,00	0,00		0,00	0,00			0,00	0,00			0,00	0,00		
0,03	0,63		50,58	2,61			50,58	2,61			50,58	2,61		
0,05	1,27		52,87	2,73			57,47	2,97			55,17	2,85		
0,08	1,90		55,17	2,85			59,77	3,09			57,47	2,97		
0,10	2,54	1360,00	56,32	2,91		4,14	60,92	3,15		4,48	62,07	3,21		4,6
0,20	5,08	2040,00	58,62	3,03		2,87	68,97	3,56		3,38	71,27	3,68		3,49
0,30	7,62		62,07	3,21			72,41	3,74			64,37	3,33		
0,40	10,16		71,27	3,68			75,86	3,92			78,16	4,04		
0,50	12,70		85,06	4,39			91,96	4,75			96,55	4,99		

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°2. 4: Carga penetración, muestra N°1



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°2. 5: C.B. R - peso unitario, muestra N°1

Fuente: Elaboración propia.

CBR 100% D. máx = 3,19 %

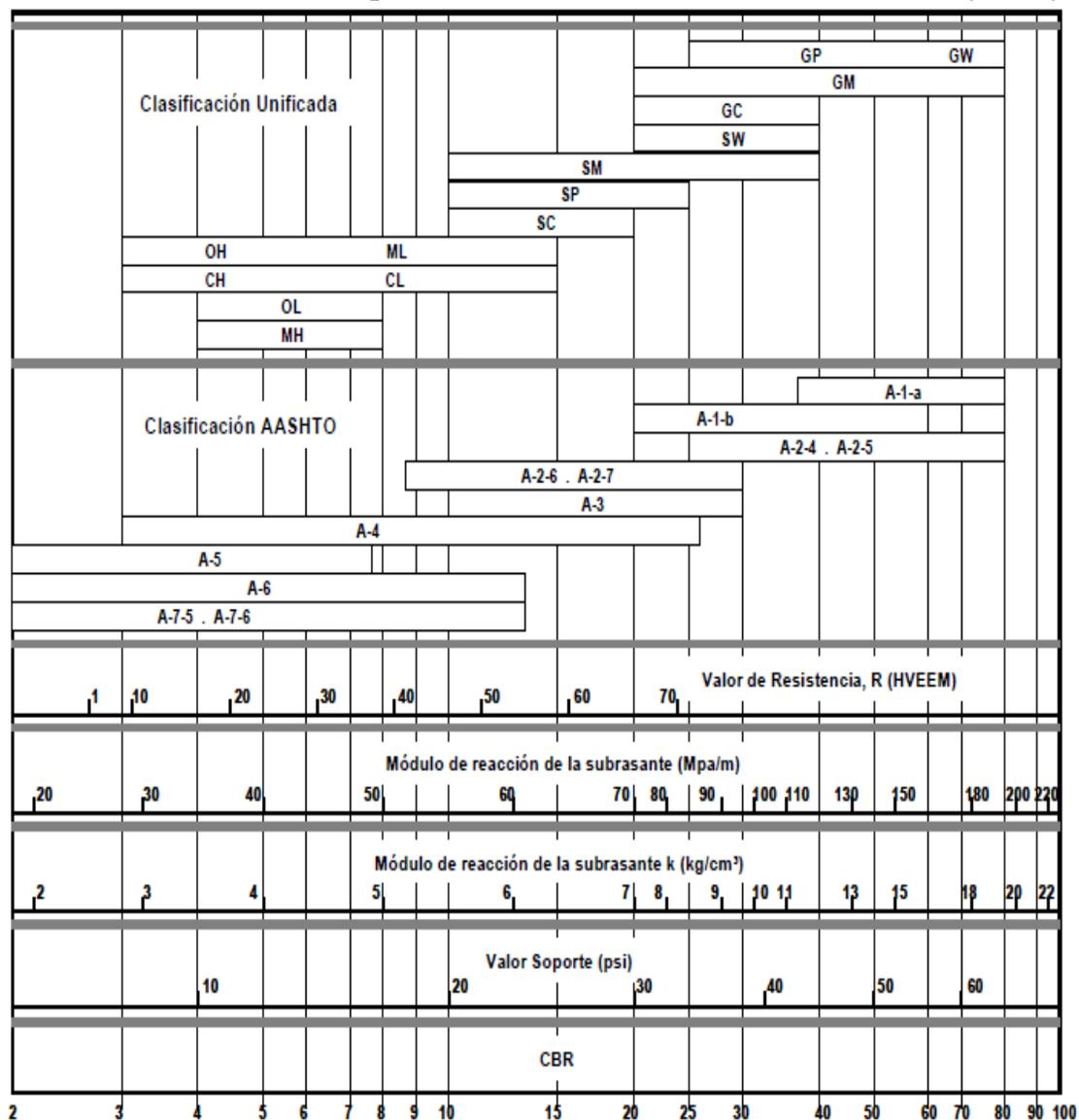
CBR 95% D. máx. = 3,14 %

Cuadro N°2. 15: Resumen de resultado de los CBR's

Función	Clasificación	CBR (%)	Muestra
Subrasante	A-6	3,00	2,00
Subrasante	A-4	6,00	2,00
Sub base	A-2-4	43,00	Banco 1 con 60% de subrasante
Base	A-1-a	85,00	Banco 1

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°2. 7: Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y ensayos



Fuente: Manual centroamericano.

2.1.2.3 Trabajo de gabinete

2.1.2.3.1 Material de préstamo

Para la construcción del paquete estructural del camino será necesario utilizar de materiales de préstamo, constituido por grava, arena y cantos rodados, que se pueden extraer en zonas cercanas al diseño del camino, se ha identificado un banco de préstamo con coordenadas Norte: 7489447,13 m S y Este: 366786,75 m E con características apropiadas cumpliendo los parámetros según norma.

2.1.2.3.2 Resumen de estudio de suelos

En el cuadro 2.16 se muestra los resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados en laboratorio.

Cuadro N°2. 16: Resumen de los resultados de todos los ensayos de suelos

Progresiva	Limite liquido (LL)	Limite plástico (LP)	Índice de plasticidad (IP)	%Pasa N°40	%Pasa N°200	Compactación		Clasificación		CBR	
						Densidad máx	H. Óptima	SUCS	AASHTO	100%	95%
1+430	28,00	17,00	11,00	99,89	97,61	1,84	11,77	OL	A-6(15)	3,19	3,14
3+080	0,00	0,00	0,00	100,00	94,92	1,77	11,96	OL	A-4(15)	6,24	6,31
4+520	25,00	15,00	10,00	99,93	96,80	1,85	12,47	OL	A-4(15)	4,89	4,46
6+970	24,00	16,00	8,00	99,86	96,84	1,84	12,56	OL	A-4(15)	4,87	3,85
Capa subbase	0,00	0,00	0,00	28,72	12,14	2,25	6,65	SM	A-2-4(0)	46,00	43,00
Capa base	0,00	0,00	0,00	28,72	12,14	2,23	7,13	GP-GW	A-1-a (0)	100,00	85,00

Fuente: Elaboración propia.

Capacidad portante de la subrasante

Para la determinación de la capacidad portante de la subrasante se han utilizado los datos del estudio de geotecnia, que tiene información de las calicatas. Los resultados de los ensayos y observaciones se volcaron en un perfil geotécnico donde se indican las constantes físicas y mecánicas (límite líquido, índice de plasticidad), porcentaje de finos (pasa tamiz N°200), la clasificación del suelo según el criterio de la AASHTO y SUCS, densidades (Proctor T-180 y T99), valores de CBR. (Ver resumen de estudio de suelos) Anexo 6 (Estudio geotécnico).

El material que se extrajo del tramo corresponde a los siguientes tipos de suelos:

SUELOS A-4 – A-6 Arcillas o arenas limosas y/o mezcladas con arcillas inorgánicas y orgánicas de baja plasticidad

Estos suelos están constituidos por mezclas de los suelos arcillas inorgánicas y limos orgánicos de ligera plasticidad, presentan propiedades que en algunos casos son similares a las de los suelos originales y en otros a una combinación de ellas.

Su permeabilidad es tan baja como en el caso de las arcillas, reduciendo notablemente las condiciones de drenaje interno lo cual hace de estos suelos materiales sensibles a las cargas rápidas (no drenadas) y bajo sistemas de cargas lentas (cargas drenadas) las deformaciones obedecen la teoría de la consolidación en forma aproximada siempre y cuando las características de deformabilidad a carga constante no sean importantes.

Como suelos de fundación son malos en estado saturado tendiendo a regulares en estado seco debido a que la presencia de limo que anula en parte la capacidad cementante de las partículas de arcilla.

De los valores obtenidos en el estudio de suelos, se tomó el CBR de diseño al 95% de ocurrencia, al 100% del proctor modificado AASHTO T-180.

El valor obtenido para el camino en estudio se puede ver en el cuadro siguiente:

Cuadro N°2. 17: Valor de diseño de soporte de la subrasante

Tramo	CBR < 95% ocurrencia
Quebrada el Toro - El Toro	3,00%

Fuente: Elaboración propia.

2.1.3 Estudio hidrológico

La hidrología se define como la ciencia que estudia la disponibilidad y la distribución del agua sobre la tierra.

El caudal de diseño es el dato más importante al realizar el proyecto de una obra de arte para drenaje, el cual debe evacuar, conducir y recoger el agua que fluye sobre o cerca de la vía, definiendo áreas de escurrimientos y dimensiones de construcción de la obra, los métodos empleados trataran de llegar a la estimación aproximada y razonable de este valor o por lo menos que permita estar del lado de la seguridad y confiabilidad durante la vida útil de la estructura.

2.1.3.1 Análisis estadístico de lluvias máximas diarias

Se cuantificarán lluvias máximas de 24 horas para diversos periodos de retorno, datos obtenidos de la estación más cercana al área del proyecto, información básica recopilada por el servicio nacional de meteorología (SENAMHI).

El estudio del comportamiento de la muestra comienza con la revisión de datos en relación a tres aspectos básicos que según el orden de aplicación son: Inconsistencia de la información, ausencia de datos y extensión de registro.

La zona en estudio cuenta con una estación meteorológica, que es la estación de Aeropuerto Bermejo con una extensión de registro histórico que consta desde el año 1.957 al 2.017 con pocas ausencias de datos.

Para el análisis hidrológico se ha utilizado los registros de precipitación desde el año 1.995 al 2.016, basados en el criterio de que haya una consistencia de datos para evitar los posibles errores sistemáticos como ser: cambios de ubicación de los equipos, en su instrumentación, o bien en los procedimientos de observación, los cuales suelen no ser anotados o publicados con los datos de precipitación.

Cuadro N°2. 18: Estación pluviométrica en la zona de estudio

Nombre de la estación	Entidad operadora	Ubicación		Altitud msnm	Provincia	Dpto.	Periodo de registro
		Lat. S	Long. W				
Aeropuerto Bermejo	SENAMHI	22°46' 15"	64° 18' 42"	385,00	Arce	Tarija	1.957-2.017

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente cuadro se muestra las precipitaciones máximas de nuestra estación patrón que es estación más representativa del proyecto.

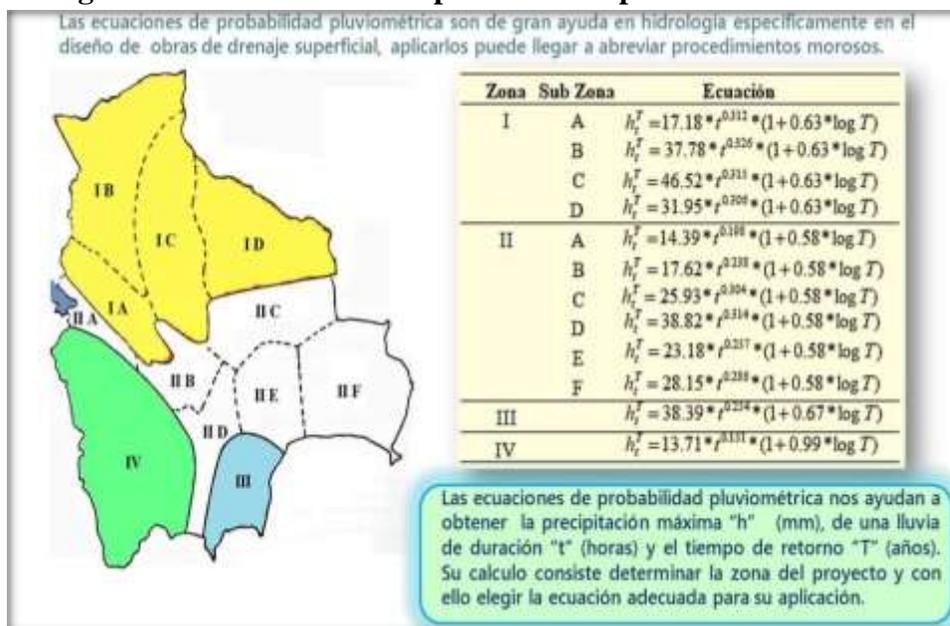
Cuadro N°2. 19: Precipitaciones máximas

Precipitación máxima diaria		
Año hidrológico		Aeropuerto Bermejo (mm)
1995	1996	80,10
1996	1997	76,30
1997	1998	112,10
1998	1999	53,90
1999	2000	62,50
2000	2001	90,70
2001	2002	68,90
2002	2003	56,70
2003	2004	99,50
2004	2005	94,80
2005	2006	88,60
2006	2007	137,20
2007	2008	104,20
2008	2009	101,30
2009	2010	131,70
2010	2011	92,70
2011	2012	65,30
2012	2013	73,80
2013	2014	
2014	2015	108,00
2015	2016	50,00
2016	2017	85,00
Estación		Bermejo
N° de datos		21,00
Media (Hd)		106,00
Desv. (Sd)		23,70
Moda (Ed)		95,33
Característica (Kd)		0,38

Fuente: Elaboración propia.

La ecuación de probabilidad pluviométrica para las distintas regiones de Bolivia, corresponde a la zona III para realizar el ajuste de las lluvias máximas diarias se adoptó.

Imagen N°2. 8: Ecuaciones de probabilidad pluviométrica de Bolivia



Fuente: Manual de diseño hidráulico de obras de drenaje superficial en vías de comunicación, Franz Monroy, 2013.

$$h_t^T = 38,39 * t^{0,254} * (1 + 0,67 * \log T)$$

Dónde:

h_t^T = Precipitación máxima (mm)

T = Periodo de retorno (años)

t = Duración de lluvia (hr)

Cuadro N°2. 20: Altura de lluvia máxima diaria

Periodo de retorno T (años)	htT Altura de lluvia en (mm)
5	19,72
10	28,22
25	32,73
50	36,14
100	39,55

Cunetas
Alcantarillas

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de micro cuenca N°1

Altura de precipitación máxima diaria para cunetas:

Periodo de retorno = 5 años

$$H_tT = 19,72 \text{ mm}$$

Altura de precipitación máxima diaria para alcantarillas:

Periodo de retorno = 25 años

$$H_tT = 32,73 \text{ mm}$$

Periodo de retorno (T). - El diseño de estructuras para control de agua incluye la consideración de riesgos. Una estructura puede fallar si la magnitud correspondiente al periodo de retorno de diseño T se sobrepasa durante la vida útil de la obra

Tabla N°2. 8: Periodo de retorno

Tipo de obra	Tipo de ruta	Periodo de retorno (T años)		Vida útil	Riego de falla (%)	
		Diseño (3)	Verificación (4)		Diseño	Verificación
				supuesta (n años)		
Puentes y viaductos (1)	Carretera	200	300	50	22	15
	Camino	100	150	50	40	28
Alcantarillas ($S > 1,75 \text{ m}^2$) o $H_{\text{terrap}} \geq$	Carretera	100	150	50	40	28
10 m y estructuras enterradas (2)	Camino	50	100	30	45	26
Alcantarillas ($S < 1,75 \text{ m}^2$)	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
Defensas de riberas	Carretera	100	-	20	18	-
	Camino	100	-	20	18	-

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

Tiempo de concentración (Tc). -Se denomina Tc, al lapso de tiempo de precipitación constante que tarda el agua en desplazarse desde el punto más distante hidráulicamente definido dentro de la cuenca hasta el punto de control. Como norma general en drenaje vial, no es recomendable que el tiempo de concentración sea inferior a diez minutos. (Manual de diseño hidraulico , 2013). Se tomará como ejemplo los parámetros para la definición de la cuenca N°1, así también para cada una de las doce cuencas en estudio.

- Superficie
- Longitud del cauce principal
- Cota del punto más alto
- Cota del punto de desagüe
- Pendiente media del cauce principal
- Tiempo de concentración

Cuadro N°2. 21: Propiedades de la cuenca N°1

A = Área de la cuenca	0,41	Km2
L = Longitud del río principal	0,72	Km
J = Pendiente media del río principal	0,13	m/m
H = Desnivel máximo	94,00	m
C = Coeficiente de escorrentía	0,38	
Punto más alto	512,00	m.s.n.m.
Punto más bajo	418,00	m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 22: Tiempo de concentración cuenca N°1

Autor	Ecuación	Tc (h)
Kirpich:	$T_c = 0,30 * \left(\frac{L}{S^{0,35}}\right)^{0,76}$	Tc=0,11
Temez:	$T_c = 0,066 * \left(\frac{L^2}{S}\right)^{0,38}$	Tc=0,40 no cumple
Chereque:	$T_c = \left(0,871 * \frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$	Tc=0,11
Giandotti:	$T_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1,50 * L}{25,30 * S * L}$	Tc=1,53 no cumple
California:	$T_c = 0,066 * \left(\frac{L^2}{\sqrt{S}}\right)^{0,77}$	Tc=0,11
Ventura y Herbas:	$T_c = 0,05 * \sqrt{\frac{A}{S}}$	Tc=0,09 no cumple

Fuente: Elaboración propia.

Al no cumplir sus condiciones de las fórmulas de Temez, Giandotti, y Ventura – Herbas no se tomarán en cuenta para la determinación del tiempo de concentración para esta cuenca, de lo cual se promediará los resultados según Kirpich, Chereque y California obteniendo un valor de:

$$T_c = 0,11 \text{ hr}$$

Cuadro N°2. 23: Resultados de los parámetros para definición de cuencas

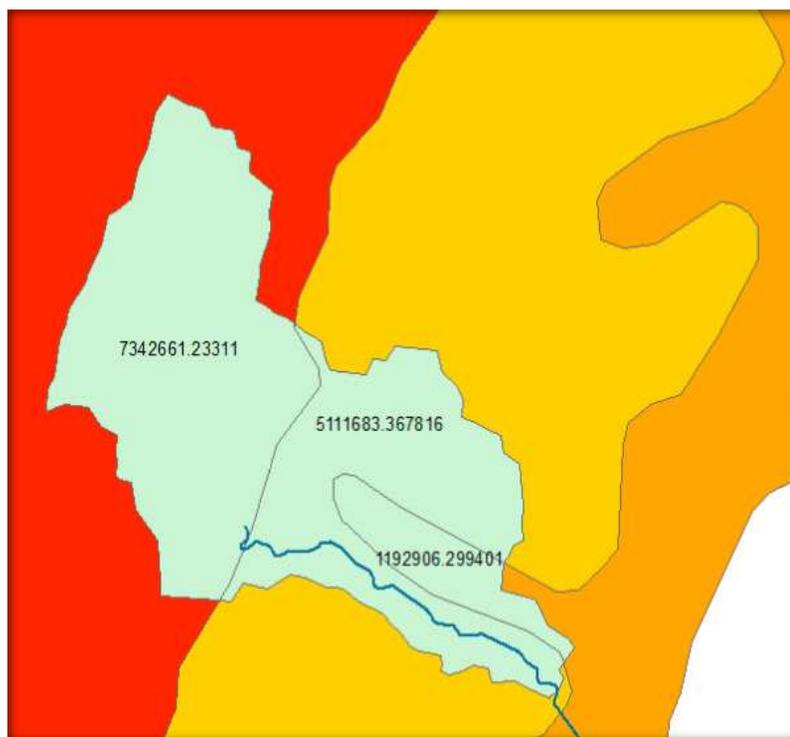
Micro cuenca N°	Área (km ²)	Longitud del rio principal (km)	Dif. De cotas (m)	Pendiente (m/m)	Tiempo de concentración (hr)
1	0,41	0,72	512-418=94	0,13	0,11
2	13,64	8,26	950-415=535	0,06	0,97
3	13,56	8,20	950-418=532	0,06	0,96
4	11,56	6,81	950-443=507	0,07	0,79
5	11,39	6,47	950-453=497	0,08	0,75
6	9,14	5,71	950-472=478	0,08	0,66
7	4,73	4,87	931-491=440	0,09	0,57
8	3,99	4,21	950-488=462	0,11	0,43
9	3,71	4,00	950-484=462	0,12	0,44
10	2,54	1,29	737-537=200	0,16	0,17
11	0,03	0,36	700-677=23	0,06	0,07
12	0,06	0,54	680-650=30	0,06	0,11

Fuente: Elaboración propia.

Coefficiente de escorrentía. - El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo.

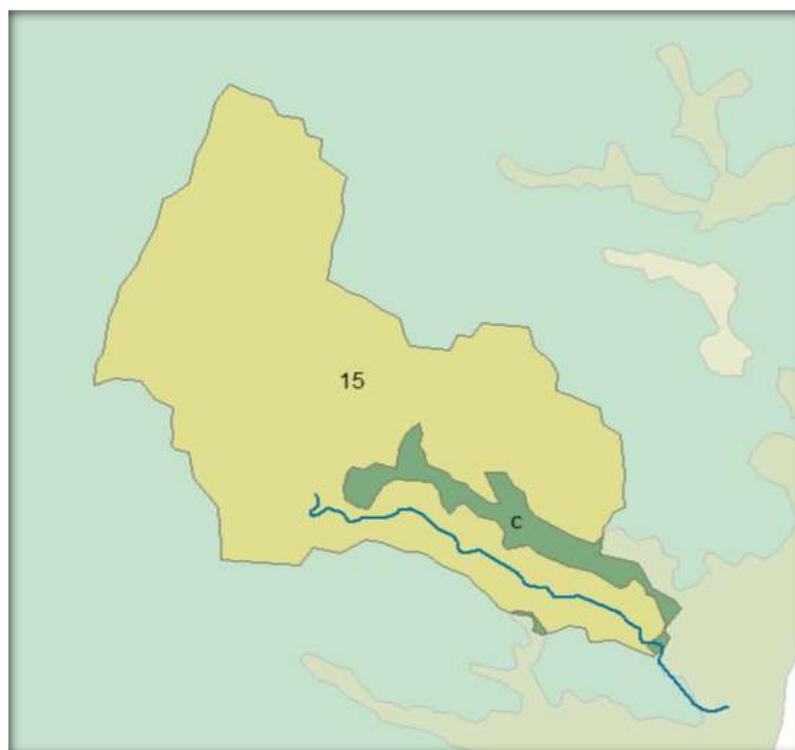
Los parámetros de entrada para la estimación del umbral de escorrentía dependen de la naturaleza del terreno, presencia de vegetación y factores que faciliten la retención superficial del agua, teniendo en el proyecto de estudio un uso de tierra para cultivos en hilera y masas forestales muy espesas con superficies boscosas.

Imagen N°2. 9: Polígono de tipo de suelo



Fuente: Polígonos de tipo de suelo, Zonosig.

Imagen N°2. 10: Polígono de cobertura vegetal



Fuente: Polígonos de vegetación, Zonosig.

Cuadro N°2. 24: Obtención del coeficiente de escorrentía

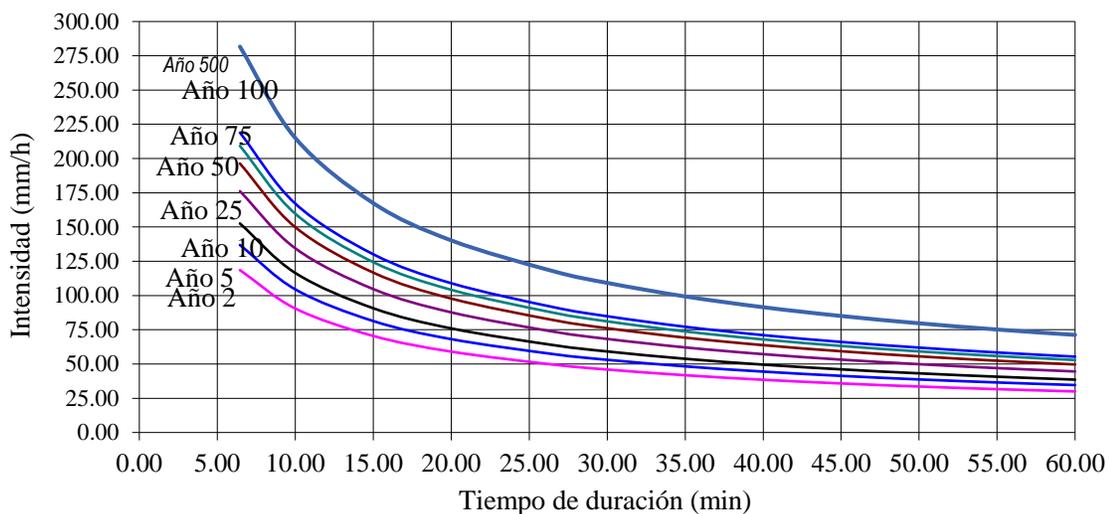
P (Altura de precipitación total (Prec. máx. diaria) (mm))	Ia (Umbral de escorrentía) (mm)	P-Ia	Pe (Escorrentía directa) (mm)	C=Pe/P (Coef. de escorrentía) (Adim.)
80,10	15,17	64,93	29,94	0,37
76,30	15,17	61,13	27,27	0,36
112,10	15,17	96,93	54,37	0,48
53,90	15,17	38,73	13,09	0,24
62,50	15,17	47,33	18,18	0,29
90,70	15,17	75,53	37,68	0,42
68,90	15,17	53,73	22,27	0,32
56,70	15,17	41,53	14,69	0,26
99,50	15,17	84,33	44,39	0,45
94,80	15,17	79,63	40,77	0,43
88,60	15,17	73,43	36,11	0,41
137,20	15,17	122,03	75,24	0,55
104,20	15,17	89,03	48,06	0,46
101,30	15,17	86,13	45,79	0,45
131,70	15,17	116,53	70,57	0,54
92,70	15,17	77,53	39,18	0,42
65,30	15,17	50,13	19,94	0,30
73,80	15,17	58,63	25,5547219	0,35
108,00	15,17	92,83	51,0780711	0,47
50,00	15,17	34,83	10,9565863	0,22
85,00	15,17	69,83	33,4646818	0,39
Promedio de coeficiente escorrentía				0,38

Fuente: Elaboración propia.

Obtención de la intensidad de precipitación

Para un período de retorno T=25 años para alcantarillas

Gráfico N°2. 6: Curva IDF, cuenca N°1



Fuente: Elaboración propia.

Intensidad de diseño: Intensidad = 173,67 mm/h.

2.1.3.2 Estimación de caudal de diseño

El caudal máximo de diseño, es la magnitud del gasto que se adopta para el proyecto de una estructura hidráulica, formulas empíricas que se utilizarán como ser; métodos estadísticos, relaciones lluvia – escurrimiento y el método racional el cual es utilizable a cuencas pequeñas menores a 25 km².

$$Q = 0,278 * C * i * A$$

$$Q = 0,278 * 0,38 * 0,41 * 173,67$$

$$Q = 7,52 \text{ m}^3/\text{s}$$

Donde:

Q = Aportación líquida de la cuenca (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía (Adm)

I = Intensidad media de lluvia (mm/hr)

A = Área de la cuenca (km²)

Los elementos de los que se suele partir para determinar el caudal de avenida son los que enumeramos a continuación:

- Periodo de retorno
 - ✓ T= 5 años (Drenaje longitudinal)
 - ✓ T =25 años (Drenaje transversal)
 - ✓ T=100 años (Drenaje transversal, obras de arte mayor)
- Precipitaciones máximas anuales en un número determinado de años (21 datos).
- Características de la cuenca
 - ✓ Pendiente de la cuenca o cotas para la determinación de la misma
 - ✓ Longitud
- Coeficiente de escorrentía o datos para su cálculo

Cuadro N°2. 25: Resultados de cálculo de caudales, método racional

Tipo de obra de arte	Área (km²)	Intensidad (mm/hr)	Coef. de escorrentía (Adm)	Caudal (m³/s)	Tirante de diseño en puentes (m)
Alcantarilla - 1	0,41	173,67	0,38	7,52	
Puente - 1	13,64	45,54	0,38	81,46	2,68
Puente - 2	13,56	45,54	0,38	80,98	2,89
Puente - 3	11,56	51,58	0,38	78,20	2,00
Puente - 4	11,39	53,24	0,38	79,54	3,38
Puente - 5	9,14	57,66	0,38	69,13	1,54
Alcantarilla - 2	4,73	63,32	0,38	31,61	
Alcantarilla - 3	3,99	75,27	0,38	31,70	
Alcantarilla - 4	3,71	73,72	0,38	28,87	
Alcantarilla - 5	2,54	130,75	0,38	35,06	
Alcantarilla - 6	0,03	222,36	0,38	0,68	
Alcantarilla - 7	0,06	176,14	0,38	1,19	

Fuente: Elaboración propia.

2.1.4 Estudio de tráfico

El objetivo principal del estudio de tráfico, es determinar el volumen vehicular que circula por la vía y las características de tráfico el cual será considerado para propósitos de diseño del camino, cuantificándose la proyección del crecimiento del tráfico.

El estudio de tráfico generó datos básicos que posteriormente fueron usados en el diseño del camino, como ser: El diseño de la estructura del pavimento y en la evaluación de factibilidad del proyecto.

Este informe contiene primordialmente información del tráfico normal basado en la aplicación de encuestas y el conteo de vehículos.

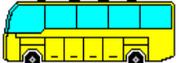
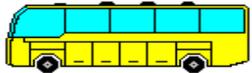
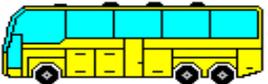
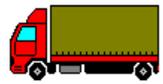
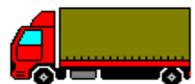
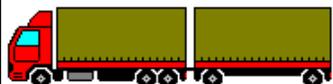
Los códigos para los vehículos corresponden a la clasificación adoptada por la norma de la ABC, para el aforo vehicular el punto de conteo del flujo vehicular fue en la comunidad Quebrada el Toro con coordenada este 369316,72 m E y coordenada norte 7494681,98 m S, en este punto de aforo se consideró el flujo vehicular con origen y destino, al ser paso obligatorio de ingreso y salida de las movilidades, debido que hay un tramo que deberá ser aperturado.

Imagen N°2. 11: Estación de aforo vehicular El Toro



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°2. 9: Clasificación vehicular según la ABC

Código	Tipo de vehículos	Figura
1	Automóviles, jeep y vagonetas	
2	Camionetas (hasta 2 tn.)	
3	Minibuses (hasta 15 pasajeros)	
4	Microbuses (hasta 21 pasajeros; de 2 ejes)	
5	Buses medianos (hasta 35 pasajeros; de 2 ejes)	
6	Buses grandes (hasta 35 pasajeros; de 3 ejes)	
7	Camiones medianos (de 2,5 a 10 tn; de 2 ejes)	
8	Camiones grandes (más de 10 tn; de 2 ejes)	
9	Camiones grandes (más de 10 tn; de 3 ejes)	
10	Camiones semi remolque	
11	Camiones remolque	
12	Otros vehículos	

Fuente: Administradora boliviana de carreteras ABC.

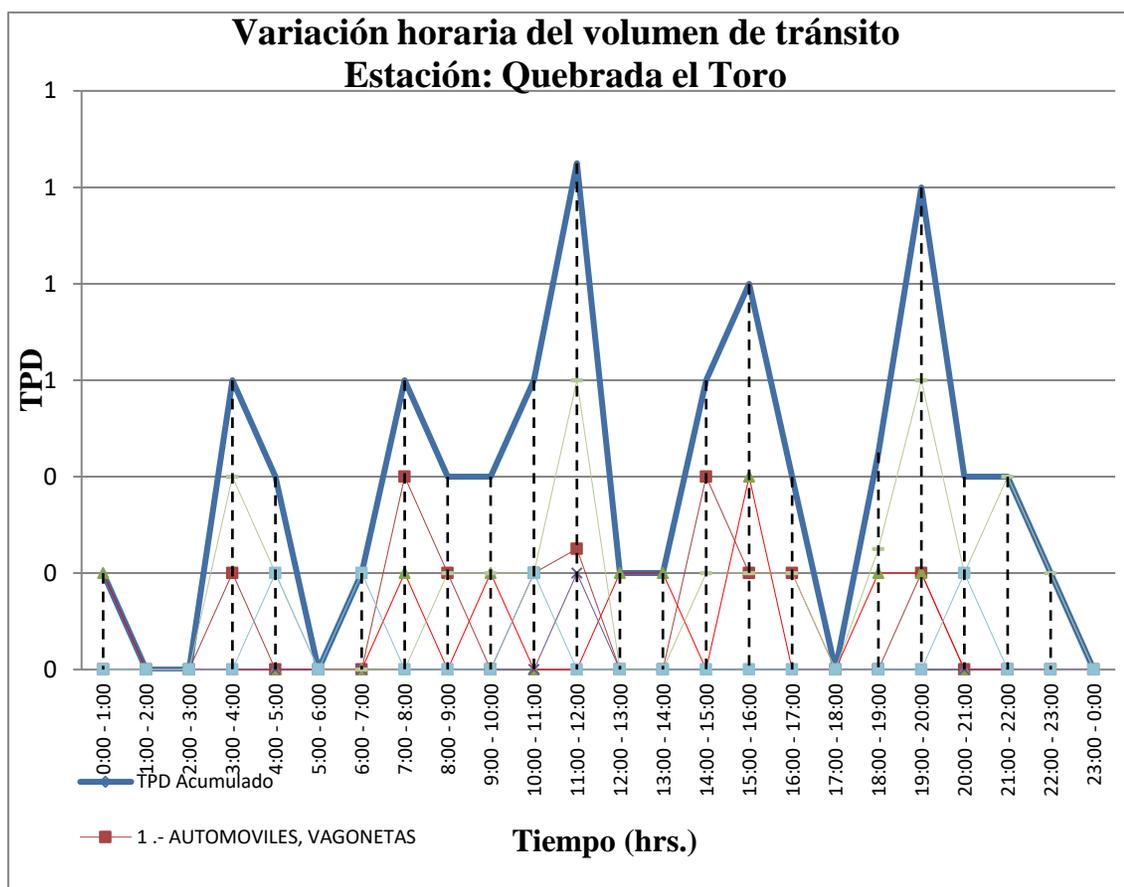
Cuadro N°2. 26: Composición del tráfico promedio horario

C.- Ambos sentidos de circulación Quebrada el Toro<==> El Toro

Hora		Tipo de vehículo												Total	
De:	A:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	(vph)	(%)
0:00 - 1:00	00:00 - 01:00		0											0	2,20%
1:00 - 2:00	01:00 - 02:00														
2:00 - 3:00	02:00 - 03:00														
3:00 - 4:00	03:00 - 04:00	0							0					1	6,59%
4:00 - 5:00	04:00 - 05:00								0		0			0	4,40%
5:00 - 6:00	05:00 - 06:00														
6:00 - 7:00	06:00 - 07:00										0			0	2,20%
7:00 - 8:00	07:00 - 08:00	0	0											1	6,59%
8:00 - 9:00	08:00 - 09:00	0							0					0	4,40%
9:00 - 10:00	09:00 - 10:00		0						0					0	4,40%
10:00 - 11:00	10:00 - 11:00	0							0		0			1	6,59%
11:00 - 12:00	11:00 - 12:00	0		0					1					1	11,54%
12:00 - 13:00	12:00 - 13:00		0											0	2,20%
13:00 - 14:00	13:00 - 14:00		0											0	2,20%
14:00 - 15:00	14:00 - 15:00	0							0					1	6,59%
15:00 - 16:00	15:00 - 16:00	0	0						0					1	8,79%
16:00 - 17:00	16:00 - 17:00	0							0					0	4,40%
17:00 - 18:00	17:00 - 18:00														
18:00 - 19:00	18:00 - 19:00		0						0					0	4,95%
19:00 - 20:00	19:00 - 20:00	0	0						1					1	10,99%
20:00 - 21:00	20:00 - 21:00								0		0			0	4,40%
21:00 - 22:00	21:00 - 22:00								0					0	4,40%
22:00 - 23:00	22:00 - 23:00								0					0	2,20%
23:00 - 0:00	23:00 - 00:00														
Total (TPD)		2	2	0					4		1			9	100,00%
Porcentaje (%)		24,73%	19,78%	2,20%					44,51%		8,79%			100,00%	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°2. 7: Variación horaria del volumen de tránsito



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 27: Resultado de tráfico promedio diario

Código	Tipo de vehículo	Número de vehículos
1	Automóviles, jeep y vagonetas	2,00
2	Camionetas (hasta 2tn)	2,00
8	Camiones grandes (más de 10tn, de 2ejes)	4,00
10	Camión semirremolque	1,00
Tráfico promedio diario		9,00

Fuente: Elaboración propia.

El TPD para el año 2021 es:

$$\text{TPD} = 9 \text{ veh/día}$$

2.1.4.1 Proyecciones de tráfico

La proyección del tráfico consiste en la predicción del tránsito futuro en la red del proyecto, con una proyección para un periodo de 20 años. Esta predicción está basada en varios factores, fundamentalmente económicos, los mismos que están supeditados a los cambios de la economía del país y los cambios de las economías de los países que estarían relacionados con los productos de exportación e importación que recorren la ruta.

Asimismo, la proyección de tráfico está ligada al aumento de la población, al crecimiento del PIB, al número de vehículos del parque automotor, al mayor uso de los vehículos y al desarrollo productivo o industrial de la zona, etc.

Para los estudios de transporte en los países en vías de desarrollo, al estimar la magnitud de la demanda de transporte es conveniente examinar por separado las siguientes fuentes generadoras de tráfico: El tráfico normal, el tráfico atraído o derivado y el tráfico generado.

- El tráfico normal corresponde al tráfico existente y su proyección
- El tráfico atraído o derivado al que se atraería de otras vías próximas por las ventajas que se ofrecerán con el nuevo camino como ser el ahorro en la distancia recorrida, ahorro en el tiempo de viaje, confort, etc.
- El tráfico generado consiste en:
 - a) tráfico que se origina exclusivamente por la construcción de la nueva vía, sin necesidad de cambio en el uso de la tierra, es decir el tráfico por la novedad o mayor comodidad.
 - b) El tráfico de desarrollo, debido al desarrollo del uso de la tierra adyacente al camino.

2.1.4.1.1 Tasas de crecimiento

Como se ha mencionado anteriormente, los parámetros que se consideran para determinar las tasas de proyección son los siguientes:

- Evolución del TPDA
- Crecimiento de la población
- Producto interno bruto
- Evolución del parque automotor

2.1.4.1.2 Evolución del TPDA

En los proyectos relacionados con el transporte carretero, el primer parámetro que debe ser analizado es el Tráfico Promedio Diario Anual, más concretamente, su evolución histórica. Esto permite observar la tendencia que ha seguido el TPDA en años anteriores. Una primera suposición es que los volúmenes futuros puedan crecer siguiendo la tendencia de años anteriores.

Para el presente proyecto no tenemos registros históricos del tráfico en esta ruta.

2.1.4.1.3 Crecimiento de la población

El crecimiento poblacional tiene relación con la generación de viajes de pasajeros, lo que indica que las variaciones de este parámetro se aplican principalmente a los vehículos de transporte de pasajeros. En el cuadro N°2.28 se presentan las tasas de crecimiento intercensal de las poblaciones relacionadas con el proyecto:

Cuadro N°2. 28: Tasa anual de crecimiento intercensal (periodo 2.001-2.012)

Ámbito	Tasa de crecimiento (%)
Población del departamento de Tarija	3,18
Población municipio de Bermejo	3,58

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

2.1.4.1.4 Evolución del producto interno bruto – PIB

El producto interno bruto (PIB) es otro de los parámetros que debe ser considerado en el análisis de transporte, por la relación con los volúmenes de tráfico.

Este parámetro por su relación con la producción, se refleja en el transporte de carga traducido en el número de camiones.

Al no contar con valores del PIB desagregado por regiones o poblaciones alrededor del camino, se consideró el PIB del departamento de Tarija.

En el periodo 2.006 a 2.015 el PIB creció 4,30% en el departamento de Tarija.

2.1.4.1.5 Evolución del parque automotor

En el siguiente cuadro se muestra la evolución del parque de vehículos.

Cuadro N°2. 29: Parque automotor de los municipios en estudio

Ámbito	Tasa de crecimiento (%)
Parque automotor municipio de Tarija	5,20
Parque automotor municipio de Bermejo	9,16

Fuente: Estadísticas del parque automotor 2018-2019 RUAT-INE.

Imagen N°2. 12: Parque automotor en el municipio de Tarija año 2018

VEHICULOS
GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE TARIJA
PARQUE AUTOMOTOR CLASIFICADO POR CLASE Y SERVICIO
(VEHICULOS REEMPLACADOS CON RADICATORIA DEFINIDA)
AL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO 2018

ALCALDIA	CLASE	OFICIAL	PARTICULAR	PUBLICO	TOTAL
TARIJA	AUTOMOVIL	7	14.343	211	14.561
	BUS	14	213	186	413
	CAMION	409	5.461	389	6.259
	CAMIONETA	463	9.132	22	9.617
	FURGONETA	8	170	1	179
	JEEP	70	1.989		2.059
	MICRO	2	683	301	986
	MINIBUS	9	922	61	992
	MOTO	792	20.940		21.732
	QUADRATRACK	32	79		111
	TORPEDO	14	3		17
	TRACTO-CAMION	16	306	421	743
	VAGONETA	214	17.309	333	17.856
TOTAL		2.850	71.550	1.925	75.325

Fuente: Estadísticas del parque automotor 2.018-2.019 RUAT-INE.

Imagen N°2. 13: Parque automotor en el municipio de Tarija año 2019

VEHICULOS
GOBIERNO AUTONOMO MUNICIPAL DE TARIJA
PARQUE AUTOMOTOR CLASIFICADO POR CLASE Y SERVICIO
(VEHICULOS REEMPLACADOS CON RADICATORIA DEFINIDA)
AL MES DE DICIEMBRE DEL AÑO 2019

ALCALDIA	CLASE	OFICIAL	PARTICULAR	PUBLICO	TOTAL
TARIJA	AUTOMOVIL	5	15.000	230	15.235
	BUS	13	209	192	414
	CAMION	409	5.536	388	6.333
	CAMIONETA	431	9.485	23	9.939
	FURGONETA	7	188		195
	JEEP	70	1.996		2.066
	MICRO	2	651	303	956
	MINIBUS	10	948	59	1.017
	MOTO	722	23.136		23.858
	QUADRATRACK	32	89		121
	TORPEDO	14	3		17
	TRACTO-CAMION	16	333	444	793
	VAGONETA	207	17.095	321	18.523
TOTAL		1.938	75.569	1.960	79.467

Fuente: Estadísticas del parque automotor 2.018-2.019 RUAT-INE.

El crecimiento del parque automotor en el municipio de Tarija es de 5,20 %.

El crecimiento del parque automotor en el municipio de Bermejo es de 9,16% y consta de una cantidad de 7.635,00 automóviles para el año 2.019 y 6.994,00 automóviles para el año 2.018, datos obtenidos por el RUAT de cada municipio.

2.1.4.2 Tráfico normal

Existen diferentes modelos para las proyecciones de la demanda de tráfico en la carretera. Para determinar en el proyecto el TPDA actual se estableció y proyectó el tráfico futuro con las tasas obtenidas.

Las tasas de crecimiento fueron obtenidos a través de índices de crecimiento son los siguientes:

Cuadro N°2. 30: Tasas de crecimiento

Variable	Índice de crecimiento
Población departamento de Tarija	3,18
Población municipio de Bermejo	3,58
PIB	4,30
Parque automotor	9,16
Promedio	5,06

Fuente: Elaboración propia.

Para la evaluación socio-económica y el diseño del camino, se calcularon los volúmenes de tráfico para el tramo en estudio.

Los volúmenes han sido calculados para doce tipos de vehículos ya mencionados, los volúmenes de tráfico obtenidos se muestran en los siguientes cuadros:

Cuadro N°2. 31: Volúmenes de tráfico normal

Año	N°	Livianos			Buses			Camiones					Otros	Total
		Automóvil Vagoneta	Camioneta	Minibús	Microbús	Mediano	Grande	Mediano	Grande 2 ejes	Grande 3 ejes	Semi-Remolque	Con Remolque		
2021	0	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	1,00	0,00	0,00	9,00
2022	1	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	1,00	0,00	0,00	9,00
2023	2	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	1,00	0,00	0,00	9,00
2024	3	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	1,00	0,00	0,00	10,00
2025	4	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	1,00	0,00	0,00	10,00
2026	5	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	1,00	0,00	0,00	12,00
2027	6	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	1,00	0,00	0,00	12,00
2028	7	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	1,00	0,00	0,00	13,00
2029	8	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	1,00	0,00	0,00	13,00
2030	9	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	2,00	0,00	0,00	14,00
2031	10	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00	2,00	0,00	0,00	15,00
2032	11	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00	2,00	0,00	0,00	15,00
2033	12	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00	2,00	0,00	0,00	17,00
2034	13	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	2,00	0,00	0,00	18,00
2035	14	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	2,00	0,00	0,00	18,00
2036	15	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	2,00	0,00	0,00	18,00
2037	16	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00	2,00	0,00	0,00	19,00
2038	17	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00	2,00	0,00	0,00	21,00
2039	18	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	2,00	0,00	0,00	22,00
2040	19	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	3,00	0,00	0,00	23,00
2041	20	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	3,00	0,00	0,00	24,00
2042	21	6,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	3,00	0,00	0,00	26,00
2043	22	6,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00	3,00	0,00	0,00	27,00
2044	23	6,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	0,00	3,00	0,00	0,00	27,00

Fuente: Elaboración propia.

2.1.4.3 Tráfico generado

El tráfico que se generó por el proyecto (puesta en servicio el año 2.025) tendrá un valor de 25% respecto al tráfico normal.

Cuadro N°2. 32: Volúmenes de tráfico generado

Tráfico generado estación: Quebrada el Toro														
Año	N°	L i v i a n o s			Buses			Camiones					Otros	Total
		Automóvil Vagoneta, Jeep	Camioneta	Minibús	Microbús	Mediano	Grande	Mediano	Grande 2 ejes	Grande 3 ejes	Semi- Remolque	Con Remolque		
		25%							Del tráfico normal					
2025	1	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00
2026	2	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00
2027	3	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00
2028	4	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00
2029	5	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00
2030	6	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	5,00
2031	7	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	5,00
2032	8	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	5,00
2033	9	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	5,00
2034	10	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	5,00
2035	11	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	5,00
2036	12	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	5,00
2037	13	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	5,00
2038	14	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	5,00
2039	15	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00	0,00	6,00
2040	16	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00	0,00	6,00
2041	17	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00	0,00	6,00
2042	18	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00	0,00	8,00
2043	19	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00	0,00	8,00
2044	20	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00	1,00	0,00	0,00	8,00

Fuente: Elaboración propia.

2.1.4.4 Tráfico derivado o desarrollado

Se cuantifica el tránsito desarrollado de 5% del tránsito normal con un periodo de generación de 5 años puesta en funcionamiento la vía.

Cuadro N°2. 33: Volúmenes de tráfico derivado

Año	N°	Livianos			Buses			Camiones					Otros	Total	
		Automóvil Vagoneta, Jeep	Camioneta	Minibús	Microbús	Mediano	Grande	Mediano	Grande 2 ejes	Grande 3 ejes	Semi-Remolque	Con Remolque			
		5% Del tráfico normal													
2025	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2026	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2027	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2028	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2029	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2030	6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2031	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2032	8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2033	9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2034	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2035	11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2036	12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2037	13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2038	14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2039	15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2040	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2041	17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2042	18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2043	19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
2044	20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Fuente: Elaboración propia.

2.1.4.5 Tráfico total

Cuadro N°2. 34: Volúmenes de tráfico total estimado

Año	N°	Livianos			Buses			Camiones					Otros	Total
		Automóvil Vagoneta, Jeep	Camioneta	Minibús	Microbús	Mediano	Grande	Mediano	Grande 2 ejes	Grande 3 ejes	Semi- Remolque	Con Remolque		
		Normal + Generado + Derivado												
2021		2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	1,00	0,00	0,00	9,00
2022		2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	1,00	0,00	0,00	9,00
2023		2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	1,00	0,00	0,00	9,00
2024		2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	1,00	0,00	0,00	10,00
2025	1	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	1,00	0,00	0,00	14,00
2026	2	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	1,00	0,00	0,00	16,00
2027	3	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	1,00	0,00	0,00	16,00
2028	4	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	1,00	0,00	0,00	18,00
2029	5	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	1,00	0,00	0,00	18,00
2030	6	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	3,00	0,00	0,00	20,00
2031	7	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00	3,00	0,00	0,00	21,00
2032	8	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00	3,00	0,00	0,00	21,00
2033	9	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00	3,00	0,00	0,00	23,00
2034	10	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	3,00	0,00	0,00	24,00
2035	11	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	3,00	0,00	0,00	24,00
2036	12	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	3,00	0,00	0,00	24,00
2037	13	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	3,00	0,00	0,00	25,00
2038	14	6,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	3,00	0,00	0,00	27,00
2039	15	6,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	0,00	3,00	0,00	0,00	29,00
2040	16	6,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	0,00	4,00	0,00	0,00	30,00
2041	17	6,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00	4,00	0,00	0,00	31,00
2042	18	8,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	0,00	4,00	0,00	0,00	35,00
2035	19	8,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	0,00	4,00	0,00	0,00	36,00
2036	20	8,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	0,00	4,00	0,00	0,00	36,00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 35: Resultado de tráfico futuro

Año de obra puesta en servicio	Tipo de tráfico	Nº de vehículos
2.025	Tráfico normal	27,00
2.025	Tráfico generado	8,00
2.025	Tráfico derivado	1,00
Tráfico promedio diario anual		36,00

Fuente: Elaboración propia.

El Tráfico Promedio Diario Anual de diseño es:

$$TPDA_{\text{Diseño}} = 36,00 \text{ Veh/día}$$

2.2 DISEÑO DE INGENIERIA

2.2.1 Ubicación del proyecto

2.2.1.1 Ubicación física del proyecto

El lugar de ejecución del diseño de ingeniería se llevará a cabo en la comunidad de Quebrada el Toro teniendo las siguientes coordenadas:

- 22°36'28,84" de Latitud Sud.
- 64°18'42,66" de Longitud Oeste.
- UTM: 365.166,19 m Este.
- UTM: 7.499.278,76 m Sur.
- Altitud: 473 m.s.n.m.
- Huso 20 k.

Colindante:

Norte: Con la comunidad de Villa Nueva del Municipio de Bermejo.

Sur: Con la comunidad de Costa Rica del Municipio de Bermejo.

Este: Con la comunidad de la Florida del Municipio de Bermejo.

Oeste: Con la comunidad de Peralitos del Municipio de Bermejo.

Ubicación:

Departamento: Tarija
 Provincia: Aniceto Arce
 Sección: 2da Sección
 Municipio: Bermejo
 Ciudad: Bermejo
 Distrito: Distrito 2
 Cantón: Arrozales

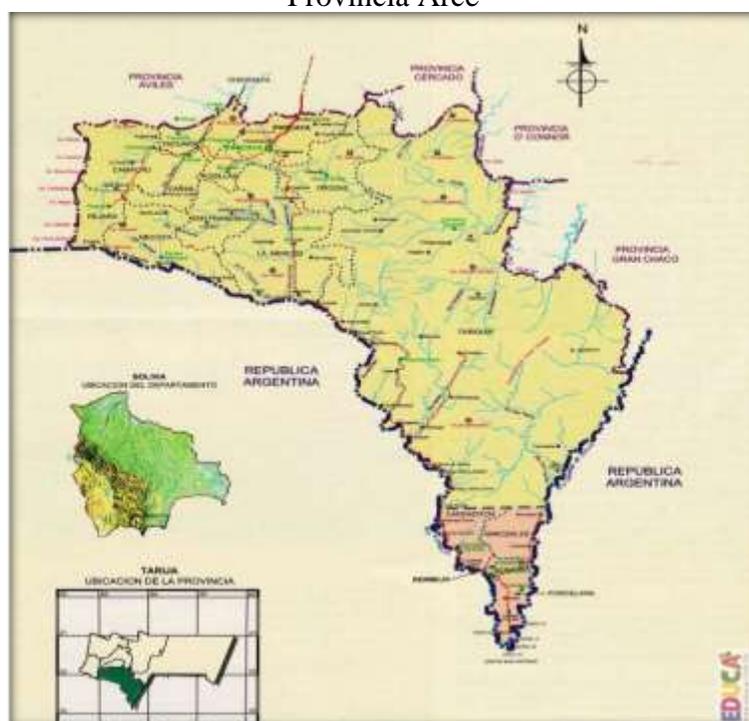
Figura N°2. 1: Ubicación política del proyecto a nivel departamental



Fuente: Educa Bolivia.

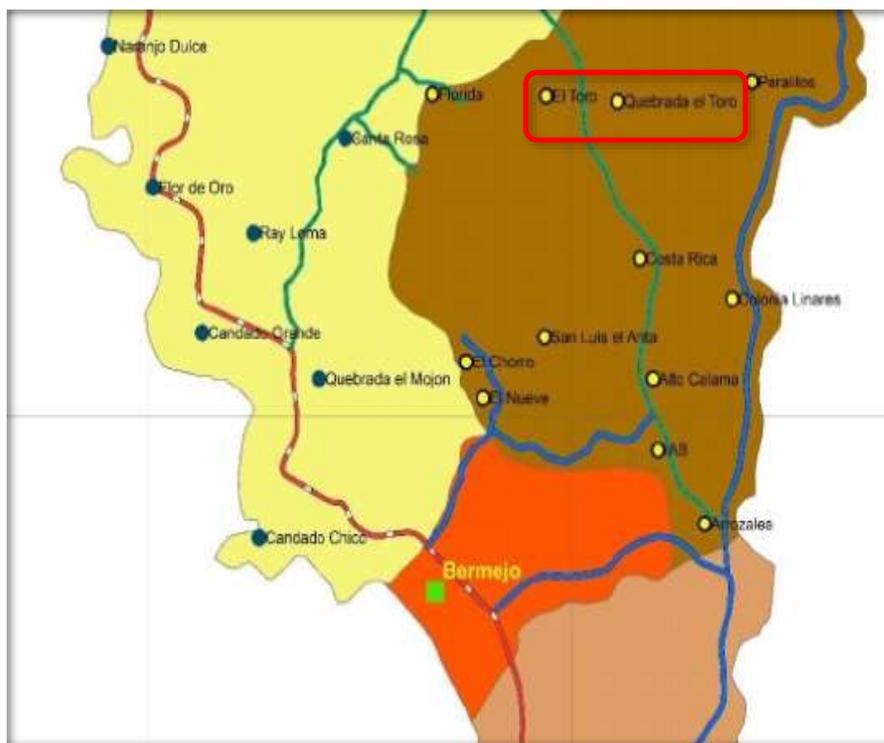
Figura N°2. 2: Ubicación política del proyecto a nivel provincial

Provincia Arce



Fuente: Educa Bolivia.

Figura N°2. 3: Ubicación política del proyecto



Fuente: Educa Bolivia.

Figura N°2. 4: Ubicación general del proyecto



Fuente: Elaboración propia, Google earth.

2.2.2 Información básica del área del proyecto

Población beneficiaria

Las comunidades beneficiarias del proyecto son, Quebrada el Toro y El Toro las mismas que tienen una población 187 habitantes y 58 habitantes, familias que viven en los diferentes sectores de las comunidades y los diferentes usuarios que transitan por el camino.

Cuadro N°2. 36: Resumen censo población y vivienda 2.012 comunidades en estudio

Población empadronada por sexo				
Comunidad	Total	Hombres	Mujeres	N° de familia
El Toro	58,00	28,00	30,00	13,00
Quebrada el Toro	187,00	97,00	92,00	42,00

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

Educación

La educación dependiente del distrito de Bermejo, las comunidades de “Quebrada el Toro y El Toro” cuentan cada una con una unidad educativa.

Cuadro N°2. 37: Resumen censo de las unidades educativas de las comunidades

Nombre	Nivel	Área	Dependencia	Docentes	Aulas
El Toro	Primaria	Rural	Fiscal o estatal	1,00	2,00
Quebrada el Toro	Inicial y primaria	Rural	Fiscal o estatal	1,00	2,00

Fuente: Distrital de educación de Bermejo-2.013.

Características generales

Las comunidades de Quebrada el Toro y El Toro, se encuentra en el municipio de Bermejo, provincia Arce del departamento de Tarija, el lugar presenta un clima cálido, semihúmedo, caracterizado por sus llanuras chaqueñas, con temperaturas elevadas casi todo el año. El suelo característico de la zona según zonosig es el cambisol que es una formación de minerales de arcilla y óxidos de hierro, de relieve escarpado teniendo pendientes de 30 y 60%.

Aspectos productivos. -La producción agrícola que tienen las comunidades de Quebrada el Toro y El Toro, es su principal fuente de ingreso, como principal actividad de producción predomina la caña de azúcar, le siguen maíz, arroz, maní, frutos, etc.

Infraestructura. - Las comunidades de Quebrada el Toro y El Toro, no constan de un camino debidamente diseñado, y que permita el tránsito de movi­lidades durante los 365 días del año para llevar sus productos y comercializar en el mercado local, cuya estructura vial es indispensable para el movimiento de su economía y llegar a centros de salud y educación.

Servicios básicos. - Las comunidades en estudio no cuentan con los servicios básicos, que el ser humano tiene como derecho tenerlos. No acceden a un servicio de luz, agua potable, alcantarillado y otros. Los pobladores se encuentran dispersos en toda el área, no tiene un establecimiento educativo adecuado, el mismo consta de dos aulas y un profesor, cursando el nivel básico, tampoco se cuenta con un centro de salud.

2.3. DISEÑO GEOMÉTRICO

En esta parte realizaremos todo el diseño geométrico de nuestro camino. Empezaremos seleccionando nuestros parámetros según la normativa de la Administradora Boliviana de Carreteras, utilizando el software Civil 3D se realizará el diseño geométrico con los elementos, tanto rectas, curvas horizontales y verticales trabajando adecuadamente según la normativa.

2.3.1 Análisis de alternativa de trazo geométrico

La alternativa única es el trazo actual y una apertura, en el aspecto social nos encontramos con comunarios que dan el visto bueno y comentarios para el desarrollo del proyecto, mientras que en el aspecto técnico y económico se tendrá que optimizar el diseño al máximo por la topografía.

2.3.1.1 Alternativa única de trazo

Al elegir la alternativa, se tomaron varios criterios, pero siempre teniendo en cuenta que es un diseño de mejoramiento, el cual nos indica que el camino ya se encuentra trazado hace años antes, por lo tanto, el camino pasa por puntos estratégicos inamovibles (viviendas, entre otros) por lo tanto se debe respetar en su gran mayoría el trazo inicial delimitado, se tomó en cuenta que los terrenos cultivables no podrán ser tocados por que es propiedad privada de los agricultores de la zona.

Para tener otras alternativas de trazo se deberá hacer expropiaciones y servidumbres según indica el decreto supremo N°28.946 del Estado Plurinacional de Bolivia en su artículo 25 que se describe a continuación.

Artículo 25.- (expropiaciones y servidumbres)

I. En caso de que en la zona del derecho de vía existan propietarios cuya data sea anterior al diseño de la carretera, las entidades competentes, mediante el trámite de expropiación correspondiente, liberarán el derecho de vía para la ejecución de los trabajos de mejoramiento o construcción, será prioritaria la compensación con bienes del estado y, en su caso, se asignará los recursos suficientes.

II. Si se establece técnicamente que no es necesaria la expropiación de determinadas áreas, sino que éstas sean sometidas a servidumbre, para que se haga efectiva dicha servidumbre se procesará al trámite correspondiente.

III. En el caso de que los afectados no cuenten con títulos de propiedad y sean poseedores legales, de conformidad a la ley N°1.715 de 18 de octubre de 1.996, del servicio nacional de reforma agraria, la Administradora Boliviana de Carreteras, únicamente a través de las prefecturas de departamento, reconocerá las mejoras efectuadas en ese predio agrario.

IV. Las tierras comunitarias de origen – TCOs y las propiedades comunitarias campesinas o indígenas, por las características establecidas en los numerales V y VI del artículo 41 de La ley N°1.715 de 18 de octubre de 1.996, del servicio nacional de reforma agraria, deberán ser consultadas para el uso de derecho de vía y acordarse una indemnización y/o compensación con la Administradora Boliviana de Carreteras.

Derecho de vía de caminos

La normativa legal en vigencia (D.S. N°25.134 de fecha 21 de agosto del 1.998), determina que el sistema nacional de carreteras, está conformado por: caminos de la red fundamental, caminos de la red departamental, caminos de la red municipal.

Esta normativa establece el ancho del derecho de vía sólo para la red fundamental, el ancho del derecho de vía de los caminos de la red departamental y caminos de la red municipal o vecinal, deberá ser establecido por las prefecturas y municipalidades a través de un instrumento técnico/legal de acuerdo a las características de las vías camineras.

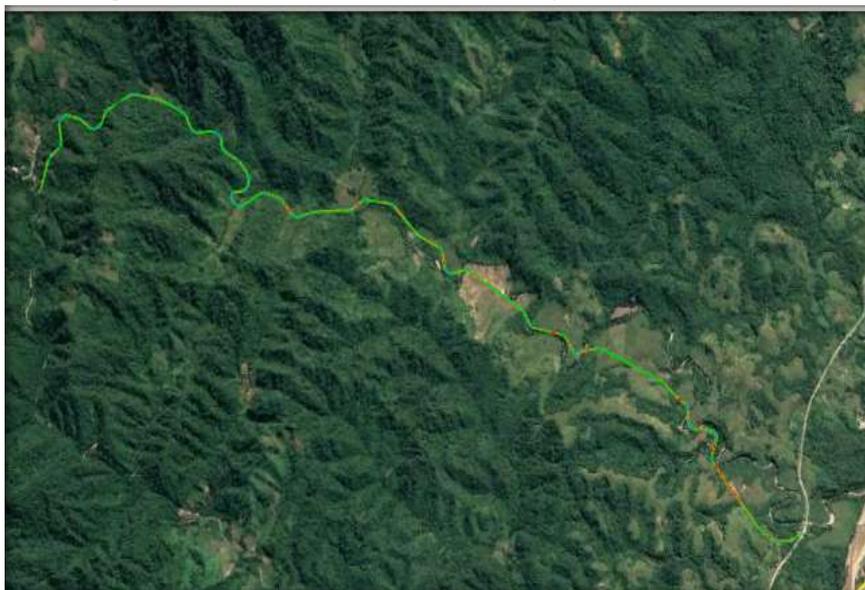
Tomando en cuenta la normativa legal vigente para la clasificación según el D.S. N°25.134 de fecha 21 de agosto de 1.998, para línea férrea se tomará en cuenta lo descrito en el D.S. N°24.177 del 8 de diciembre de 1.995, u obra pública, amparada con norma legal.

En caso de no contar con la base legal del DV correspondiente hasta la conclusión de la mensura predial, se asumirá las siguientes distancias para determinar los anchos vía (a partir del eje de vía) en el amojonamiento de vértices:

- Caminos red departamental 20 metros.
- Caminos red municipal 10 metros.

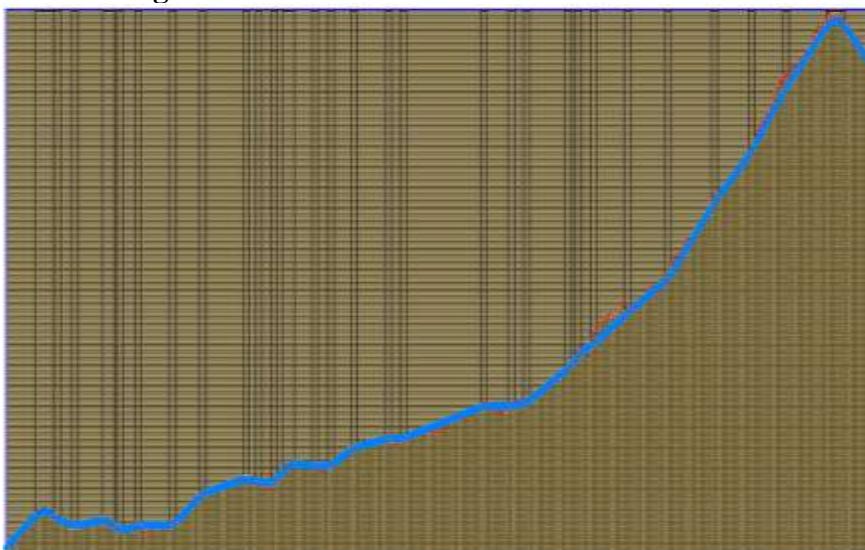
Derecho de vía para nuestro camino municipal desde Quebrada el Toro – El Toro es de 10 metros.

Figura N°2. 5: Georreferenciación y trazo alternativa



Fuente: Elaboración propia en Google earth.

Figura N°2. 6: Perfil de trazo alternativa única



Fuente: Elaboración propia en AutoCAD Civil 3D

2.3.1.2 Selección de la alternativa única de trazo

El proyecto “Diseño de ingeniería mejoramiento de camino Quebrada el Toro - El Toro” pertenece a la red vial municipal de la provincia Arce.

Este camino tiene una longitud de diseño de 7,14 Km.

Es considerada importante para el desarrollo de la provincia Arce y del departamento de Tarija debido a los siguientes factores:

- La necesidad de integración que tienen las comunidades con las provincias del departamento.
- Las restricciones y dificultades a las que se ve sometido el camino, debido a las características actuales: Ancho de la plataforma, superficie de rodadura, radios de curvatura insuficientes, no se cuenta con sistemas de drenaje, etc.
Perjuicios que afectan la economía de la región y de los usuarios, incrementando substancialmente los costos de operación de los vehículos que transitan en el camino.
- La urgencia de mejorar las condiciones de vida, a través de la comunicación e integración de las comunidades con bajos ingresos económicos del sur Boliviano, incorporándolos a la economía nacional.

La solución a todos estos aspectos y demandas se verá plasmada con la construcción del camino, se tiene solo una alternativa de trazo ya que no habrá impacto social y consta de las siguientes características:

- Una longitud de aproximadamente 7,14 Km.
- Pendiente natural fuerte del orden de 10-12%.
- Tipo de suelo 65% de longitud del tramo presenta terreno común, el cual es A-4 y el 35 % restante es suelo A-6 en los primeros kilómetros.
- Número de obras de arte asciende a siendo el detalle el siguiente:
 - 7 alcantarillas de alivio.
 - 7 alcantarillas de cruce o de paso.
 - 5 puentes de 40m de longitud.
 - Taludes de relleno de 1:1 (H: V).
 - Taludes de corte de 1:4 (H: V).

2.3.2 Sistema de clasificación

En Bolivia existe una clasificación definida en el decreto supremo 25.134 de 1.998 que define el sistema nacional de carreteras. Esta clasificación no está orientada al diseño, sino a la administración de las redes viales del país, definiendo tres niveles dentro del sistema: Red fundamental, redes departamentales y redes municipales. La red fundamental está bajo la responsabilidad de la Administradora Boliviana de Carreteras.

Caminos. - Una vía de características geométricas medias a mínimas, adecuada para dar servicio a volúmenes moderados y bajos de tránsito, destinados fundamentalmente a servir al tránsito de paso.

Carreteras. - Adecuado para acomodar importantes volúmenes de tránsito circulando a velocidades elevadas, cuenta con pavimento superior.

2.3.2.1 Categoría de las vías

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

- **Carreteras:** Autopistas, autorrutas y primarias.
- **Caminos:** Colectores, locales y de desarrollo.

Cada categoría se subdivide según velocidades de proyecto consideradas al interior de la categoría.

Las Vp más altas corresponden a trazados en terrenos llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo extorno presenta limitaciones severas para el trazado. El alcance general de dicha terminología es:

Terreno llano: Está constituido por amplias extensiones libres de obstáculos naturales y una cantidad moderada de obras construidas por el hombre, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado haciendo uso de muy pocos elementos de características mínimas. El relieve puede incluir ondulaciones moderadas de la rasante para minimizar las alturas de cortes y terraplenes; consecuentemente la rasante de la vía estará comprendida mayoritariamente entre $\pm 3\%$.

Terreno ondulado: Está constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota que, si bien no son demasiado importantes en términos absolutos, son repetitivos, lo que obliga a emplear frecuentemente pendientes de distinto sentido que pueden fluctuar entre 3 al 6%, según la categoría de la ruta. El trazado en planta puede estar condicionado en buena medida por el relieve del terreno, con el objeto de evitar cortes y terraplenes de gran altura,

lo que justificará un uso más frecuente de elementos del orden de los mínimos. Según la importancia de las ondulaciones del terreno se podrá tener un ondulado medio

Terreno montañoso: Está constituido por cordones montañosos o “cuestas”, en las cuales el trazado salva desniveles considerables en términos absolutos. La rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 a 9%, según la categoría del camino.

Tabla N°2. 10: Clasificación funcional para diseño de carreteras y caminos rurales

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

UD: Unidireccionales. (n) Número total de carriles.

-BD: Bidireccionales. -xx Velocidad de proyecto (Km/h).

* Menor que 30Km/h en sectores puntuales conflictivos.

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

Caminos de desarrollo: Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal. Sus características responden a las mínimas consultadas para los caminos públicos, siendo su función principal la de posibilitar tránsito permanente aun cuando las velocidades sean reducidas, las velocidades de proyecto que se indican a continuación son niveles de referencia que podrán ser disminuidos en sectores conflictivos. La sección transversal que se les asocia debe permitir el cruce de un vehículo liviano y un camión a velocidades tan bajas como 10Km/h y la de dos camiones, estando uno de ellos detenido. Las velocidades referenciales de proyecto son:

- Terreno llano a ondulado medio 50 km/h
- Terreno ondulado fuerte 40 km/h

– Terreno montañoso 30 km/h

Se debe tener un cuidado especial de ponderar adecuadamente los factores humanos, económicos, estéticos, ambientales, los rangos de tránsito, crean situaciones no consideradas.

Tabla N°2. 11: Características típicas de caminos según la clasificación funcional

Caminos				
Categoría		Colectores	Locales	Desarrollo
Velocidades de proyecto (Km/h) tipo de terreno		80-70-60 LL - O - M	70 - 60 - 50 - 40 LL - O - M	50 - 40 - 30 LL - O - M
Pistas de tránsito		Bidireccionales o (Unidireccionales)	Bidireccionales	Bidireccionales
Función	Servicio al tránsito de paso	Continuidad de tránsito y acceso a la propiedad de similar importancia	Continuidad de tránsito consideración secundaria	
	Servicio a la propiedad adyacente		Consideración primaria	
Conexiones	Se conecta con	Todos	(Primarios) Colectores, locales, desarrollo	Colectores, locales, desarrollo
	Tipo de conexión	Todos	(Intersección) acceso directo	Acceso directo
Calidad servicio	Nivel de servicio (1) años iniciales año horizonte	C (2) (D)	No aplicable	
	Tipo de flujo	Estable con restricción (próximo inestable)	Restringido por movimientos hacia y desde la propiedad	
	Velocidad de operación (1) (3) según demanda rango probable	80 - 70 Km/h	70 - 60 Km/h	50 - 25 Km/h
Tránsito	Volúmenes típicos de tránsito al año inicial TPDA	BD > 500 UD: Caso especial	Tránsito y composición variable según tipo de actividad: agrícola, minera, turística	
	Tipo de vehículo	Todo tipo de vehículos	Vehículo liviano y camiones medianos	

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

Letras o conceptos entre paréntesis indican situaciones límites en condiciones poco frecuentes.

(1) Considera trazado llano y ondulado; trazado montañoso constituye caso particular (Vop)Velocidad operación – V50%).

(2) Las velocidades de proyecto limitan la posibilidad de niveles mejores aún con baja demanda.

Clasificación funcional para diseño de caminos rurales; la clasificación adoptada para el diseño de ingeniería mejoramiento de camino Quebrada el Toro - El Toro es:

Categoría = Desarrollo

Sección transversal = 1,00 calzada

Código = D (2)-40,00 (Km/h)

2.3.3 Velocidad de diseño

Es la velocidad que permite medir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad, elementos que solo podrán ser empleados en la medida que estén precedidos por el otro (en ambos sentidos del tránsito). La velocidad de proyecto reemplaza a la denominada velocidad de diseño.

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

Tabla N°2. 12: Velocidades de proyecto

Categoría		Velocidades de proyecto (km/h)			Código
		Llano a ondulado medio	Ondulado fuerte	Montañoso	tipo
Autopista	(O)	120	100	80	A (n) - xx
Autorruta	(I.A)	100	90	80	AR (n) - xx
Primario	(I.B)	100	90	80	P (n) - xx
		100	90	80	P (2) - xx
Colector	(II)	80	70	60	C (n) - xx
		80	70	60	C (2) - xx
Local	(III)	70	60	50 – 40	L (2) - xx
Desarrollo		50	40	30	D - xx

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

Velocidad de proyecto= 40,00 km/h

2.3.4 Diseño planimétrico

Para el diseño planimétrico, que llegará hacer el diseño en planta del camino con todas sus características, parámetros y componentes (eje principal, tipos de curvas utilizadas, peraltes, bermas, anchos de calzada, sobreancho, etc.).

2.3.4.1 Distancia de frenado

Un conductor que se desplace a la velocidad V , por el centro de su carril de tránsito, debe disponer al menos de la visibilidad equivalente a la distancia requerida para detenerse ante un obstáculo inmóvil. Se considera obstáculo aquél de una altura igual o mayor que 0,20 m (h_2), estando situados los ojos de conductor a 1,10 m (h_1), sobre el eje de carril de circulación. La distancia de frenado sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la expresión:

$$D_f = \frac{V \cdot t}{3,60} + \frac{V^2}{254(f_1 + i)}$$

Dónde:

D_f = Distancia de frenado (m)

V = Velocidad de proyecto (km/h)

t = Tiempo de percepción + reacción (2sg)

f_1 = Coeficiente de roce rodante, pavimento húmedo

i = Pendiente longitudinal (m/m)

+i subidas respecto sentido de circulación -i bajadas respecto sentido de circulación

$$D_f = \frac{40,00 * 2,00}{3,60} + \frac{40,00^2}{254(0,42 + 0,003)}$$

$$D_{frenado} = 37,50m$$

Tabla N°2. 13: Distancia mínima de frenado en horizontal D_f

V	t	f₁	dt	Df	Df (m)	
km/h	s	-	m	m	dt+df	Adopt.
30	2,00	0,42	16,70	8,40	25,10	25,00
35	2,00					31,00
40	2,00	0,415	22,20	15,20	37,40	38,00
45	2,00					44,00
50	2,00	0,41	27,80	24,00	51,80	52,00

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

La distancia mínima de frenado en horizontal es de 38,00 m.

$$D_{\text{frenado}} = 38,00 \text{ m}$$

2.3.4.2 Distancia de adelantamiento

La distancia de adelantamiento “Da”, equivale a la visibilidad mínima que requiere un conductor para adelantar a un vehículo que se desplaza a velocidad inferior a la de proyecto; para abandonar su carril, sobrepasar el vehículo adelantado y remontar a su carril en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo adelantado ni la de un vehículo que se desplace en sentido contrario.

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

La línea visual considerada en este caso será aquella determinada por la altura de los ojos de uno de los conductores ($h_1 = 1,10 \text{ m}$) en un extremo y la altura de un vehículo ($h_2 = 1,20 \text{ m}$) en el otro.

Tabla N°2. 14: Distancia mínima de adelantamiento

Velocidad de proyecto km/h	Distancia mínima de adelantamiento (m)
30,00	180,00
40,00	240,00
50,00	300,00

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

$$D_{\text{adelantamiento}} = 240,00 \text{ m}$$

2.3.4.3 Radio mínimo

Los radios mínimos para cada velocidad de proyecto, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, están dados por la expresión:

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

Dónde:

R_{min} = Radio mínimo absoluto (m)

V_p = Velocidad de proyecto (Km/h)

E_{max} = Peralte máximo correspondiente a la carretera o el camino (m/m)

f = Coeficiente de fricción transversal máximo correspondiente a V_p

$$R_{\text{mín}} = \frac{40,00^2}{127,00 \cdot \left(\frac{7}{100,00} + 0,198 \right)}$$

$$R_{\text{mín}} = 47,00\text{m}$$

Tabla N°2. 15: Radios mínimos absolutos en curvas horizontales

Caminos colectores - locales - desarrollo			
Vp	e_{máx}	f	R_{mín}
km/h	(%)		(m)
30	7	0,21	25
40	7	0,19	50
50	7	0,18	80
60	7	0,16	120
70	7	0,15	180

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

De acuerdo a la velocidad de diseño para el camino en desarrollo, se cuenta con un radio mínimo de 50 m.

$$R_{\text{mín}} = 50,00 \text{ m}$$

2.3.4.4 Coeficiente de fricción transversal máximo admisible

Los coeficientes de fricción transversal entre los neumáticos y el pavimento, son valores determinados experimentalmente, que tienen en cuenta: condiciones medias del vehículo (suspensión, neumáticos, características dinámicas), de la calzada (rugosidad, presencia de agua) y del conductor y pasajeros (habilidad, ángulo de deriva, confort) las cuales son consideradas normales y admisibles. Tales coeficientes, si no son superados, proporcionan aceptablemente la seguridad de que no se producirá el desplazamiento del vehículo y de que el conductor y los pasajeros no tendrán sensaciones de incomodidad cuando el vehículo circula por la curva a la velocidad directriz o de diseño. El coeficiente de fricción está representado por la siguiente fórmula:

$$f = 0,196 - 0,0007 * V_p$$

Dónde:

f = Coeficiente de fricción (Adm)

V_p = Velocidad de proyecto (km/h)

$$f = 0,196 - 0,0007 * 40,00 = f = 0,168$$

Los valores máximos admisibles adoptados, se indican en la siguiente tabla:

Tabla N°2. 16: Valores admisibles del coeficiente de fricción transversal

Velocidad directriz (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100
F	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

De acuerdo a la velocidad de diseño para el camino en desarrollo, se cuenta con un coeficiente de fricción de 0,17.

$$f = 0,17$$

2.3.4.5 Peralte máximo

La única fuerza que se opone al deslizamiento lateral del vehículo es la fuerza de fricción desarrollada entre las llantas y el pavimento. Esta fuerza por sí sola, generalmente, no es suficiente para impedir el deslizamiento transversal; por lo tanto, será necesario buscarle un complemento inclinando transversalmente la calzada.

Dicha inclinación se denomina peralte.

El peralte máximo que será adoptado, está restringido por diversos factores, tales como:

- Gran probabilidad de que el flujo de tránsito opere a velocidades significativamente menores a la velocidad del proyecto, debido a la proporción de vehículos comerciales, a las condiciones de pendientes o al congestionamiento.
- Velocidad de proyecto de categoría del proyecto.
- Razones económicas, que orienten el proyecto así a la utilización de estructuras existentes y la reducción de los costos de construcción y de mantenimiento.
- Condiciones climáticas de la zona donde se desarrolla el trazado, principalmente cuando existe la probabilidad de formación de hielo o de acumulación de nieve sobre la calzada.

Por otra parte, valores elevados de peralte permiten la adopción de menores radios, aumentando la viabilidad de trazados condicionados por severas restricciones operativas o topográficas. Por razones de homogeneidad, el peralte máximo adoptado debe ser mantenido a lo largo de un tramo considerable del trazado del camino, ya que ese valor servirá de base para la adopción de radios de curva circular superiores al mínimo, las que obviamente estarán dotadas de un peralte menor.

Es preferible utilizar como límites máximos, los indicados como deseables; en situaciones especiales, para lograr viabilidad técnica o cuando las características del camino induzcan

a reducir los costos especialmente en zonas de topografía accidentada, se podrán utilizar los límites absolutos. El peralte es la sobre elevación del carril exterior sobre el carril interior, para verificar la perpendicularidad de la resultante de fuerzas que actúan sobre el vehículo. El peralte lo obtenemos con la siguiente formula presentada en la tabla.

Tabla N°2. 17: Valores máximos para peralte y fricción transversal

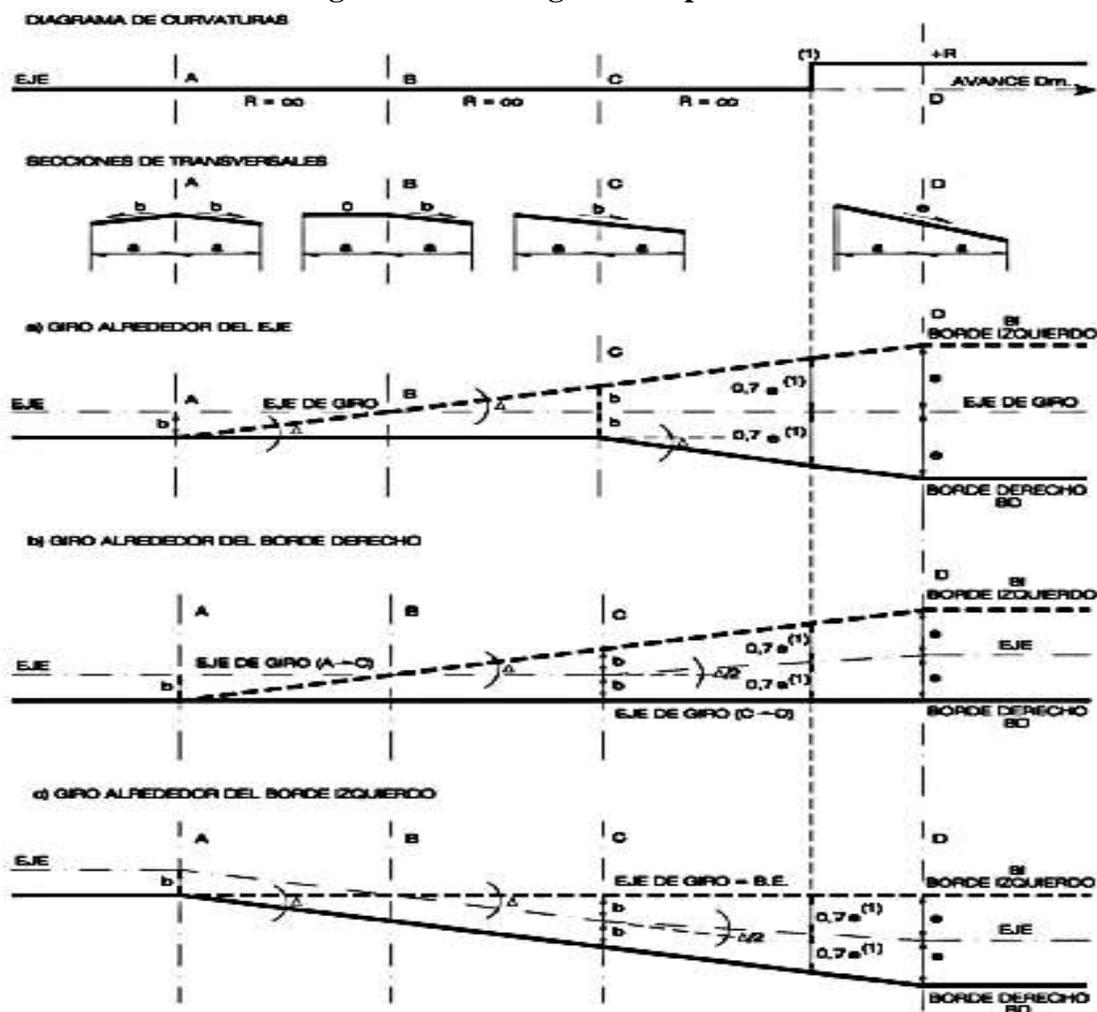
Velocidades	emáx	F
Caminos Vp 30 a 80 Km/h	7%	0,265 - Vp/602,4
Carreteras Vp 80 a 120 Km/h	8%	0,193 - Vp/1134

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

El valor del peralte según tabla de la Administradora Boliviana de Carreteras es de:

$$emáx = 7,00\%$$

Figura N°2. 7: Diagrama de peralte



Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

2.3.4.6 Sobre ancho en curvas circulares

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos comerciales que circulan habitualmente por la carretera o camino.

Tabla N°2. 18: Ensanche de calzada permite el cruce de 2 vehículos del mismo tipo

Tipo de vehículo (Lt en m)	Parámetro de cálculo (m)	E (m)	e _{int}	e _{ext}	Radios límite(m)
Calzada en recta 7,00 m. (n =2,00) 0,50 m ≤ S ≤ 3,00 m S = e_{int}+e_{ext} h₁= 0,60 m h₂ = 0,40 m					
Camión Unid. Simple Lt = 11,00* Bus corriente Lt = 12,00*	Lo = 9,50	$(Lo^2/R) - 0,20$	0,65 S	0,35 S	$30 \leq R \leq 130$
Bus de turismo Lt=13,20* Bus de turismo Lt =14,00*	Lo = 10,50 Lo = 10,60	$(Lo^2/R) - 0,20$	0,65 S	0,35 S	$30 \leq R \leq 160$
Semitrailer Lt = 15,40	L1 = 5,60 L2 = 10,00	$((L1^2+L2^2)/R)-0,20$	0,70 S	0,30 S	$45 \leq R \leq 130$
Semitrailer Lt = 18,60*	L1 = 5,60 L2 = 12,20				$60 \leq R \leq 260$
Semitrailer Lt = 22,40*	L1 = 5,60 L2 = 15,50				$85 \leq R \leq 380$
Si e _{int} calculado ≤ 0,35 m, se adopta e _{ext} = 0,00 y se da todo el ensanche S en e _{int}					
Calzada en recta 6,00 m. (n =2) 0,50 m ≤ S ≤ 3,00 m h₁= 0,45 m h₂ = 0,05 m					
Camión Unid. Simple Lt = 11,00* Bus corriente Lt = 12,00	Lo = 9,50	$(Lo^2/R) + 0,15$	55 S	0,45 S	$30 \leq R \leq 450$
Bus de turismo Lt = 13,20* Bus de Turismo Lt = 14,00*	Lo = 10,50 Lo = 10,60	$(Lo^2/R) + 0,15$	55 S	0,45 S	$30 \leq R \leq 550$
Semitrailer Lt=15,40	L1 = 5,60 L2 = 10,00	$((L1^2+L2^2)/R)+ 0,20$	55 S	0,45 S	$45 \leq R \leq 650$
Semitrailer Lt = 18,60*	L1 = 5,60 L2 = 12,20	$((L1^2+L2^2)/R)+ 0,20$	55 S	0,45 S	$60 \leq R \leq 850$
Semitrailer Lt = 22,40*	L1 = 5,60 L2 = 15,50	No corresponde a caminos con calzada 6,00 m.			
Si e _{int} calculado ≤ 0,35 m, se adopta e _{ext} = 0 y se da todo el ensanche S en e _{int}					

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

Tabla N°2. 19: Ensanche de la calzada en caminos con $V_p \leq 60\text{Km/h}$

Tipo de vehículo (Lt en m)	Parámetro de cálculo (m)	E (m)	eint	eext	Radios límite (m)
Camión Unid. Simple Lt = 11,00* Bus corriente Lt = 12,00	Lo = 9,5	$(L_o^2/R) - 0,85$	0,55 S	0,45 S	$25 \leq R \leq 75$
Bus de turismo Lt = 13,2* Bus de turismo Lt = 14,0*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(L_o^2/R) - 0,85$	0,55 S	0,45 S	$30 \leq R \leq 95$
Semitrailer Lt = 15,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	$((L_1^2+L_2^2)/R) - 0,80$	0,55 S	0,45 S	$35 \leq R \leq 115$
Semitrailer Lt = 18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2	$((L_1^2+L_2^2)/R) - 0,80$	0,55 S	0,45 S	$50 \leq R \leq 155$
Semitrailer Lt = 22,4*	No corresponde a caminos con calzada 6,0 m				

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

2.3.4.7 Longitud máxima en rectas

Se procurará evitar longitudes en rectas superiores a:

$$L_r (m) = 20 * V_p$$

Dónde:

L_r = Largo en m de la alineación recta.

V_p = Velocidad de proyecto de la carretera (Km/h).

$$L_r (m) = 20,00 * 40,00$$

$$L_r (m) = 800,00m$$

En caminos bidireccionales de dos carriles, a diferencia de lo que ocurre en carreteras unidireccionales, la necesidad de proveer secciones con visibilidad para adelantar justifica una mayor utilización de rectas importantes. Sin embargo, rectas de longitudes comprendidas entre $8V_p$ y $10V_p$ enlazadas por curvas cuya V_e cubren adecuadamente esta necesidad.

2.3.4.8 Longitud mínima en recta

Se deben distinguir las situaciones asociadas a curvas sucesivas en distinto sentido o curva en "S" de aquellas correspondientes a curvas en el mismo sentido.

2.3.4.9 Curva en S

En nuevos trazados deberá existir coincidencia entre el término de la primera curva y el inicio de la segunda curva.

Tramos rectos intermedios de mayor longitud, deberá alcanzar o superar los mínimos que se señalan, los que responden a una mejor definición óptica del conjunto que ya no opera como una curva en “S” propiamente tal, ya están dados por:

Tabla N°2. 20: Longitud de Rmin entre curvas de diferente sentido

Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Lr (m)	42	56	70	84	98	112	126	140	154

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

$$Lr = 56,00 \text{ m}$$

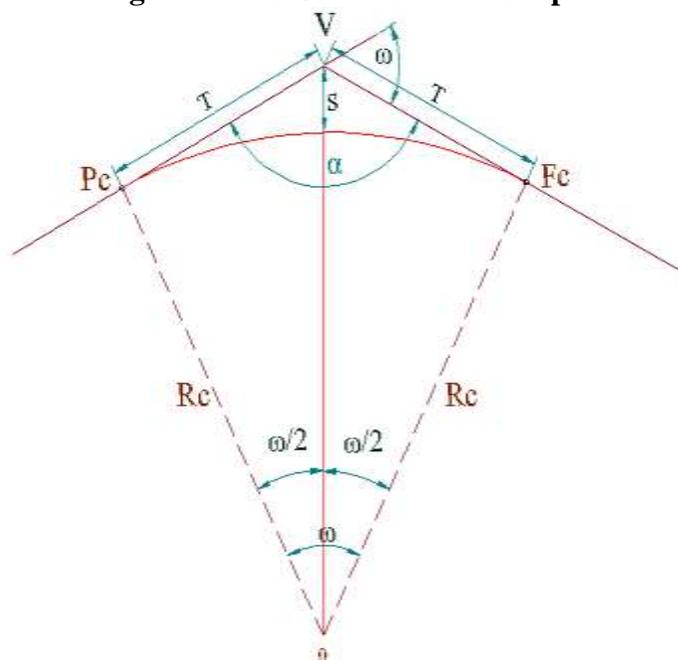
2.3.4.10 Curvas circulares

Tiene un adecuado acomodamiento a caminos de desarrollo, sus elementos de curva suelen ser de acuerdo a la velocidad de proyecto las más bajas.

2.3.4.11 Elementos de la curva circular simple

Diversos elementos asociados a una curva circular.

Figura N°2. 8: Curva circular simple



Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

$$T = R * \tan\left(\frac{\omega}{2}\right) \quad E = R * (\sec\left(\frac{\omega}{2}\right) - 1) \quad f = R * (1 - \cos\left(\frac{\omega}{2}\right))$$

$$Dc = \frac{\pi * R * \omega}{180} \quad Lc = 2 * R * \text{Sen}\left(\frac{\omega}{2}\right)$$

Donde:

Vn = 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 el 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.

E = Bisectriz; distancia desde el vértice al punto medio, MC, del arco de círculo (m).

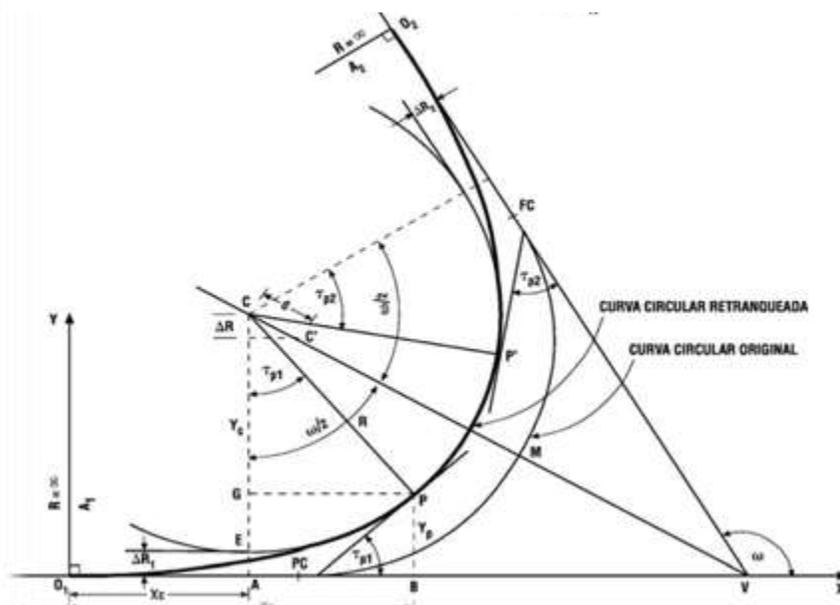
D = Desarrollo; longitud del arco de círculo entre los puntos de tangencia PC y FC (m).

e = Peralte valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%).

S = Ensanche; sobre ancho que pueden requerir las curvas para compensar el mayor ancho ocupado por un vehículo al describir una curva.

2.3.4.12 Elementos de la curva transición

Figura N°2. 9: Elementos de la curva de transición



Fuente: Manual de la ABC.

Longitud mínima de la espiral:

$$L_{\min} = 0,0351 * \frac{V^3}{R}$$

Angulo de deflexión:

$$\Delta_s = 57,29 * \frac{L}{2 * R}$$

Coordenadas de la espiral:

$$X = L - \frac{L^3}{40 * R^2}$$

$$Y = \frac{L^2}{6 * R}$$

Desplazamientos

$$X_{pc} = X - R * \text{sen}(\Delta_s)$$

$$Y_{pc} = Y - R(1 - \text{cos}(\Delta_s))$$

Externa:

$$E_c = (R + Y_{pc}) * \left(\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right) + Y_{pc}$$

Tangente:

$$T_s = (R + Y_{pc}) * \text{tang}\left(\frac{\Delta}{2}\right) + X_{pc}$$

Desarrollo:

$$D_s = 2 * L + \frac{2 * \pi * R * \Delta_c}{360,00}$$

Dónde:

R=Radio de la curva (m)

Δ_s = Ángulo de deflexión parte de la espiral (°)

Δ_c =Ángulo de deflexión curva circular (°)

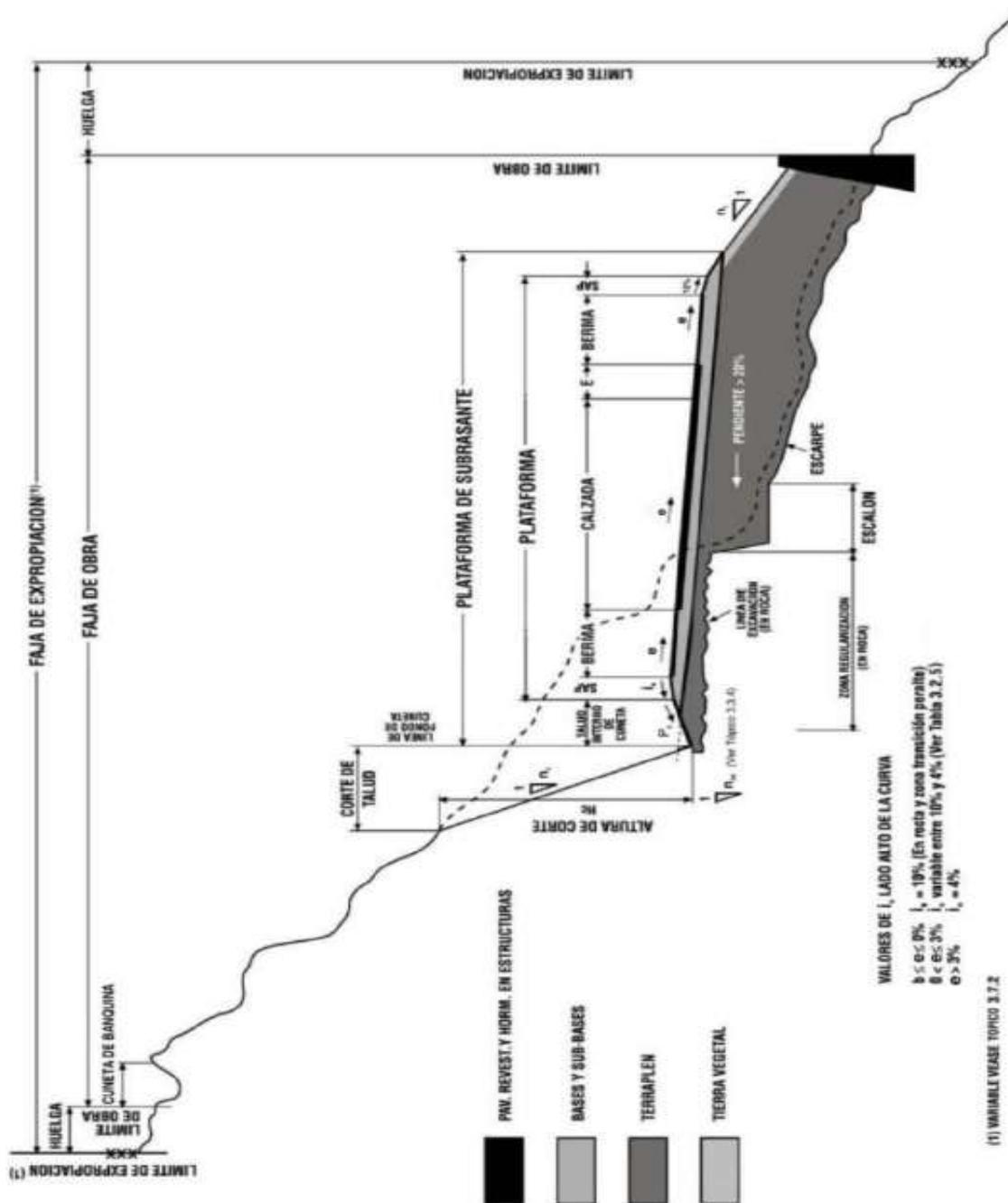
L=Longitud de la espiral (m)

2.3.4.13 Sección transversal

La sección transversal de una carretera o camino describe las características geométricas de éstas, según un plano normal a la superficie vertical que contiene el eje del camino.

Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que ella resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que ellas cumplan y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados.

Figura N°2. 10: Sección transversal y sus partes



Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

2.3.4.14 La plataforma

Se llama “plataforma” a la superficie de una vía formada por su(s), calzada(s), sus bermas, los sobre anchos de plataforma (SAP) y su cantero central, en caso de existir esta última como parte de la sección transversal tipo.

2.3.4.15 La calzada

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

Tabla N°2. 21: Anchos de calzada según categorías

Número de calzadas y categoría		Velocidad de proyecto (Km/h)	Ancho de calzada "a" (m)	
Calzadas unidireccionales	Autopista	120	3,50	
		100	3,50	
		80	3,50	
	Primario y autorruta	100	3,50	
		90	3,50	
		80	3,50	
	Colector	80	3,50	
		70	3,50	
		60	3,50	
Calzada bidireccional	Primario	100	3,50	
		80	3,50	
	Colector	80	3,50	
		Local	70	3,50
			60	3,00
		Desarrollo	50	3,00
			40	3,00
			30	3,00

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

Ancho de calzada = 3,00m

2.3.4.16 Pendiente transversal o bombeo

En tramos rectos, las calzadas deberán tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima o bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura y de la intensidad de la lluvia de 1 hora de duración con el periodo de retorno de 10 Años (I10) mm/h, propia del área en que se emplaza el trazado.

La tabla 2.22 especifica estos valores indicando en algunos casos un rango dentro del cual el proyectista deberá moverse, afinando su elección según los matices de la rugosidad de las superficies y de los climas imperantes.

Tabla N°2. 22: Bombeo de la calzada

Tipo de superficie	Pendiente Transversal	
	(I'10) ≤ 15 mm/h ⁽¹⁾	(I'10) >15 mm/h ⁽¹⁾
Pav. de hormigón o asfalto	2,00	2,50
Tratamiento superficial	3,00 ⁽²⁾	3,50
Tierra, grava, chancado	3,00- 3,50 ⁽²⁾	3,50 - 4,00

(1) Determinar mediante estudio hidrológico

(2) En climas definitivamente desérticos, se pueden rebajar los bombeos hasta un valor límite de 2,50 %

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

Bombeo= 2,50%

2.3.4.17 Bermas

Las bermas son franjas que flanquean el pavimento de la calzada. 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.

Las bermas: proporcionan protección al pavimento y a sus capas inferiores, que de otro modo se verían afectadas por la erosión y la inestabilidad; permiten detenciones ocasionales; aseguran una luz libre lateral que actúa psicológicamente sobre los conductores, y ofrecen espacio adicional para maniobras, aumentando la seguridad.

2.3.4.18 Ancho de bermas

El ancho normal en caminos locales con $V_p = 40,00$ Km/h es de 0,50 m

Los anchos normales de las bermas se dan asociados a la categoría de la ruta y Vp correspondiente, decisión que deberá adoptarse previa autorización de la ABC.

Tabla N°2. 23: Ancho de bermas según categoría y Vp

Número de calzadas y categoría		Velocidad de proyecto (Km/h)	Ancho de Berma		
			"bi" interior (m)	"be" exterior (m)	
Calzadas unidireccionales	Autopista	120	1,20	2,50	
		100	1,00	2,50	
		80	1,00	2,50	
	Primario y autorruta	100	1,00	2,50	
		90	1,00	2,50	
		80	1,00	2,00	
	Colector	80	1,0	2,00	
		70	0,60 - 0,70	1,50	
		60	0,60 - 0,70	1,00	
Calzada bidireccional	Primario	100	-	2,50	
		80	-	2,00	
	Colector	80	-	1,50	
		Local	70	-	1,00 - 1,50 ⁽²⁾
			60	-	0,50 - 1,00 ⁽²⁾
		Desarrollo	50	-	0,50- 1,00 ⁽²⁾
			40	-	0,00-0,50⁽²⁾
		30	-	0,00 - 0,50 ⁽²⁾	

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras

Berma = 0,50 m

2.3.4.19 Dimensión de sobre anchos

La plataforma en terraplén tendrá siempre un SAP mínimo de 0,50 m que permita confinar las capas de subbase y base de modo que en el extremo exterior de la berma sea posible alcanzar el nivel de compactación especificado. Consecuentemente, en los 0,50 m exteriores del SAP no se podrá lograr la compactación máxima exigida por el resto de la plataforma por la falta de confinamiento y riesgo por pérdida de estabilidad del equipo de compactación autopropulsado.

Toda vez que el SAP tenga un ancho mayor de 0,50 m, el ancho adicional adyacente a la berma deberá compactarse según las mismas exigencias especificadas para las bermas.

$$\text{SAP} = 0,50 \text{ m}$$

2.3.4.20 Resumen de parámetros de diseño horizontal

Mencionaremos todos los parámetros que necesitaremos en el diseño según las normas de la Administradora Boliviana de Caminos (ABC).

Cuadro N°2. 38: Parámetros de diseño horizontal

Categoría de la carretera	Desarrollo
Calzada (m)	6,00
Carril (m)	Simple 3,00
Topografía	Ondulado fuerte
Velocidad de proyecto (km/hr)	40,00
Peralte máximo (%)	7,00
Radio mínimo (m)	50,00
Distancia de frenado (m)	38,00
Distancia adelantamiento (m)	240,00
Bombeo (%)	2,50
Sobre anchos en curvas horizontales (m)	De acuerdo al radio empleado

Fuente: Elaboración propia

2.3.4.21 Cálculo para curvas horizontales

En terrenos ondulados fuertes y montañosos, los conductores están dispuestos a una mayor restricción pudiendo emplearse elementos en el orden de los mínimos de norma, siempre que ellos no aparezcan de forma sorpresiva.

Datos de la primera curva horizontal de la carretera:

Velocidad de proyecto = 40,00 km/h

Número de carriles = 1,00

Prog. Inicial = 0+087,60

Prog. Final = 0+095,38

R = Radio de curvatura = 50,00 m

Ancho de carril = 3,00 m

Tangente:

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 50,00 * \tan\left(\frac{8,91}{2}\right) = 3,89\text{m}$$

Externa:

$$S = R * \left(\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1\right) = 50,00 * \left(\sec\left(\frac{8,91}{2}\right) - 1,00\right) = 0,15\text{m}$$

Flecha:

$$f = R * \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right) = 50,00 * \left(1,00 - \cos\left(\frac{8,91}{2}\right)\right) = 0,15\text{m}$$

Desarrollo de curva:

$$D_c = \frac{\pi * R * \Delta}{180} = \frac{\pi * 50,00 * 8,91}{180,00} = 7,77\text{m}$$

Longitud de la curva:

$$L = 2 * R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$= 2,00 * 50,00 * \sin\left(\frac{7,76}{2,00}\right) = 7,76\text{m}$$

Cuadro N°2. 39: Reporte del software AutoCAD Civil 3D

Datos de puntos circulares			
Descripción	Estación	Norte	Este
PC:	0+070,79	7494716,68	369431,04
RP:	0+091,50	7494705,85	369413,04
PT:	0+112,20	7494704,81	369392,05
Datos de curva circular			
Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Deflexión:	08° 54' 25,07"	Sentido:	Izquierda
Radio:	50,00		
Desarrollo	7,77	Tangente:	3,89
Flecha:	0,15	Externa:	0,15
Long. Cuerda:	7,76	Coordenada:	S 73° 03' 23,55" W

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 40: Replanteo de peralte y sobre ancho

Prog.	D. parcial (m)	D. acum. (m)	Ángulos tangenciales Ci			Peralte (m)	S. ancho (m)
			°	'	"		
PC 0+70,79	0,00	0,00	0°	0'	0,00"	0,000	0,00
0+071,76	0,97	0,97	0°	33'	24,07"	0,192	1,21
0+072,73	0,97	1,94	1°	6'	48,13"	0,384	2,42
0+073,70	0,97	2,91	1°	40'	12,20"	0,384	2,42
0+074,68	0,97	3,89	2°	13'	36,27"	0,384	2,42
0+075,65	0,97	4,86	2°	47'	0,33"	0,384	2,42
0+076,62	0,97	5,83	3°	20'	24,40"	0,384	2,42
0+077,59	0,97	6,80	3°	53'	48,47"	0,192	1,21
FC 0+78,56	0,97	7,77	4°	27'	12,53"	0,000	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Curva de transición

Número de carriles = 1,00

Prog. Inicial = 0+181,52

Prog. Final = 0+228,76

R = Radio de curvatura = 50,00 m

Ancho de carril = 3,00 m

Longitud mínima de la espiral:

$$L_{\min} = 0,035 * \frac{V^3}{R}$$

$$L_{\min} = 0,035 * \frac{40,00^3}{50,00} = 44,93\text{m}$$

Angulo de deflexión:

$$\Delta_s = 57,29 * \frac{L}{2 * R}$$

$$\Delta_s = 57,29 * \frac{16,82}{2,00 * 50,00} = 9,64^\circ$$

Coordenadas de la espiral:

$$X = L - \frac{L^3}{40,00 * R^2}$$

$$X = 16,82 - \frac{16,82^3}{40,00 * 50,00^2} = 16,82\text{m}$$

$$Y = \frac{L^2}{6,00 * R}$$

$$Y = \frac{16,82^2}{6,00 * 50,00} = 0,94\text{m}$$

Desplazamientos

$$X_{pc} = X - R * \text{sen}(\Delta_s)$$

$$= X_{pc} = 16,82 - 50,00 * \text{sen}(9,64) = 8,45\text{m}$$

$$Y_{pc} = Y - R(1 - \text{cos}(\Delta_s))$$

$$= Y_{pc} = 0,94 - 50,00(1 - \text{cos}(9,64)) = 0,24\text{m}$$

Externa:

$$E_s = (R + Y_{pc}) * \left(\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right) + Y_{pc} =$$

$$E_s = (50,00 + 0,24) * \left(\sec\left(\frac{15,59}{2,00}\right) - 1,00 \right) + 0,24 = 2,16\text{m}$$

Tangente:

$$T_s = (R + Y_{pc}) * \text{tang}\left(\frac{\Delta}{2}\right) + X_{pc}$$

$$T_s = (50,00 + 0,24) * \text{tang}\left(\frac{15,59}{2,00}\right) + 8,45 = 15,32\text{m}$$

Desarrollo:

$$D_s = 2,00 * L + \frac{2,00 * \pi * R * \Delta_c}{360,00}$$

$$D_s = 2,00 * 16,82 + \frac{2,00 * \pi * 50,00 * 15,59}{360,00} = 30,00$$

Tangente:

$$T = R * \text{tan}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 50,00 * \text{tan}\left(\frac{15,59}{2,00}\right) = 6,84\text{m}$$

Externa:

$$S = R * \left(\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1 \right) = 50,00 * \left(\sec\left(\frac{15,59}{2,00}\right) - 1,00 \right) = 0,47\text{m}$$

Flecha:

$$f = R * \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right) = 50,00 * \left(1,00 - \cos\left(\frac{15,59}{2,00}\right) \right) = 0,46\text{m}$$

Desarrollo de curva:

$$D_c = \frac{\pi * R * \Delta}{180} = \frac{\pi * 50,00 * 15,59}{180,00} = 13,60\text{m}$$

Longitud de la curva:

$$L = 2,00 * R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2,00}\right)$$

$$= 2,00 * 50,00 * \text{sen}\left(\frac{15,59}{2,00}\right) = 13,56\text{m}$$

Cuadro N°2. 41: Reporte del software AutoCAD Civil 3D

<u>Datos de puntos circulares</u>			
Descripción	Estación	Norte	Este
PC:	0+182,52	7494701,36	369322,81
RP:	0+205,36	7494705,85	3694299,34
PT:	0+228,76	7494712,17	369278,96
<u>Datos de curvas de transición: Clotoide</u>			
Longitud:	16,82	L Tan (E):	11,23
Radio:	50,00	S Tan:	5,62
Theta:	09° 38' 13,74"	Ypc:	0,24
X:	16,80	Xpc:	8,40
Y:	0,94	Desarrollo espiral	29,00
Long. Cuerda:	16,79	Coordenada:	N 89° 38' 28.3685" O
<u>Datos de curvas circulares</u>			
Deflexión:	15° 35' 09,26"	Sentido:	Izquierda
Radio:	50,00		
Desarrollo	13,60	Tangente:	6,84
Flecha:	0,46	Externa:	0,47
Long. Cuerda:	13,56	Coordenada:	N 75° 25' 21,80" O

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 42: Replanteo de peralte y sobre ancho

Prog.	Dist. Parcial (m)	Dist. Acum. (m)	Ángulos tangenciales			Peralte (%)	S. Ancho x (m)
			°	'	"		
0+182,52	0,00	0,00	0°	0'	0,00"	0,00	0,00
0+184,62	2,10	2,10	0°	3'	0,70"	1,21	0,51
0+186,73	2,10	4,20	0°	12'	2,79"	2,42	0,88
0+188,83	2,10	6,31	0°	27'	6,27"	3,63	1,24
0+190,93	2,10	8,41	0°	48'	11,15"	4,85	1,59
0+193,03	2,10	10,51	1°	15'	17,41"	6,06	1,93
0+195,14	2,10	12,62	1°	48'	25,08"	7,27	2,28
0+197,24	2,10	14,72	2°	27'	34,13"	8,48	2,62
0+199,34	2,10	16,82	3°	12'	44,58"	9,69	2,97
0+199,34	0,00	0,00	0°	0'	0,00"	9,69	2,97
0+201,04	1,70	1,70	0°	58'	26,83"	9,69	2,97
0+202,74	1,70	3,40	1°	56'	53,66"	9,69	2,97
0+204,44	1,70	5,10	2°	55'	20,49"	9,69	2,97
0+206,14	1,70	6,80	3°	53'	47,32"	9,69	2,97
0+207,84	1,70	8,50	4°	52'	14,14"	9,69	2,97
0+209,54	1,70	10,20	5°	50'	40,97"	9,69	2,97
0+211,24	1,70	11,90	6°	49'	7,80"	9,69	2,97
0+212,94	1,70	13,60	7°	47'	34,63"	9,69	2,97
0+212,94	0,00	0,00	0°	0'	0,00"	9,69	2,97
0+215,04	2,10	2,10	1°	12'	16,72"	8,48	2,62
0+217,15	2,10	4,20	2°	24'	33,44"	7,27	2,28
0+219,25	2,10	6,31	3°	36'	50,15"	6,06	1,93
0+221,35	2,10	8,41	4°	49'	6,87"	4,85	1,59
0+223,45	2,10	10,51	6°	1'	23,59"	3,63	1,24
0+225,56	2,10	12,62	7°	13'	40,31"	2,42	0,88
0+227,66	2,10	14,72	8°	25'	57,02"	1,21	0,51
0+229,76	2,10	16,82	9°	38'	13,74"	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Según la comparación entre el cálculo manual y el reporte del software utilizado, hay coherencia en los resultados, el reporte total de las curvas horizontales se encuentra en los anexos 3.

2.3.5 Diseño altimétrico

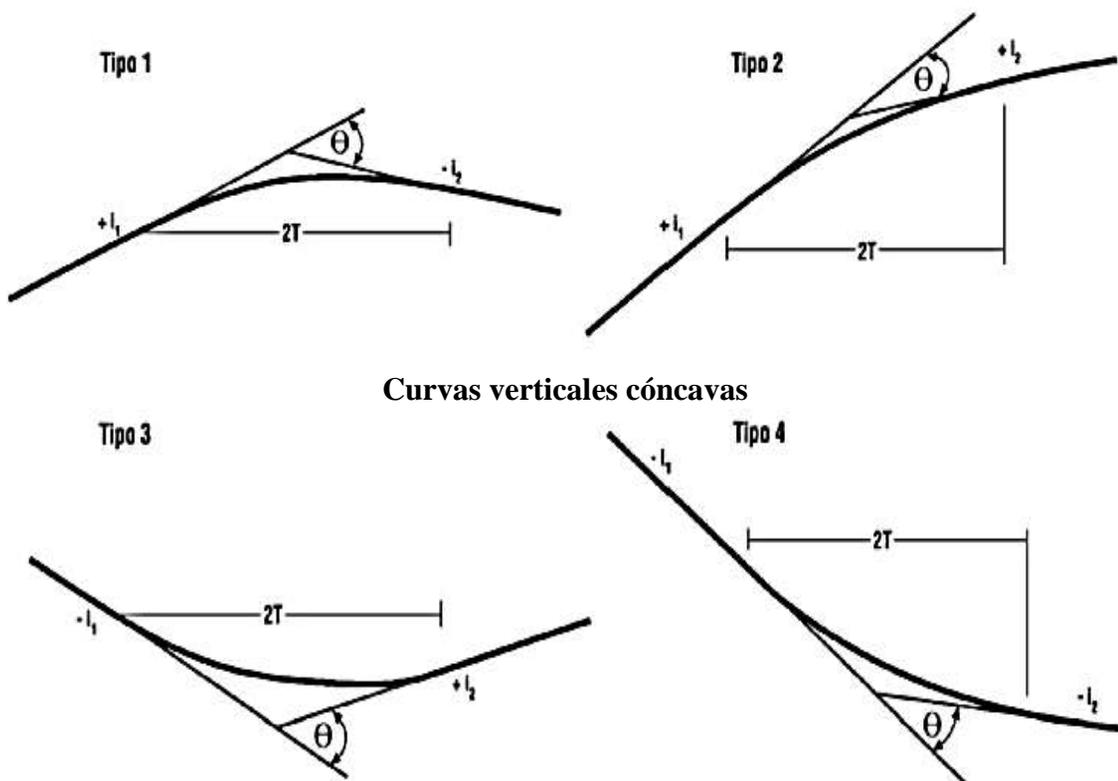
Las cotas de eje en planta de una carretera o camino, al nivel de la superficie del pavimento o capa de rodadura, constituyen la rasante o línea de referencia del alineamiento vertical. La representación gráfica de esta rasante recibe el nombre de perfil longitudinal de proyecto

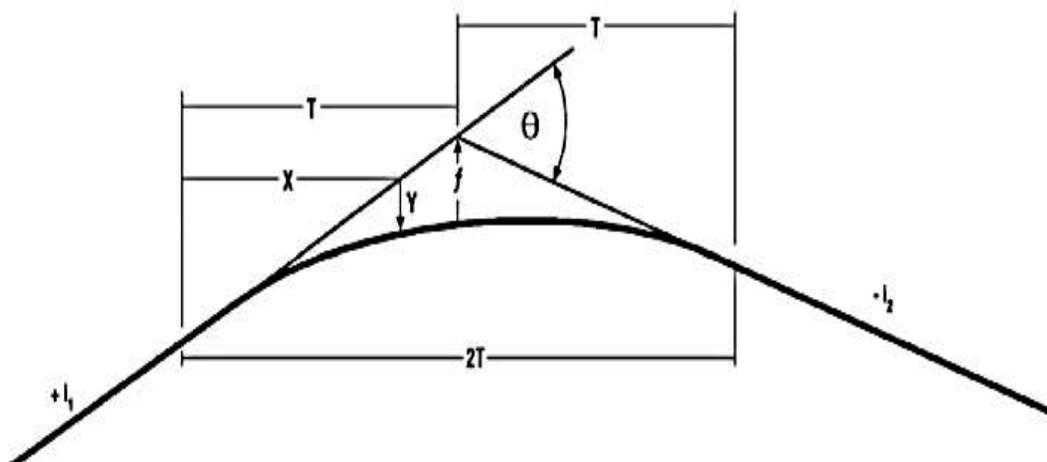
2.3.5.1 Alineamiento vertical

La rasante determina las características en el alineamiento vertical de la carretera y está constituida por sectores que presentan pendientes de diversa magnitud y/o sentido, enlazadas por curvas verticales que normalmente serán parábolas de segundo grado.

Las curvas verticales de acuerdo entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y /o sentido, eliminando el quiebre de la rasante.

Figura N°2. 11: Elementos de la curva vertical
Curvas verticales convexas





Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

2.3.5.2 Pendientes máximas

La tabla 2.24 establece las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino.

Se procurará utilizar las menores pendientes compatibles con la topografía en que se emplaza el trazado. En la tabla siguiente se establece las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino.

Tabla N°2. 24: Pendiente máxima según categoría de carretera o camino

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

(1) 110 Km/h no está considerada dentro del rango de V_p asociadas a las categorías.

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

$$I_{\text{máx}} = 9-10\%$$

2.3.5.3 Pendientes mínimas

Es deseable proveer una pendiente longitudinal mínima del orden de 0,50% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales. Se

distinguirán los siguientes casos particulares:

- Si la calzada posee un bombeo o inclinación transversal del 2,00% y no existen soleras o cunetas, se podrá excepcionalmente aceptar sectores con pendientes longitudinales desde hasta 0,20%.
- Si el bombeo es de 2,50%, excepcionalmente se podrán aceptar pendientes longitudinales iguales a cero.
- Si al borde del pavimento existen soleras la pendiente longitudinal mínima deseable será de 0,50% y mínima absoluta 0,35%.
- En zonas de transición de peralte en que la pendiente transversal se anula, la pendiente longitudinal mínima deberá ser de 0,50% y en lo posible mayor.
- Si los casos analizados precedentemente se dan en cortes, el diseño de pendientes de las cunetas deberá permitir una rápida evacuación de las aguas.

Pendiente mínima = 0,50%

2.3.5.4 Curvas verticales

El ángulo de deflexión entre dos rasantes que se cortan queda definido por la expresión:

$$\emptyset \text{ radianes} = (i_1 - i_2)$$

Es decir, θ se calcula como el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes de entrada y salida, expresadas en m/m. Las pendientes deberán considerarse con su signo, según la definición:

+ Pendiente de subida según el avance de Dm.

- Pendiente de bajada según avance de Dm.

La figura 2.11 ilustra el caso de curvas verticales convexas y cóncavas e incluye las expresiones que permiten calcular sus diversos elementos.

La deflexión θ se repite como ángulo del centro para una curva circular de radio R, que es tangente a las rasantes a enlazar, en los mismos puntos que la parábola de segundo grado. Bajo las circunstancias descritas el desarrollo de la curva vertical de enlace queda dado por:

$$L_v = R * \emptyset = R * (i_1 - i_2)$$

Donde:

i_1 y i_2 = Pendientes (m/m)

R= Radio mínimo (m)

Siendo $2T$ la proyección horizontal de las tangentes a la curva de enlace.

En definitiva, para todos los efectos de cálculo y replanteo, la longitud de la curva vertical de enlace está dada según medidas reducidas a la horizontal y es:

$$2T = K * \phi = K * (i_1 - i_2)$$

Las curvas verticales deben asegurar en todo punto del camino la visibilidad de frenado, ya sea que se trate de calzadas bidireccionales o unidireccionales.

2.3.5.4.1 Curvas verticales convexas

La distancia de frenado sobre un obstáculo fijo situado sobre el carril de tránsito y la altura de los ojos del conductor sobre la rasante de este carril.

$$K_v = \frac{Df^2}{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

$$K_v = \frac{38^2}{2 \cdot (\sqrt{1,10} + \sqrt{0,20})^2}$$

$$K_v = 322,00 \cong 400,00 \text{ m}$$

Donde:

K_v = Parámetro curva vertical convexo (m)

Df = Distancia de frenado $f(V^*)$ (m)

h_1 = Altura ojos del conductor (1,10 m)

h_2 = Altura obstáculo fijo (0,20 m)

2.3.5.4.2 Curvas verticales cóncavas

La distancia de frenado nocturna sobre un obstáculo fijo que debe quedar dentro de la zona iluminada por los faros del vehículo.

$$K_c = \frac{Df^2}{2 \cdot (h + Df \sin \beta)}$$

$$K_c = \frac{(38)^2}{2 \cdot (0,6 + 52 \sin 1)}$$

$$K_c = 478,93 \cong 500,00 \text{ m}$$

K_c = Parámetro curva vertical cóncavo (m)

Df = Distancia de frenado (m). (Se considera que de noche los usuarios no superen V_p)

h = Altura focos del vehículo (0,60 m)

β = Altura de abertura del haz luminoso respecto de su eje 1°

En la tabla a continuación podemos seleccionar en función a la velocidad de proyecto que es 40 km/h, adoptamos la constante de curvas convexas y curvas cóncavas.

Tabla N°2. 25: Parámetros mínimos curvas verticales criterios de visibilidad de frenado

Velocidad de proyecto	Curvas convexas	Curvas cóncavas
Vp (km/h)	Kv	Kc
30	300	400
40	400	500
50	700	1000
60	1200	1400
70	1800	1900

Fuente: Manual de la Administradora Boliviana de Carreteras.

En curvas convexas tenemos un Kv = 400,00 y curvas cóncavas Kc = 500,00

2.3.5.5 Resumen de parámetros de diseño verticales

Cuadro N°2. 43: Parámetros de diseño vertical

Categoría de la carretera	Desarrollo
Calzada (m)	6,00
Carril (m)	Simple 3,00
Topografía	Ondulado fuerte
Velocidad de proyecto (km/hr)	40,00
Pendiente máxima en rectas (%)	9-10
Distancia de frenado (m)	38,00
Distancia de adelantamiento (m)	240,00
Valor de k en curvas convexas (m)	400,00
Valor de k en curvas cóncavas (m)	500,00

Fuente: Elaboración propia.

2.3.5.6 Cálculo de curvas verticales

Curva vertical

Datos:

Velocidad de proyecto (v) = 40,00 km/h

Tiempo de reacción (t) = 1,75 seg

Coefficiente de fricción (f) = 0,40

Pendiente de entrada (g1) = -7,25%

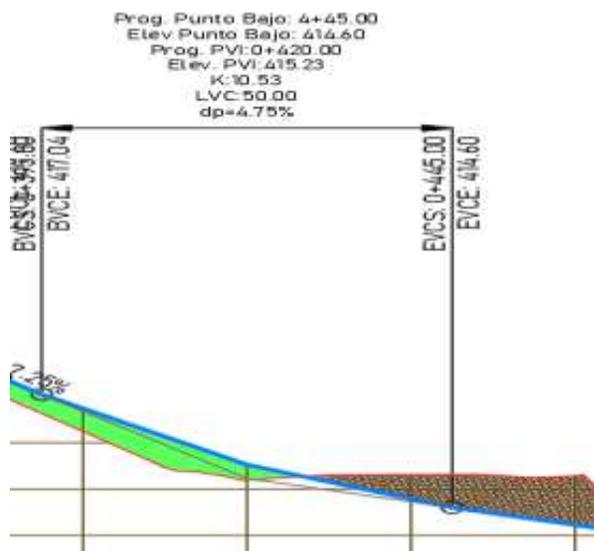
Pendiente de salida (g2) = -2,50%

Altura de faros del vehículo (H1) = 0,60m

Angulo del cono luminoso = 1°

Longitud de curva= 50,00 m

Imagen N°2. 14: Curva vertical



Fuente: Elaboración propia AutoCAD civil 3D

Distancia de visibilidad para parar D_f [m]

$$D_f = \frac{V * t}{3,60} + \frac{V^2}{254 * (f_1 + i)}$$

$$D_f = \frac{40,00 * 2,00}{3,60} + \frac{40,00^2}{254,00 * (0,46)}$$

$$D_f = 35,92 \text{ m} \cong 38,00\text{m}$$

Se diseñará la curva

Replanteo

L1 = 25,00 m

L2 = 25,00 m

Prog. Inicial 0+395,00

Cálculo del punto más bajo:

$$X_p = \frac{L \cdot g_1}{g_1 - g_2} = 76,32\text{m}$$

Progresiva del punto más bajo= 0+471,32

Cuadro N°2. 44: Replanteo de curva vertical

Progr.	Dist. parcial	Dist. acum	Deflexión	Desnivel	Cota rasante.	Cota curva
0+395,00	0,00	0,00	0,00	0,00	414,60	414,60
0+401,25	6,25	6,25	-0,02	-0,45	414,15	414,17
0+407,50	6,25	12,50	-0,07	-0,45	413,69	413,77
0+413,75	6,25	18,75	-0,17	-0,45	413,24	413,41
0+420,00	6,25	25,00	-0,30	-0,45	412,79	413,08
0+426,25	6,25	18,75	-0,17	-0,16	412,63	412,80
0+432,50	6,25	12,50	-0,07	-0,16	412,48	412,55
0+438,75	6,25	6,25	-0,02	-0,16	412,32	412,34
0+445,00	6,25	0,00	0,00	-0,16	412,16	412,16

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 45: Reporte de curva vertical AutoCAD civil 3D

Información de curva vertical: (Curva cóncava)			
PCV Progresiva:	0+395,00	Elevación:	417,038m
PIV Progresiva:	0+420,00	Elevación:	415,225m
PTV Progresiva:	0+445,00	Elevación:	414,600m
Punto alto:	0+445,00	Elevación:	414,600m
Pendiente de entrada:	-7,25%	Pendiente de salida:	-2,50%
Dif- de pendientes	4,75%	K:	10,53m
Longitud de curva:	50,000m		
Distancia de faro	106,091m		

Fuente: Elaboración propia en AutoCAD civil 3D.

Haciendo la comparación entre lo calculado y los reportes del AutoCAD civil 3D, podemos verificar que no hay variación en los resultados, estamos demostrando la coherencia de los resultados de las curvas verticales, el reporte de todas las curvas verticales se encuentra en el anexo 4.

2.3.6 Volúmenes de movimiento de tierra

El cálculo de volúmenes se obtiene a partir de las áreas, existen varios métodos para este cálculo.

Método de las áreas medias

Volumen “corte – corte”

$$V_c = \frac{(Ac_1 + Ac_2) * L}{2,00}$$

Volumen “relleno – relleno”

$$V_r = \frac{(Ar_1 + Ar_2) * L}{2,00}$$

Volumen “relleno – corte”

$$V_c = \frac{Ac^2 * L}{2,00 * (Ar + Ac)}$$

$$V_r = \frac{Ar^2 * L}{2,00 * (Ar + Ac)}$$

Donde:

Ac= Área de corte (m²)

Ar= Área de relleno (m²)

L= Longitud entre progresivas (m)

Volumen corte – corte

Progresiva: 0+020 hasta progresiva: 0+040

$$V_c = \frac{(Ac_1 + Ac_2) * L}{2,00}$$

$$V_c = \frac{(6,92 + 12,89) * 20,00}{2,00}$$

$$V_c = 198,12 \text{ m}^3$$

Los volúmenes de movimiento de tierra, tanto en corte como en relleno son obtenidos luego del trazado de la subrasante, nos indica las cantidades de volúmenes que llegamos a tener en el proyecto, con el cual también determinamos la curva masa.

Cuadro N°2. 46: Reporte de volúmenes de corte-corte

Prog.	Área de corte (m ²)	Volumen de corte (m ³)	Volumen reusable acumulado (m ³)	Área de relleno (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte acumulado (m ³)	Volumen reusable acumulado (m ³)	Volumen de relleno acumulado (m ³)	Curva masa (m ³)
0+020	6,92	105,23	105,23	0,00	0,00	105,23	0,00	0,00	105,23
0+040	13,89	198,12	198,12	0,00	0,00	303,35	0,00	0,00	303,35

Fuente: Elaboración propia en AutoCAD civil 3D.

Volumen relleno – relleno

Progresiva: 0+400 hasta progresiva: 0+420

$$V_r = \frac{(A_{r1} + A_{r2}) * L}{2}$$

$$V_r = \frac{(0,58 + 0,00) * 20,00}{2,00}$$

$$V_r = 5,83m^3$$

Cuadro N°2. 47: Reporte de volúmenes de relleno-relleno

Prog.	Área de corte (m ²)	Volumen de corte (m ³)	Volumen reusable acumulado (m ³)	Área de relleno (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte acumulado (m ³)	Volumen reusable acumulado (m ³)	Volumen de relleno acumulado (m ³)	Curva masa (m ³)
0+280	0,00	0,00	0,00	0,58	5,83	4.343,77	181,67	5,83	4.337,93
0+300	0,00	0,00	0,00	0,00	5,85	4.346,79	253,41	11,68	4.335,11

Fuente: Elaboración propia en AutoCAD civil 3D.

Volumen relleno – corte

Progresiva: 0+860 hasta progresiva: 0+870

$$V_c = \frac{A_c^2 * L}{2,00 * (A_r + A_c)}$$

$$V_c = \frac{1,07^2 * 10,00}{2,00 * (0,69 + 1,07)}$$

$$V_c = 11,02 m^3$$

$$V_r = \frac{A_r^2 * L}{2 * (A_r + A_c)}$$

$$V_r = \frac{2,47^2 * L}{2 * (0,42 + 2,47)}$$

$$V_r = 12,09m^3$$

Cuadro N°2. 48: Reporte de volúmenes de relleno-corte

Prog.	Área de corte (m ²)	Volumen de corte (m ³)	Volumen reusable acumulado (m ³)	Área de relleno (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte acumulado (m ³)	Volumen reusable acumulado (m ³)	Volumen de relleno acumulado (m ³)	Curva masa (m ³)
0+860	1,31	18,32	18,32	0,69	3,69	5.947,99	1.503,48	1.503,48	4.444,51
0+870	1,07	11,02	11,02	1,56	12,09	5.959,01	1.515,57	1.515,57	4.443,

Fuente: Elaboración propia en AutoCAD civil 3D

Los volúmenes de movimiento de tierra, tanto en corte como en relleno son obtenidos luego del trazado de la subrasante, nos indica las cantidades de volúmenes que llegamos a tener en el proyecto, con el cual también determinamos la curva masa.

Cuadro N°2. 49: Resumen de volúmenes de movimiento de tierra

Volumen de corte acumulado (m ³)	Volumen de relleno acumulado (m ³)	Volumen de sobre acarreo (m ³)
108.734,20	65.762,70	42.971,79

Fuente: Elaboración propia

2.3.6.1 Diagrama curva masa

El diagrama de la curva masa es una serie de líneas unidas que describen la acumulación neta de corte o de relleno, entre dos perfiles transversales cualesquiera. La ordenada del diagrama de la curva masa es la acumulación neta en metros cúbicos, la diferencia de ordenadas entre dos perfiles transversales cuales quiera representa la acumulación neta de corte y relleno entre estos perfiles transversales.

Gráfico N°2. 8: Curva masa

Fuente: Elaboración propia.

2.4 DISEÑO ESTRUCTURAL

El propósito estructural de un pavimento es distribuir las cargas de las llantas, aplicadas en áreas pequeñas, en áreas más grandes sobre el suelo de fundación., para prevenir esfuerzos excesivos y la funcionalidad está dirigida a los requerimientos de los usuarios de tener buenas condiciones de viaje. Para el diseño de espesores de capa de las dos alternativas, tanto para carpeta asfáltica, como tratamiento superficial doble.

2.4.1 Periodo de diseño

Se distinguen dos variables: el periodo de diseño (también llamado vida útil del pavimento) y el periodo de análisis.

La vida útil o periodo de diseño es el tiempo entre la construcción y una rehabilitación importante del pavimento, la que se produce cuando éste alcanza un grado de serviciabilidad mínimo.

El periodo de análisis es el tiempo total que cada estrategia de diseño debe cubrir.

Tabla N°2. 26: Periodo de diseño

Tipo de camino	Periodo de análisis
Gran volumen de tránsito urbano	30-50 años
Gran volumen de tránsito rural	20-50 años
Bajo volumen pavimentado	15-25 años

Fuente: Diseño de pavimentos (AASHTO – 93) del IBH.

2.4.2 Ejes equivalentes

Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento se refieren al cálculo de ejes equivalentes expresados en ESALs, nos basaremos en la ley de cargas D.S. N°25.629, para determinar un ESAL acorde a nuestra realidad.

2.4.2.1 Factor direccional y factor de carril

El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total del tránsito circundante en ambas direcciones.

Tabla N°2. 27: Factor de distribución de carril

N° de carriles en ambas direcciones	% de camiones en el carril de diseño
1,00	100,00
2,00	80,00-100,00
3,00	60,00-80,00
4,00 ó mas	50,00-75,00

Fuente: Manual para diseño de pavimentos flexibles (AASHTO – 93).

$$Fd = 100,00 = 1,00$$

Tabla N°2. 28: Factor de distribución direccional

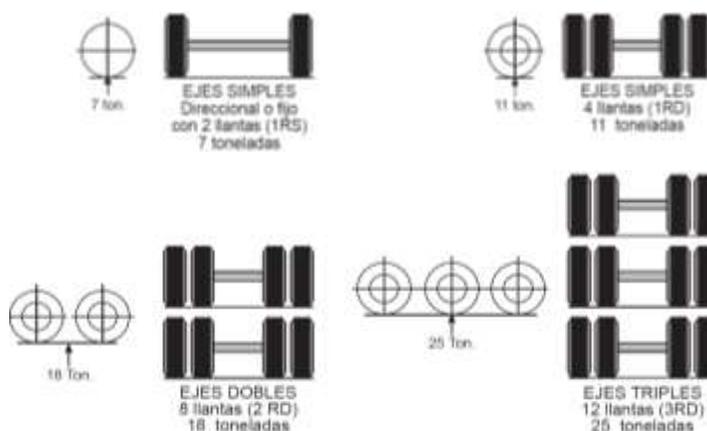
N° de carriles en ambas direcciones	% de camiones en el carril de diseño
2,00	50,00
4,00	45,00
6 ó más	40,00

Fuente: Manual para diseño de pavimentos flexibles (AASHTO – 93).

$$Fc = 50,00\% = 0,50$$

2.4.2.2. Numero de repeticiones de ejes equivalentes

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como ejes equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis.

Figura N°2. 12: Límites de pesos permitidos por ejes

Fuente: D.S. N° 25629 ley de cargas.

2.4.2.2.1 Carga por eje

En este caso no se dispone de información del espectro de cargas vehicular, pero si tenemos la actividad de censos de carga que permite determinar los pesos promedio.

Tabla N°2. 29: Relación de cargas por eje

Tipo de eje	Eje Equivalente (EE 8,20 tn)
Eje simple de ruedas simples (EEs1)	$EE_{S1} = \left(\frac{P}{6,60}\right)^{4,00}$
Eje simple de ruedas dobles (EEs2)	$EE_{S2} = \left(\frac{P}{8,20}\right)^{4,00}$
Eje tándem (1 eje ruedas dobles +1 eje rueda simple) (EE TA1)	$EE_{TA1} = \left(\frac{P}{14,80}\right)^{4,00}$
Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EETA2)	$EE_{TA2} = \left(\frac{P}{15,10}\right)^{4,00}$
Ejes trídem (2 ejes de ruedas dobles +1 eje de rueda simple) (EETR1)	$EE_{TR1} = \left(\frac{P}{20,70}\right)^{3,90}$
Ejes trídem (3 ejes de ruedas dobles) (EE TR2)	$EE_{TR2} = \left(\frac{P}{21,80}\right)^{3,90}$
P= Peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de carreteras, en base a correlaciones con los valores de las tablas del apéndice D de la guía AASTHO'93.

Tabla N°2. 30: Pesos promedio por eje y tipo de vehículo

N°	Tipo de vehículo	Config. eje	Unidad	Eje delantero	1° Eje trasero	2° Eje trasero	3° Eje trasero
1	Automóvil	11	Tn	1,36	1,33		
			%	50,60	49,40		
2	Camioneta	11	Tn	1,31	1,81		
			%	41,99	58,01		
3	Minibús	11	Tn	1,62	1,62		
			%	50,00	50,00		
4	Micro bus	11	Tn	1,62	3,14		
			%	34,03	65,97		
5	Bus mediano	11	Tn	4,30	10,89		
			%	28,31	71,69		
6	Bus grande de 36 asientos o más	12	Tn	5,13	16,50		
			%	19,06	80,47		
7	Camión mediano	11	Tn	5,13	9,53		
			%	35,00	65,00		
8	C2 cam. grande 2 ejes	11	Tn	5,10	10,89	15,03	
			%	16,44	35,11	48,45	
9	C3 cam. grande 3 ejes (trasero tándem)	12	Tn	6,95	15,03	25,50	
			%	14,64	31,66	53,71	
10	C. semirremolque eje2simple eje 3 trídem	123	Tn	6,58	16,46	25,50	
			%	13,50	33,90	52,50	
11	C-R Camión C-remolque	1211	Tn	6,42	25,50	9,26	15,03
			%	11,42	45,37	16,37	26,74

Fuente: Datos de pesajes estaciones Ckochis, Mamoré, Unduavi, Achacachi. (2015-2016).

Cuadro N°2. 50: Determinación de los factores “LEF” y el factor de camión “TF”

Ítem	Ejes	Automóvil		Camioneta		Mimibús		Microbús		Buses medianos		Buses grandes		Camión mediano		Camión grande		Camión semi remolque		Otros			
		Ton.	kips	Ton.	kips	Ton.	kips	Ton.	kips	Ton.	kips	Ton.	kips	Ton.	kips	Ton.	kips	Ton.	kips	Ton.	kips	Ton.	kips
Configuración de ejes	Eje delantero	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	1er eje trasero	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	2do eje trasero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	3er eje trasero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Carga por eje	Eje delantero	1,30	3,0	1,31	3,0	1,6	3,6	2,4	5,3	4,3	8,9	5,1	11,3	5,1	15	5,1	15	6,6	15,4	1,0	2,20	1,0	
	1er eje trasero	1,30	2,9	1,81	2,9	1,6	3,6	3,1	6,9	10,	20,	16,	20,9	11	24	25,	56	16,5	39,7	2,0	4,40	2,0	
	2do eje trasero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,5	56,2	0,0	0,00	0,0	
	3er eje trasero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
Factor E.E.																							
Factor equivalente de carga LEF	Eje delantero	0,0018	0,0016	0,0016	0,0036	0,018	0,36	0,018	0,18	0,18	0,36	0,36	0,36	0,365	0,35	0,35	0,98	0,00048	0,00048	0,00048	0,00048	0,00048	0,00048
	1er eje trasero	0,0016	0,0056	0,0056	0,0036	0,021	3,12	0,021	3,12	3,12	1,42	1,42	1,42	3,24	1,87	1,87	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
	2do eje trasero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	3er eje trasero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Factor camión (TF) =		0,0034	0,072	0,072	0,007	0,039	3,30	0,039	3,30	3,30	1,78	1,78	1,78	3,60	2,22	2,22	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N°2. 51: TPDA en los ejes mixtos de cada clase de vehículo por año

Año	TPDA mixto	Clase de vehículo							
		Automóvil (1) vagoneta, jeep		Camioneta (2)		Grande 2 ejes (8)		Semi- Remolque (10)	
		%	TPDA	%	TPDA	%	TPDA	%	TPDA
2025	13,00	23,08	3,00	23,08	3,00	46,15	6,00	7,69	1,00
2026	15,00	26,67	4,00	26,67	4,00	40,00	6,00	6,67	1,00
2027	15,00	26,67	4,00	26,67	4,00	40,00	6,00	6,67	1,00
2028	17,00	23,53	4,00	23,53	4,00	47,06	8,00	5,88	1,00
2029	17,00	23,53	4,00	23,53	4,00	47,06	8,00	5,88	1,00
2030	19,00	21,05	4,00	21,05	4,00	42,11	8,00	15,79	3,00
2031	20,00	20,00	4,00	20,00	4,00	45,00	9,00	15,00	3,00
2032	20,00	20,00	4,00	20,00	4,00	45,00	9,00	15,00	3,00
2033	22,00	22,73	5,00	22,73	5,00	40,91	9,00	13,64	3,00
2034	23,00	21,74	5,00	21,74	5,00	43,48	10,00	13,04	3,00
2035	23,00	21,74	5,00	21,74	5,00	43,48	10,00	13,04	3,00
2036	23,00	21,74	5,00	21,74	5,00	43,48	10,00	13,04	3,00
2037	24,00	20,83	5,00	20,83	5,00	45,83	11,00	12,50	3,00
2038	26,00	23,08	6,00	23,08	6,00	42,31	11,00	11,54	3,00
2039	29,00	20,69	6,00	20,69	6,00	48,28	14,00	10,34	3,00
2040	30,00	20,00	6,00	20,00	6,00	46,67	14,00	13,33	4,00
2041	31,00	19,35	6,00	19,35	6,00	48,39	15,00	12,90	4,00
2042	35,00	22,86	8,00	22,86	8,00	42,86	15,00	11,43	4,00
2043	36,00	22,22	8,00	22,22	8,00	44,44	16,00	11,11	4,00
2044	36,00	22,22	8,00	22,22	8,00	44,44	16,00	11,11	4,00
TOTAL	474,00		104,00		104,00		211,00		55,00
MEDIO	23,00		5,00		5,00		10,00		3,00
TPDA*365	173.010,00		37.960,00		37.960,00		77.015,00		20.075,00

Fuente: Elaboración propia.

ESAL de diseño pavimento flexible y tratamiento superficial

Cuadro N°2. 52: ESAL para cada tipo de vehículo de proyecto

Clase de vehículo	TPDA para n años	DD	LD	Factor de camión FC (ESAL)	ESALS/VEHÍC.
1	104,00	100,00	50,00	0,0034	64,532
2	104,00	100,00	50,00	0,072	1.366,56
8	211,00	100,00	50,00	2,22	85.486,65
10	55,00	100,00	50,00	4,10	41.153,75

Fuente: Elaboración propia.

ESAL de pavimento flexible y tratamiento superficial para periodo de diseño =128.071,49

2.4.3 Análisis de C.B.R. de diseño

Se hará un análisis de que valor será tomado como C.B.R. de diseño, tomando en cuenta el C.B.R. de diseño según el instituto de asfaltos y el C.B.R. de crítico, será el nuevo C.B.R. de diseño el valor que se ajuste a la mejor alternativa técnica y económica.

2.4.3.2 C.B.R. de diseño según instituto de asfaltos

El C.B.R. de diseño es importante para analizar si es conveniente realizar el diseño estructural con este valor, siempre y cuando el diseño no esté siendo un sobredimensionamiento según el estudio de estos.

Cuadro N°2. 53: Procesamiento de datos para el percentil

C.B.R. (%)	Numero de ensayos	Numero de valores iguales de valores	% de valores iguales o mayores
3,00	6,00	5,00	
6,00	8,00	9,00	64,30
Total	14,00		35,70

Fuente: Elaboración propia.

2.4.3.3 C.B.R. crítico

El resultado de los laboratorios de mecánica de suelos realizados, muestran que en un 65% del total del tramo, que son desde la progresiva: 3+000 a 7+100 el CBR tiene el siguiente valor:

C.B.R. = 6,00 % Suelo A-4

El 35% siguiente desde la progresiva: 0+000 a 3+000 el CBR tiene el siguiente valor:

$$\text{C.B.R.} = 3,00 \% \quad \text{Suelo A-6}$$

Por tanto, haciendo el análisis de que CBR se debe usar:

Con el C.B.R. de diseño sobre dimensionaremos en todo el tramo.

Con el C.B.R. crítico solo sobre dimensionaríamos 35% del tramo.

Por tanto, para el diseño estructural optaremos por el C.B.R. crítico.

$$\text{C.B.R. de diseño final} = 3,00\%$$

2.4.4 Modulo de resiliente Mr

La base del método AASHTO – 93, para la caracterización de los materiales, tanto de la subrasante como los que conformarán las diferentes capas de la estructura, es la determinación del módulo elástico o resiliente.

Las ecuaciones de correlación recomendada, es la ecuación general de la AASHTO – 93.

$$\text{CBR } 95\% = 3,00\%$$

$$Mr = 2.555,00 * \text{CBR } 95\%^{0,64}$$

$$Mr = 2.555,00 * 3,00\%^{0,64}$$

$$\text{Mr} = 5.161,17$$

2.4.5 Alternativas del paquete estructural

En el cálculo estructural se tomarán dos alternativas el tratamiento superficial triple y pavimento flexible, según un análisis técnico, económico se definirá la mejor alternativa, se tomó esta decisión ya que las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento está en el rango de menor tráfico ($W_{18} = 128.071,49$ para 20 años de diseño) no se realizará el mejoramiento de la subrasante, el C.B.R es de 3,00% siendo una subrasante inadecuada, será suficiente con los espesores de la capa subbase y base.

Tabla N°2. 31: Espesores mínimos en función a los ejes equivalente

ESAL`s	Concreto asfáltico	Base granular
< 50.000,00	2,50 cm ó T.S.	10,00 cm
50.000,00 – 150.000,00	5,00 cm	10,00 cm
150.000,00 – 500.000,00	6,50 cm	10,00 cm
500.000,00 – 2000.000,00	7,50 cm	15,00 cm
> 7.000.000,00	10,00 cm	15,00 cm

Fuente: Formulario para carreteras.

2.4.5.1 Diseño de espesores

El método a utilizar para el cálculo del paquete estructural es el método de la AASHTO - 93 el cual se detalla a continuación.

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 9,36 \log(SN+1) - 0,20 + \frac{\log(\Delta PSI)}{4,2-1,5} + 2,32 \log M_R - 8,07$$

$$40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}$$

Donde:

W_{18} = Número de cargas de ejes simples equivalentes de 18 kips (80 KN) calculadas
Conforme al tránsito vehicular.

Z_R = Es el valor de Z correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad R

S_o = Desviación estándar de todas las variables

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad

M_R = Módulo de resiliencia de la subrasante

SN = Número Estructural

2.4.5.1.1 Confiabilidad

Este valor se refiere al grado de seguridad o veracidad de que el diseño de la estructura de un pavimento, puede llegar al fin de su periodo de diseño en buenas condiciones.

Tabla N°2. 32: Niveles de confiabilidad

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectores	80 – 95	75 – 95
Locales	50 - 80	50 - 80

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

Confiabilidad (R) = 65 %

Tabla N°2. 33: Valores de Z_R en la curva normal para diversos grados de confiabilidad

Confiabilidad	Valor de Z_R	Confiabilidad	Valor de Z_R
50	-0.000	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
65	-0.385	95	-1.645
70	-0.524	96	-1.751
75	-0.674		

80	-0.841
85	-1.0.37
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405

97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

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

$Z_R = -0,385$ para una confiabilidad del 65 %

2.4.5.1.2 Desviación estándar global S_o

Valores de S_o en los tramos de prueba AASHTO no incluyen errores en la estimación del tránsito; sin embargo, el error en la predicción del comportamiento de las secciones en tales tramos 0,45 para los flexibles, lo que corresponde a valores de la desviación estándar total debidos al tránsito de

$S_o = 0,45$ para pavimentos flexibles

2.4.5.1.3 Criterios para determinar la serviciabilidad

La serviciabilidad de una estructura de pavimento, es la capacidad que tiene éste de servir al tipo y volumen de tránsito para el cual fue diseñado. El índice de serviciabilidad se califica entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto).

Para el diseño de pavimentos debe asumirse la serviciabilidad inicial y serviciabilidad final; la inicial (P_o) es función directa del diseño de la estructura de pavimento y de la calidad con que se construye la carretera, la final o terminal (P_t) va en función de la categoría del camino, el valor que se recomienda por experiencia es:

Serviciabilidad inicial

$P_o = 4,20$ para pavimentos flexibles

Serviciabilidad final

$P_t = 2,50 - 3,00$ para vías con características de autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico.

$P_t = 2,00 - 2,50$ para vías con características de autopistas urbanas y troncales de intensidad de tráfico normal, así como para autopistas interurbanas.

$P_t = 1,80 - 2,00$ para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas.

$P_t = 2,00$ para caminos de desarrollo

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

2.4.5.1.4 Coeficiente de drenaje

Las siguientes tablas dan referencias del drenaje en función del tiempo y porcentaje de saturación para elegir el coeficiente de drenaje.

Tabla N°2. 34: Selección de los coeficientes de drenaje

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos de 1%	1 - 5%	5 – 25%	Más de 25%
Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Bueno	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,10	1,00
Regular	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Pobre	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Muy Pobre	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Fuente: Diseño de pavimentos AASHTO 93

Cd = 1,00 Coeficiente de drenaje bueno

2.4.5.1.5 Calculo de espesores de capa

Una vez obtenido el número estructural SN para la sección estructural del pavimento, utilizando la fórmula de diseño, se requiere ahora determinar una sección multicapa que en conjunto provea de suficiente capacidad de soporte equivalente al número estructural de diseño original.

Tabla N°2. 35: Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular

Numero ESALs	Concreto asfáltico	Base granular
Menos de 50.000	2,50 o TS	10,00
50.000 – 150.000	5,00	10,00
150.000 – 500.000	6,50	10,00
500.000 – 2.000.000	7,50	15,00
2.000.000 – 7.000.000	9,00	15,00
Más de 7.000.000	10,00	15,00

Fuente: Diseño de pavimentos – AASHTO 93

Alternativa Nro. 1: Pavimento flexible

Número estructural = 2,40

ESAL = 128.071,49

Confiabilidad = 65%

Desviación estándar = -0,385

Módulo resiliente (Psi)= 5.161,20

Serviciabilidad inicial = 4,20

Serviciabilidad final = 2,00

Imagen N°2. 15: Diseño de espesores de pavimento flexible

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

$\log_{10}(W_{18})$ = =

NUMERO ESTRUCTURAL (ITERAR)
 SN

CAPA DE MATERIAL	Coficiente de Capa (a)	Coficiente de Drenaje (m)	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0,44	1	2,00	0,886	5,00	2,214
Base Granular	0,13	1	6,00	0,780	15,00	1,951
Sub Base Granular	0,12	1	7,00	0,818	20,00	2,338

SN (Calculado) 2,484
 SN (Requerido) 2,401
 OK

6,503
 6,097
 OK

Fuente: Elaboración propia.

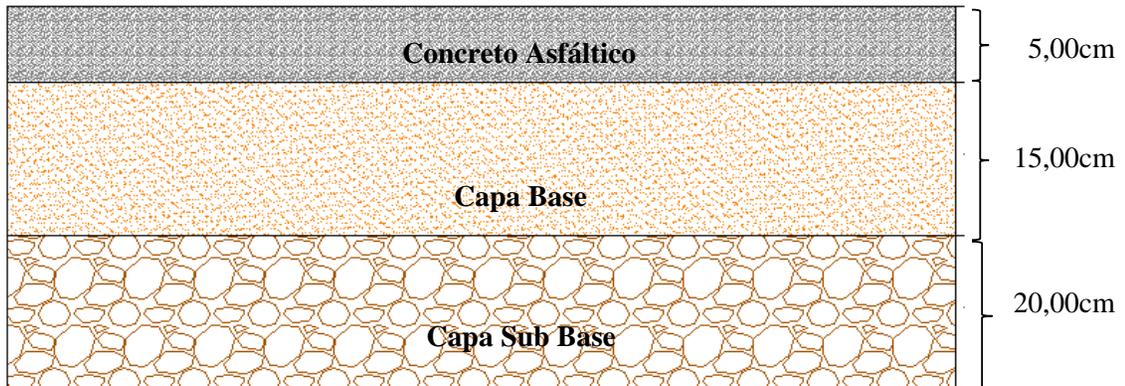
Cuadro N°2. 54: Análisis del diseño de espesores pavimento flexible

Capa de material	Coficiente de capa (a)	Coficiente de drenaje (m)	Espesor (pulg)	Número estructural de capa (SN)	Espesor (cm)	Numero estructural de capa (SN)
Asfalto	0,44	1,00	2,00	0,89	5,00	2,21
Base granular	0,13	1,00	6,00	0,78	15,00	1,95
Sub base granular	0,12	1,00	7,00	0,82	20,00	2,34
				2,484		6,50

Fuente: Elaboración propia

$SN_{requerido} = 2,40 < SN_{ofertado} = 2,48$ Cumple

Gráfico N°2. 9: Capas estructurales pavimento flexible



Fuente: Elaboración propia.

Alternativa más de fines académicos, porque al tener un ESAL bajo, también en el aspecto social son comunidades que esperan desarrollarse y la norma nos aconseja que la alternativa queda descartada.

Alternativa Nro. 2: Tratamiento superficial triple

Número estructural = 2,40

ESAL= 128.071,49

Confiabilidad = 65%

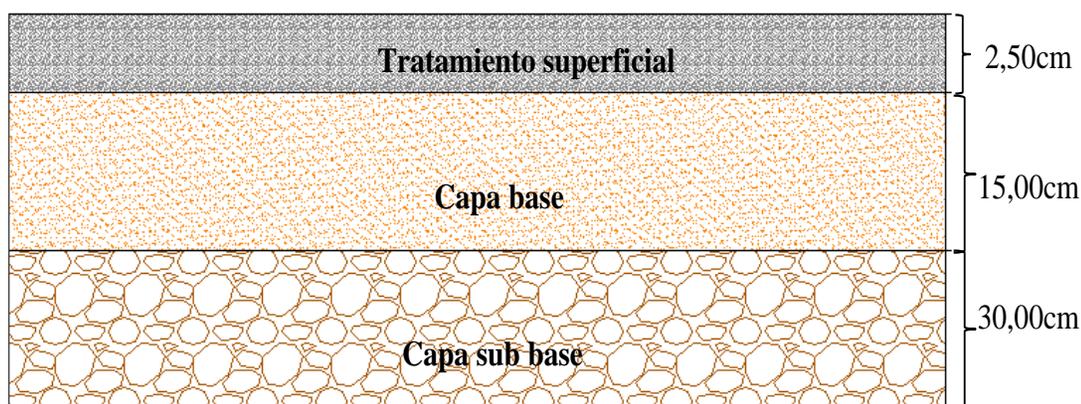
Desviación estándar = -0,385

Módulo resiliente (Psi)= 5.161,20

Serviciabilidad inicial = 4,20

Serviciabilidad final = 2,00

Gráfico N°2. 10: Capas estructurales tratamiento superficial triple



Fuente: Elaboración propia.

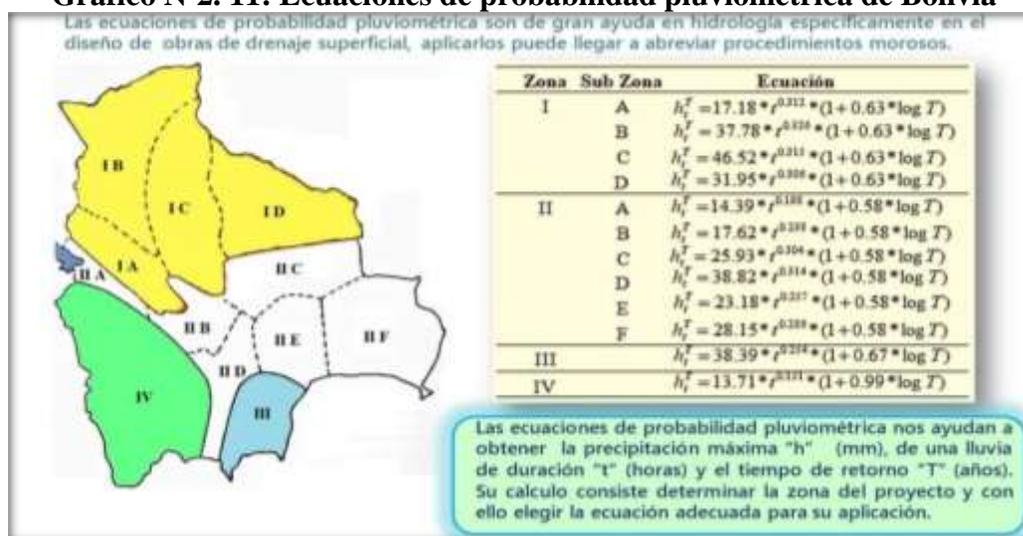
Alternativa que cumple con lo requerido en la norma, por tan será la alternativa elegida para el diseño.

2.5. DISEÑO HIDRÁULICO

En el diseño hidráulico se dimensionará las cunetas, las alcantarillas de cruce y las alcantarillas de alivio, haciendo el análisis de su ubicación y tratando de que estas sean técnica y económicamente la mejor alternativa para el buen funcionamiento de nuestro paquete estructural, 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.

La ecuación de probabilidad pluviométrica para las distintas regiones de Bolivia, corresponde a la zona III para realizar el ajuste de las lluvias máximas diarias se adoptó.

Gráfico N°2. 11: Ecuaciones de probabilidad pluviométrica de Bolivia



Fuente: Manual de diseño hidráulico de obras de drenaje superficial en vías de comunicación, Franz Monroy, 2013.

$$h_t^T = 38,39 * t^{0,254} * (1 + 0,67 * \log T)$$

Dónde:

h_t^T = Precipitación máxima (mm)

T = Periodo de retorno (años)

t = Duración de lluvia (hr)

2.5.1 Diseño de cunetas

Las cunetas son obras de drenaje que están construidas al borde lateral del camino, cuyo objetivo es captar aguas superficiales que caen en la calzada de la carretera y a las zonas aledañas que van en dirección de la carretera de manera que estas sean captadas, encausadas y llevadas a un punto de desagüe de manera que no afecte a la estructura de la carretera. Utilizamos el método racional modificado que requiere la intensidad de la precipitación para un tiempo igual al tiempo de concentración, ya que típicamente el tiempo de concentración de las cunetas es reducido, se define un tiempo igual a 10 minutos. La obtención de este valor se realiza mediante la fórmula de Grunsky.

$$h_t^T = 38,39 * t^{0,254} * (1 + 0,67 * \log T)$$

Se mostrará el diseño de cuneta más desfavorable logrando así verificar el resto de las cunetas.

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración que se utilizará para cálculo hidráulico de las cunetas y las alcantarillas de alivio será según la norma de la ABC (manual hidráulico).

t = 10 min (norma ABC)

t = 0,167 h

Periodo de retorno

T= 10 años

$$h_t^T = 38,39 * 0,167^{0,254} * (1 + 0,67 * \log 5)$$

$$h_t^T = 40,69 \text{ mm}$$

Cuadro N°2. 56: h_t^T para cunetas

Periodo de retorno (años)	h_t^T (mm)
5	35,77



Para cunetas

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1.1 Intensidad máxima para la cuneta

$$i_{24} = \frac{P_d}{24}$$

$$i_t = i_{24} \sqrt{\frac{24}{t}}$$

Donde:

t = Tiempo de concentración, o tiempo para la intensidad máxima (h)

Pd = Altura de lluvia máxima (HdT) (mm)

i₂₄ = Intensidad para 24 horas (mm/h)

Por otra parte, para el diseño de cunetas se trabaja para un periodo de retorno de 5 años, el cual ya lo determinamos en el estudio hidrológico anteriormente expuesto.

La obtenemos con la fórmula de Grunsky.

Cuadro N°2. 57: Intensidad máxima para la cuneta

Periodo de retorno T (años)	Hdt (mm)	Tiempo de concentración (horas)	Intensidad horaria i ₂₄ (mm/h)	Intensidad de diseño (mm/h)
5	35,77	0,167	1,69	17,86

Fuente: Elaboración propia

Contamos con los siguientes parámetros, dependiendo el tipo de material de cuneta, los cultivos existentes entre otros. Prog. 5+420 al 5+580.

Tabla N°2. 36: Coeficiente de escorrentía

Coeficiente de escorrentía C	
Pavimentos asfálticos	0,75-0,95
Pavimentos rígidos	0,70-0,90
Suelos impermeables	0,40-0,65
Suelos ligeramente impermeables	0,15-0,40
Suelos moderadamente permeables	0,05-0,20

Fuente: Manual hidráulico de la Administradora Boliviana de Carreteras

Datos:

Progresivo inicio = 5+420,00

Progresiva final =5+580,00

$C_1 = 0,95$ (coeficiente de escorrentía de la carpeta asfáltica)

$C_2 = 0,40$ (coeficiente de escorrentía suelos ligeramente impermeables)

Cálculos:

Longitud (L) = $580 - 420,00 = 160,00$ m

Área carril = $(3,00+0,50) * 160,00 = 0,056$ Ha

$A_1 = 0,056$ (ha) (área de aportación de la carpeta asfáltica)

$A_2 = 9,28$ (ha) (área de aportación de suelos)

$n = 0,014$ (coeficiente de Manning del hormigón revestido)

$I = 17,86$ (mm/h) (intensidad máxima de lluvia para un T = 5 años)

Desnivel (H) = $464,2 - 466,75 = 2,55$ m

Pendiente (S) = $3,55 / 160,00 = 0,01$ (m/m)

$S = 0,01$ (m/m) (Pendiente para la cuneta)

$z_1 = 2$ (talud sección triangular)

$z_2 = 1$ (talud sección triangular)

Cuenca de aporte

Cuadro N°2. 58: Área de aporte en cuneta



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado

$$C_{\text{ponderado}} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2}$$

$$C_p = \frac{0,95 \cdot 0,056 + 0,40 \cdot 9,28}{0,056 + 9,28}$$

$$C_{\text{ponderado}} = 0,40$$

Cálculo de caudal máximo

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,60}$$

$$Q = \frac{0,40 \cdot 17,86 \cdot 0,093}{3,60}$$

$$Q = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.5.1.2 Dimensionamiento de la cuneta**Área mojada**

$$A = \left(\frac{m_1 + m_2}{2} \right) \cdot y^2$$

Donde:

y = Tirante normal

m1 = Talud 1 Sección triangular 2;1 H/V

m2 = Talud 2 Sección triangular 1;1 H/V

$$A = \left(\frac{2 + 1}{2} \right) \cdot y^2$$

$$A = 1,5 \cdot y^2$$

Perímetro mojado

$$P = \left(\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2} \right) \cdot y$$

Donde:

y = Tirante normal

m1 = Talud 1 Sección triangular 2;1 H/V

m2 = Talud 2 Sección triangular 1;1 H/V

$$P = \left(\sqrt{1 + 1^2} + \sqrt{1 + 2^2} \right) \cdot y$$

$$P = 3,65 \cdot y^2$$

Radio hidráulico

$$R_h = \frac{A}{P}$$

$$R_h = \frac{1,5 * y^2}{3,65 * y^2}$$

Con estos datos calculamos el tirante normal en función del caudal según Manning el cual obtenemos mediante iteración del punto fijo.

Ecuación de Manning

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

Donde:

$n = 0,014$ Coeficiente de rugosidad

$s = 0,01$ (m/m) Pendiente longitudinal

$A = 0,24$ (m²)

$R_h = 0,164$ (m) Radio hidráulico

$$0,18 = \frac{1}{0,014} * (1,5 * y^2) * \left(\frac{1,5 * y^2}{3,65 * y^2}\right)^{\frac{2}{3}} * 0,01^{\frac{1}{2}}$$

Iterando:

Y = 0,20m

T=0,80m

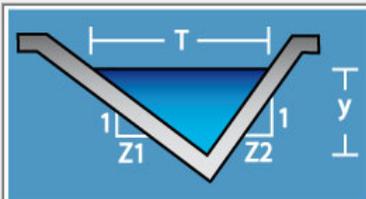
Imagen N°2. 17: Verificación con software H canales 3.1

🏠 Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal y triangular con taludes diferentes Z1 y Z2 - □

Lugar: BERMEJO	Proyecto: DISEÑO DE INGENIERIA
Tramo: QUEBRADA EL TORO	Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q):	0.18	m3/s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud 1 (Z1):	2	
Talud 2 (Z2):	1	
Rugosidad (n):	0.014	
Pendiente (S):	0.01	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.2698	m	Perímetro (p):	0.9849	m
Área hidráulica (A):	0.1092	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1109	m
Espejo de agua (T):	0.8094	m	Velocidad (v):	1.6485	m/s
Número de Froude (F):	1.4330		Energía específica (E):	0.4083	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Fuente: Elaboración propia en H-canales 3.1.

Cuadro N°2. 59: Ubicación por progresiva de la cuneta

Progresiva Inicio	Progresiva final	Ubicación	Progresiva Inicio	Progresiva final	Ubicación
0+000	0+360	Izquierdo	0+000	0+360	Derecho
0+440	0+660	Izquierdo	0+440	0+680	Derecho
0+840	0+840	Izquierdo	0+820	0+900	Derecho
1+340	2+060	Izquierdo	1+360	2+060	Derecho
2+180	2+380	Izquierdo	2+180	2+380	Derecho
2+460	2+520	Izquierdo	2+460	2+540	Derecho
2+640	2+920	Izquierdo	2+640	2+940	Derecho
3+000	3+080	Izquierdo	3+000	3+060	Derecho
3+260	3+360	Izquierdo	3+240	3+360	Derecho
		Izquierdo	3+620	3+680	Derecho
3+900	3+960	Izquierdo	3+800	3+960	Derecho
4+120	4+220	Izquierdo	4+140	4+220	Derecho
4+260	4+520	Izquierdo	4+280	4+320	Derecho
4+580	4+940	Izquierdo	4+420	4+440	Derecho
			4+600	4+620	Derecho
5+020	5+080	Izquierdo	4+780	4+920	Derecho
5+160	5+200	Izquierdo	5+020	5+060	Derecho
5+240	5+360	Izquierdo	5+260	5+280	Derecho
5+420	5+620	Izquierdo	5+440	5+600	Derecho
5+720	5+800	Izquierdo	5+760	5+780	Derecho
5+880	5+920	Izquierdo			Derecho
6+100	6+840	Izquierdo	6+120	6+840	Derecho
6+900	7+020	Izquierdo			Derecho

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1.3 Dimensionamiento de la cuneta para todos los tramos

Se debe mantener un tirante de 0,40 metros para uniformizar la cuneta en todos los tramos, en los puntos donde se tienda a superar el tirante normal se deberá aliviar con la alcantarilla de alivio

Tirante de diseño = 0,40

Cuadro N°2. 60: Cálculo de tirante para cunetas triangulares

Progresiva	Longitud (m)	Pendiente izq (S) m/m	Pendiente der (S) m/m	Ancho carril (m)	Ancho de berma (m)	Derecho de vía (m)	Área 1 (Km ²)	Área 2 (Km ²)	Coef. de esc (Adm)	Área de trabajo (Km ²)	Caudal m ³ /s	Tirante izq Y(m)	Tirante der Y(m)
0+000,00	0,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00
0+020,00	20,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,01	0,02	0,41	0,03	0,03	0,12	0,12
0+040,00	40,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,01	0,04	0,41	0,05	0,06	0,16	0,16
0+060,00	60,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,02	0,06	0,41	0,08	0,09	0,18	0,18
0+080,00	80,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,02	0,08	0,41	0,10	0,12	0,21	0,21
0+100,00	100,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,03	0,10	0,41	0,13	0,15	0,22	0,22
0+120,00	120,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,04	0,12	0,41	0,16	0,18	0,24	0,24
0+140,00	140,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,04	0,14	0,41	0,18	0,21	0,25	0,25
0+160,00	160,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,05	0,16	0,41	0,21	0,24	0,27	0,27
0+180,00	180,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,05	0,18	0,41	0,23	0,27	0,28	0,28
0+200,00	200,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,06	0,20	0,41	0,26	0,30	0,29	0,29
0+220,00	220,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,07	0,22	0,41	0,29	0,32	0,30	0,30
0+240,00	240,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,07	0,24	0,41	0,31	0,35	0,31	0,31
0+260,00	260,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,08	0,26	0,41	0,34	0,38	0,32	0,32
0+280,00	280,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,08	0,28	0,41	0,36	0,41	0,33	0,33
0+300,00	300,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,09	0,30	0,41	0,39	0,44	0,34	0,34
0+320,00	320,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,10	0,32	0,41	0,42	0,47	0,34	0,34
0+340,00	20,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,01	0,02	0,41	0,03	0,03	0,12	0,12
0+360,00	40,00	0,07	0,07	3,00	0,50	10,00	0,01	0,04	0,41	0,05	0,06	0,16	0,16
0+440,00	20,00	0,03	0,03	3,00	0,50	10,00	0,01	0,02	0,41	0,03	0,03	0,15	0,15
0+460,00	40,00	0,03	0,03	3,00	0,50	10,00	0,01	0,04	0,41	0,05	0,06	0,19	0,20
0+480,00	60,00	0,03	0,03	3,00	0,50	10,00	0,02	0,06	0,41	0,08	0,09	0,22	0,23
0+500,00	80,00	0,03	0,03	3,00	0,50	10,00	0,02	0,08	0,41	0,10	0,12	0,25	0,25

Fuente: Elaboración propia.

Haciendo un análisis a todos los tramos de cunetas del proyecto se adoptó una cuneta tipo con relación al tramo más crítico.

2.5.2 Diseño de alcantarillas de alivio

Son obras de drenaje cuyo propósito es captar las aguas que vienen de las cunetas para encausarlas y llevarlas a un desagüe al otro extremo de la carretera de manera que no afecten esas aguas a la estructura de la carretera. Son obras importantes porque permiten garantizar que la estructura de la carretera este alejado de aguas superficiales.

Cuadro N°2. 61: htT para alcantarillas de alivio

Periodo de retorno (años)	htT (mm)
25	47,19

← Para alcantarillas

Fuente: Elaboración propia

2.5.2.1 Intensidad máxima para la alcantarilla de alivio

La obtenemos con la fórmula de Grunsky.

Cuadro N°2. 62: Intensidad máxima para alcantarilla de alivio

Periodo de retorno T (años)	htT (mm)	Tiempo de concentración (h)	Intensidad horaria i_{24} (mm/h)	Intensidad de diseño (mm/h)
25	47,19	0,167	1,97	23,57

Fuente: Elaboración propia

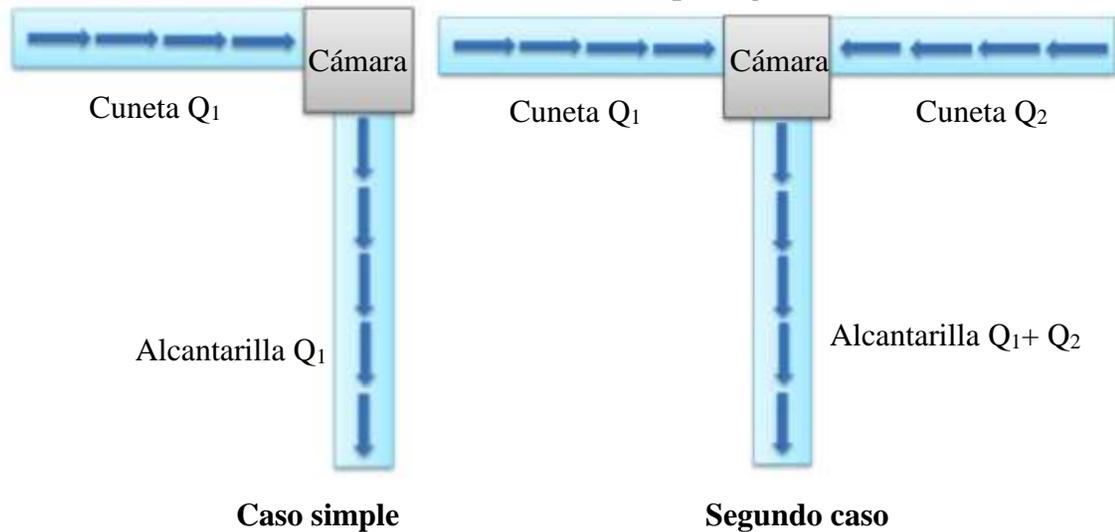
2.5.2.2 Parámetros para el diseño de alcantarilla de alivio

El material de las alcantarillas de alivio es de metal corrugado ($n = 0,021$), pendiente longitudinal de la alcantarilla de alivio del 2,00 % ($S = 0,02$ auto limpiante) y tirante igual al 70 % del diámetro. Contamos con los siguientes parámetros adoptados.

$n = 0,021$ (Coeficiente del metal corrugado con ondulación estándar ARMCO)

$I = 23,57$ (mm/h) (Intensidad máxima de lluvia para un $T = 25$ años)

$S = 0,02$ (m/m) (Pendiente auto limpiante)

Imagen N°2. 18: Casos de caudal conocido que ingresa a la alcantarilla

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del coeficiente de escorrentía ponderado

Tanto para el periodo de 25 años es el mismo coeficiente de escorrentía.

$$C_{p \text{ izq}} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2} \quad C_{p \text{ der}} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2} \quad C_{p \text{ izq}} = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2}{A_1 + A_2}$$

$$C_p = \frac{0,95 \cdot 0,077 + 0,40 \cdot 1,75}{0,077 + 1,75} \quad C_p = \frac{0,95 \cdot 0,042 + 0,40 \cdot 0,90}{0,042 + 0,90} \quad C_p = \frac{0,95 \cdot 0,038 + 0,40 \cdot 1,12}{0,038 + 1,12}$$

$$C_{\text{ponderado}} = 0,41 \quad C_{\text{ponderado}} = 0,42 \quad C_{\text{ponderado}} = 0,42$$

Cálculo de caudal máximo, segundo caso de alcantarilla de alivio

Como la intensidad máxima de lluvia aumenta, de tal manera el caudal de diseño.

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,60}$$

$$Q = \frac{0,41 \cdot 23,57 \cdot 0,018}{3,60} \quad Q = \frac{0,42 \cdot 23,57 \cdot 0,0094}{3,60} \quad Q = \frac{0,42 \cdot 23,57 \cdot 0,012}{3,60}$$

$$Q1 = 0,048 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q2 = 0,026 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q3 = 0,033 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal total = 0,11 m³/s (T = 25 años)**2.5.2.3 Dimensionamiento de la alcantarilla de alivio**

Es la determinación del diámetro del tubo que va conducir las aguas que llegan a la alcantarilla, el caudal es conocido, dicho caudal es el que viene por la cuneta. El área que determinamos por iteraciones, llegaría ser el área a tubo lleno, pero por seguridad hacemos el diseño que el tirante 0,70 veces el diámetro. Los diámetros de las tuberías van desde

0,50, 0,80, 1,00, 1,20, 1,50, las más usadas para alcantarillas de alivio son 0,80, 1,00 y 1,20 de material ARMCO.

Fórmula de Manning

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

Donde:

$$Q = 0,459 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = 0,021 \text{ ARMCO}$$

$$S = 2,00\%$$

R = m Radio hidráulico

A = m² Área hidráulica

$$Q = \frac{\left[\left(\frac{\pi * D^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi * D^2}{4 * 180} \cos^{-1}(1 - 2bl) \right) + \left(\frac{D}{2} - bl * D \right)^2 * \tan(\cos^{-1}(1 - 2bl)) \right]^{\frac{5}{3}} * \frac{S^{\frac{1}{2}}}{n}}{\left[\left(\pi - \frac{\pi}{180} \cos^{-1}(1 - 2bl) \right) * D \right]^{\frac{2}{3}}}$$

$$0,11 = \frac{\left[\left(\frac{\pi * D^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi * D^2}{4 * 180} \cos^{-1}(1 - 0,8D) \right) + (0,5D - 0,4D^2)^2 * \tan(\cos^{-1}(1 - 0,8D)) \right]^{\frac{5}{3}} * \frac{0,02^{\frac{1}{2}}}{0,024}}{\left[\left(\pi - \frac{\pi}{180} \cos^{-1}(1 - 0,8D) \right) * D \right]^{\frac{2}{3}}}$$

Iterando:

$$D = 0,44 \text{ m}$$

$$D \text{ (adoptado)} = 0,60 \text{ m}$$

Verificando con H canales 3.1

Imagen N°2. 19: Cálculo de diámetro de la alcantarilla de alivio

☛ Diseño para una relación tirante - diámetro y/d, conocido

Lugar: <input type="text" value="Bosque"/>	Proyecto: <input type="text" value="Diseño de ingeniería"/>
Título: <input type="text" value="Quebrada el Toso - El Toso"/>	Revisión: <input type="text" value="ARMCO"/>

Datos:

Caudal (Q): <input type="text" value="0.11"/>	m ³ /s
Relación (y/d): <input type="text" value="0.6"/>	
Rugosidad (n): <input type="text" value="0.021"/>	
Pendiente (S): <input type="text" value="0.02"/>	m/m



Resultados:

Diámetro (d): <input type="text" value="0.3842"/>	m	Perímetro mojado (p): <input type="text" value="0.6806"/>	m
Tirante (y): <input type="text" value="0.2305"/>	m	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1867"/>	m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.0726"/>	m ²	Velocidad (v): <input type="text" value="1.5147"/>	m/s
Espesor de agua (T): <input type="text" value="0.3764"/>	m	Energía específica (E): <input type="text" value="0.3474"/>	mKg/Kg
Número de Froude (F): <input type="text" value="1.1010"/>		Tipo de flujo: <input type="text" value="Supercrítico"/>	

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2.4 Resumen del cálculo de las alcantarillas de alivio

Se proyecta la construcción de alcantarillas de alivio sección circular de chapa Armco de iguales diámetros, ya que el diseño se realizó con el mayor caudal que se obtuvo de la recolección de cunetas, pero con diferentes longitudes.

Imagen N°2. 20: Resumen de alcantarillas de alivio

Nro.	Progresiva	Tipo de obra	Longitud (m)	Diámetro (m)
1	0+560	Alcantarilla de alivio de metal corrugado estándar	8,99	1 ϕ 0,60
2	1+720	Alcantarilla de alivio de metal corrugado estándar	11,20	1 ϕ 0,60
3	1+860	Alcantarilla de alivio de metal corrugado estándar	11,68	1 ϕ 0,60
4	3+680	Alcantarilla de alivio de metal corrugado estándar	8,84	1 ϕ 0,60
5	5+420	Alcantarilla de alivio de metal corrugado estándar	13,05	1 ϕ 0,80
6	6+100	Alcantarilla de alivio de metal corrugado estándar	10,40	1 ϕ 0,80
7	6+540	Alcantarilla de alivio de metal corrugado estándar	11,68	1 ϕ 0,60

Fuente: Elaboración propia.

2.5.3 Diseño de alcantarillas de cruce

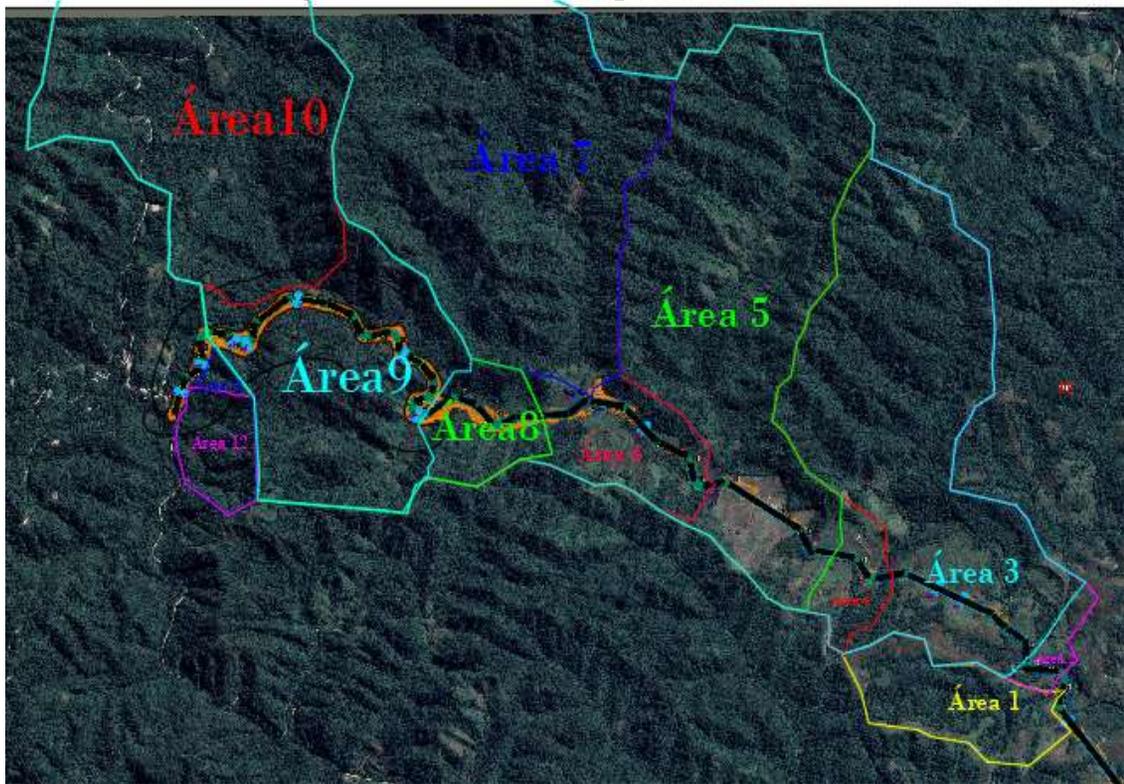
Existen diversas metodologías cuyo objetivo común es determinar el área hidráulica suficiente para el caudal que tenga la cuenca de aporte en el punto donde se interceptan el camino con el cauce natural de la quebrada o río.

El método racional es el más conocido y utilizado en todo el mundo, los parámetros a usar son área de aporte, coeficiente de escurrimiento, e intensidad de precipitación.

Tengo que informar que identifique cinco puentes y seis alcantarillas de cruce en todo el tramo, debido a que nuestro diseño de camino se encuentra ubicado en una quebrada, como se puede ver en la siguiente imagen.

Área de aporte

Imagen N°2. 21: Áreas de aporte de las cuencas



Fuente: Elaboración propia de AutoCAD Civil 3D.

Parámetros para tiempo de concentración

A= 0,41 Km²

L= 0,72 Km Longitud del río principal

S= 0,13 m/m Pendiente media del río principal

H= 94,00 m Desnivel máximo

C= 0,38 Coeficiente de escorrentía

Punto más alto = 512,00 m.s.n.m.

Punto más bajo = 418,00 m.s.n.m.

Tc= Tiempo de concentración en horas

Cálculo del tiempo de concentración

Kirpich

$$T_c = 0,07 * \left(\frac{L^{2,00}}{S_0} \right)^{0,38}$$

$$T_c = 0,07 * \left(\frac{0,72^{2,00}}{0,13} \right)^{0,38}$$

Chereque

$$T_c = 0,11 \text{ h}$$

$$T_c = \left(0,87 * \frac{L^{3,00}}{H} \right)^{0,38}$$

$$T_c = \left(0,87 * \frac{0,72^{3,00}}{94,00} \right)^{0,38}$$

$$T_c = 0,11 \text{ h}$$

California

$$T_c = 0,07 * \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77}$$

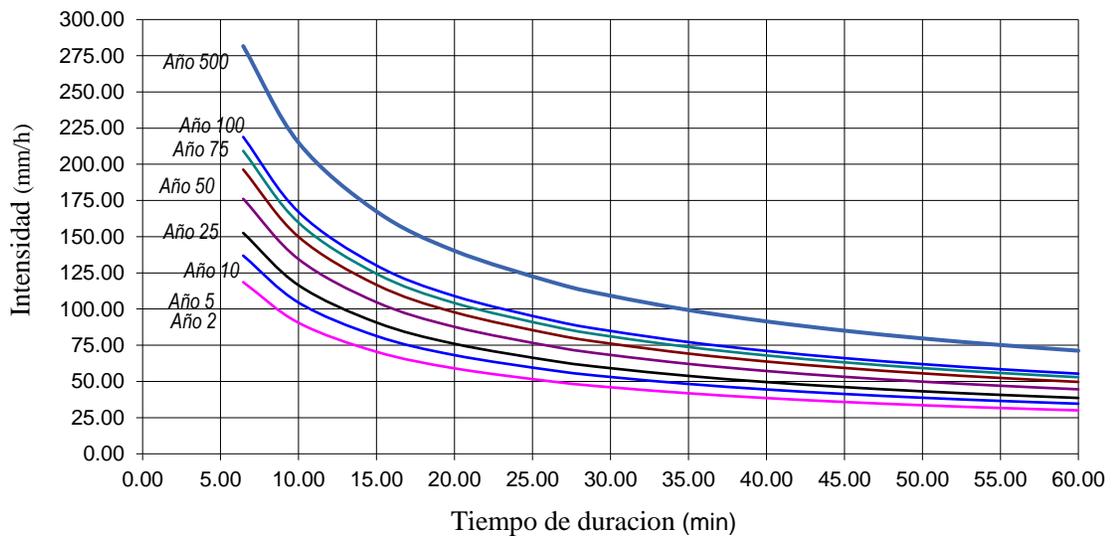
$$T_c = 0,07 * \left(\frac{0,72}{\sqrt{0,13}} \right)^{0,77}$$

$$T_c = 0,11 \text{ h}$$

Resultado de T_c

$$T_c = 0,11 \text{ h}$$

Imagen N°2. 22: Curvas IDF



Fuente: Elaboración propia

Al ser el tiempo de concentración mayor, obtenemos intensidades menores, pero si trabajamos con el tiempo de concentración de 0,167 horas o 10 minutos como dice la norma obtenemos intensidades mayores, se optó por diseñar las alcantarillas de cruce con

esas intensidades dadas por sus características morfológicas, criterio a usar mayor seguridad.

2.5.3.1 Caudal de diseño por el método racional

El método de la fórmula racional, nos permitió hacer estimaciones de los caudales máximos usando las intensidades máximas de precipitación.

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,60}$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía (Adm)

i = Intensidad máxima de la lluvia para un periodo de duración igual al periodo de concentración (mm/h)

A = Área de la cuenca (km²)

$$Q = \frac{0,38 * 173,67 * 0,41}{3,60}$$

$$Q = 7,52 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.5.3.2 Dimensionamiento de la alcantarilla de cruce

Fórmula de Manning

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

$$Q = \frac{\left[\left(\frac{\pi * D^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi * D^2}{4 * 180} \cos^{-1}(1 - 2bl) \right) + \left(\frac{D}{2} - bl * D \right)^2 * \tan(\cos^{-1}(1 - 2bl)) \right]^{\frac{5}{3}} * \frac{S^{\frac{1}{2}}}{n}}{\left[\left(\pi - \frac{\pi}{180} \cos^{-1}(1 - 2bl) \right) * D \right]^{\frac{2}{3}}}$$

$$7,52 = \frac{\left[\left(\frac{\pi * D^2}{4} \right) - \left(\frac{\pi * D^2}{4 * 180} \cos^{-1}(1 - 0,8D) \right) + (0,5D - 0,4D^2)^2 * \tan(\cos^{-1}(1 - 0,8D)) \right]^{\frac{5}{3}} * \frac{0,025^{\frac{1}{2}}}{0,024}}{\left[\left(\pi - \frac{\pi}{180} \cos^{-1}(1 - 0,8D) \right) * D \right]^{\frac{2}{3}}}$$

Iterando :

$$D = 1,77 \text{ m}$$

$$D \text{ adoptado} = 2,00 \text{ m}$$

Para comprobar el diseño de las alcantarillas de cruce se usó el software H-canales 3.1

Imagen N°2. 23: Cálculo de sección transversal de alcantarilla de cruce

Diseno para una relacion tirante - diametro y/d, conocido

Lugar: Proyecto:
 Tipo: Revestimiento:

Datos:

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



Resultados:

Diámetro (d): m
 Tirante (y): m
 Area hidráulica (A): m²
 Espesor de agua (T): m
 Numero de Froude (F):

Perimetro mojado (p): m
 Radio hidráulico (R): m
 Velocidad (v): m/s
 Energia especifica (E): mEq/Vg
 Tipo de flujo:

Calculo Limpie Paralelo Imprime Menu Principal Cálculo Activo Reporte

Fuente: Elaboración propia

En el presente estudio se proyecta la construcción de alcantarillas de cruce de sección circular de chapa Armco de diferentes diámetros según el caudal que se presenta son siete alcantarillas de cruce:

Cuadro N°2. 63: Resumen alcantarillas de cruce

Nro.	Progresiva	Tipo de obra	Longitud (m)	Diámetro (m)
1	0+780	Alcantarilla de cruce de metal corrugado estándar	10,43	1 ϕ 2,00
2	4+070	Alcantarilla de cruce de metal corrugado estándar	11,68	3 ϕ 2,00
3	4+240	Alcantarilla de cruce de metal corrugado estándar	10,90	3 ϕ 2,00
4	4+970	Alcantarilla de cruce de metal corrugado estándar	15,49	3 ϕ 2,00
5	6+470	Alcantarilla de cruce de metal corrugado estándar	13,94	1 ϕ 1,50
6	6+860	Alcantarilla de cruce de metal corrugado estándar	17,74	1 ϕ 1,00
7	7+100	Alcantarilla de cruce de metal corrugado estándar	13,94	1 ϕ 1,00

Fuente: Elaboración propia

2.6 SEÑALIZACIÓN

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

2.6.1 Señalización horizontal

2.6.1.1 Demarcación horizontal

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

Líneas longitudinales

Las líneas longitudinales se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.

Líneas transversales

Tienen la función de definir puntos de detención y/o sendas de cruce de peatones y ciclistas, pueden ser de dos tipos; líneas de detención y líneas de cruce.

Símbolos y leyendas

Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Se incluyen en este tipo de demarcación flechas, señales como: ceda el paso y pare; y leyendas como: lento.

Otras demarcaciones

Corresponden a demarcaciones como achurados, demarcaciones de tránsito divergente y convergente, distanciadores. En este caso no es posible agruparlas por sus características geométricas, dado a que ninguna de sus formas o líneas predomina sobre las otras.

Líneas longitudinales

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

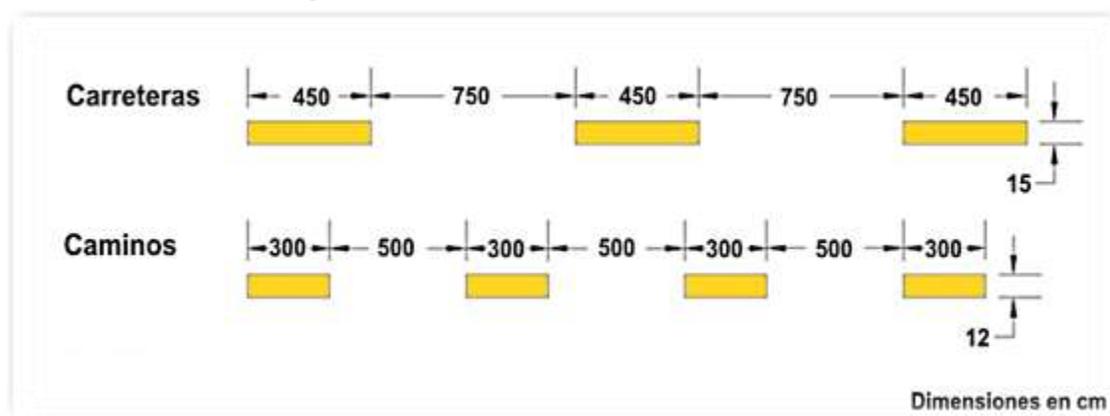
Líneas de eje

Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar donde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el centro. De forma similar, cuando existen juntas de construcción en la calzada, es conveniente desplazar levemente estas líneas para asegurar una mayor duración de las mismas. Dada la importancia de esta línea en la seguridad del tránsito, ella debería encontrarse siempre presente en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5,00 m de ancho.

Línea amarilla discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde se permite la maniobra de adelantamiento. Para velocidades menores a 60 km/h, el ancho de la línea continua será de 12,00 cm. Para rutas con velocidades mayores, su ancho será de 15,00 cm.

Figura N°2. 13: Diseño de línea discontinua

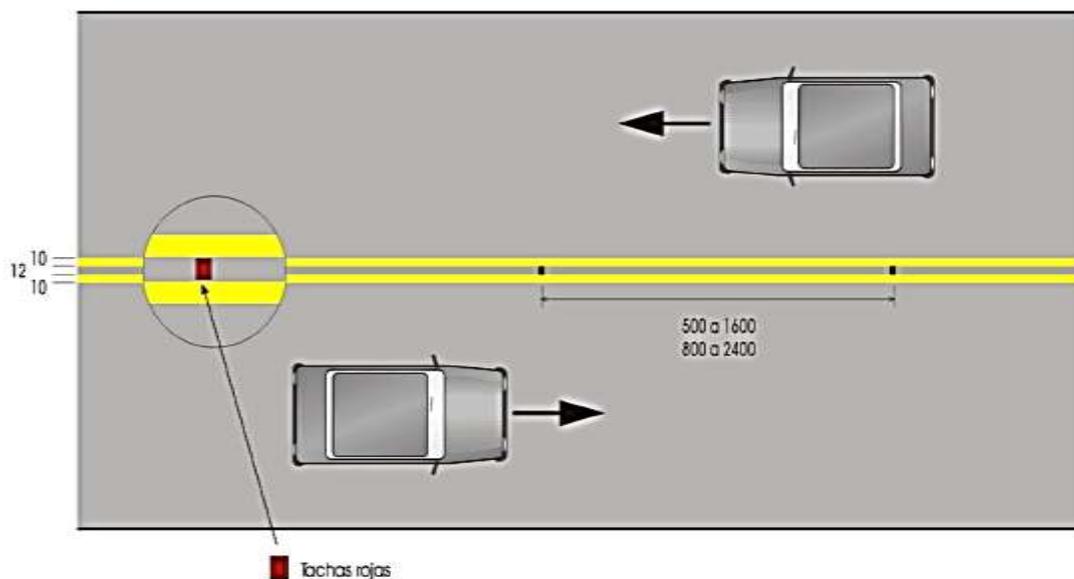


Fuente: Manuales técnicos para el diseño de carreteras en Bolivia

Línea doble amarilla continua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo opuesto en donde no es permitida la maniobra de adelantamiento. Se prohíbe reglamentariamente el cambio de pistas en cruces, disponiéndose líneas de pistas continuas, en una longitud de 20,00 metros medidos desde la línea de detención. Las líneas de eje central continuas dobles consisten en dos líneas blancas paralelas, de un ancho mínimo de 15,00 cm cada una, separadas mínimo por 20,00 cm, de modo tal que entre la tacha y los bordes de cada línea quedan siempre 3,00 cm.

Figura N°2. 14: Ejemplo de líneas continuas dobles



Fuente: Manuales técnicos para el diseño de carreteras en Bolivia

Línea doble amarilla continua y discontinua

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

Línea doble amarilla discontinua

Se utiliza para demarcar la separación de carriles con sentido de flujo varia. Se utiliza para indicar carriles reversibles.

2.6.1.2 Marcas incrustadas en el pavimento ojos de gato

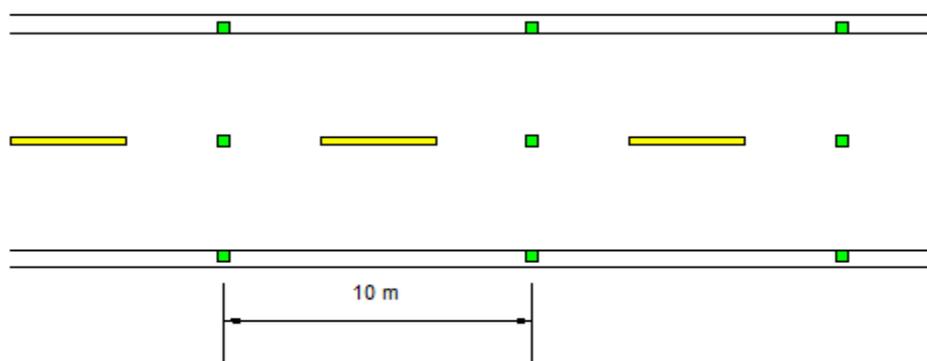
Este tipo de marca puede ser usado para guiar al tránsito hacia el carril adecuado complementando otras marcas, o en algunos casos como un sustituto de otros tipos de marcas.

El color de las mismas debe regirse por el color de las marcas a las cuales ellas complementan o sustituyen.

Las marcas reflectivas tipo capta luz (ojo de gato o violeta) son las preferidas, principalmente en lugares donde las condiciones adversas del clima dificultan la visibilidad.

Las marcas no reflectivas no deberían usarse solas como un sustituto de otros tipos de marcas, deberían usarse con otras reflectivas

Figura N°2. 15: Marcas incrustadas en el pavimento (ojos de gato)



Fuente: Elaboración propia

2.6.2 Señalización vertical

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

Las señales verticales son placas fijadas en postes o estructuras instaladas sobre la vía o adyacentes a ella, que mediante símbolos o leyendas determinadas cumplen función de prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de las mismas.

De acuerdo con la función que cumple, las señales verticales se clasifican en:

Señales preventivas

Las señales de advertencia de peligro (preventivas) tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

Señales reglamentarias

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones y autorizaciones existentes. Su trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

Señales informativas

Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios del sistema vial, entregándoles información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible.

Color y retro reflectancia

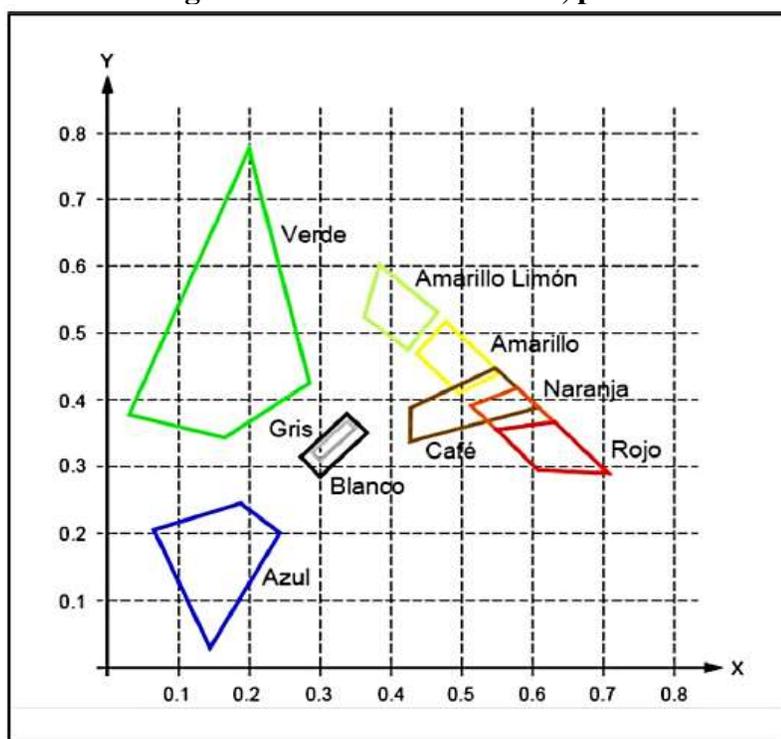
Las señales que se instalen deberán ser legibles para los usuarios y su ubicación establecida para permitir una pronta y adecuada reacción del conductor aun cuando este se acerque a la señal a alta velocidad. Esto implica que los dispositivos cuenten con buena visibilidad, tamaño de letras adecuado, leyenda corta, símbolos y formas.

Retro reflectancia

La retroreflexión corresponde a uno de los parámetros más importantes de una señal vertical, ya que esta debe ser visualizada tanto de día como de noche.

Así, en periodos nocturnos, la lámina retro reflectiva con que cuenta una señal, permite que tenga la propiedad de devolver parte de la luz a su fuente de origen, lo que se traduce en que los conductores al iluminarla con los focos del vehículo, puedan apreciarla con mayor claridad.

Figura N°2. 16: Diagrama cromático CIE 1.931, para señales verticales



Fuente: Manuales técnicos para el diseño de carreteras en Bolivia.

Emplazamiento

La ubicación de una señal vertical corresponde a un tema de gran relevancia, considerando que de esto dependerá la visibilidad adecuada y la reacción oportuna de los diferentes usuarios de una vía.

Toda señalización de tránsito deberá instalarse dentro del cono visual del usuario de la vía, de manera que atraiga su atención y facilite su interpretación, tomando en cuenta la velocidad del vehículo, en el caso de los conductores. Analizar las siguientes condiciones para la correcta instalación de una señal vertical:

- Distancia entre la señal y la situación que genere su instalación (ubicación longitudinal).
- Distancia entre la señal y el borde de la calzada (ubicación transversal).
- Altura de ubicación de la placa de la señal.
- Orientación de la placa de la señal.
- Distancia mínima entre señales.

Señales preventivas

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

Las señales de advertencia de peligro, tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente. Su color de fondo es amarillo.

Los símbolos, leyendas y orlas, son de color negro, deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el tiempo adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere.

Figura N°2. 17: Ejemplo de señales preventivas



Fuente: Manuales técnicos para el diseño de carreteras en Bolivia.

Señales reglamentarias

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Estas señales se identifican con el código SR. Son de forma circular y solo se aceptará inscribir la señal en rectángulo cuando lleve una leyenda adicional. Los colores utilizados son fondo blanco; orlas y franjas diagonales de color rojo; símbolos, letras y números en negro, deberán instalarse al lado derecho de la vía en el lugar preciso donde se requiera establecer la regulación.

Figura N°2. 18: Ejemplo de señales reglamentarias



Fuente: Manuales técnicos para el diseño de carreteras en Bolivia.

Señales informativas

Las señales informativas o de información, tienen por objeto guiar al usuario de la vía suministrándole la información necesaria sobre identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés turístico, geográficos, intersecciones, cruces, distancias por recorrer, prestación de servicios. Tendrán forma rectangular o cuadrada. Son de color blanco las señales informativas, las leyendas, símbolos y orlas, el color de fondo de las señales para autopistas y autovías será azul, y para las vías convencionales verde. La ubicación quedara determinada por su función

Figura N°2. 19: Ejemplo de señales informativas



Fuente: Manuales técnicos para el diseño de carreteras en Bolivia

Tamaño de las señales

El tamaño de las señales verticales son las indicadas en el cuadro adjunto: Como se indica en dimensiones de las señales verticales en el manual actualizado de la ABC. y también hay que seguir todas las especificaciones de dicho manual en cuanto a color.

Tabla N°2. 37: Dimensiones de las señales verticales

Tipo de señal	Dimensiones (cm)
Preventivas	Cuadrado de 75 cm X 75 cm
Preventiva sp-40	Rectángulo de 120 cm X 40 cm
Reglamentarias	Circulo de 75 cm de Diámetro
Reglamentaria sr-01	Octágono con altura de 75 cm
Reglamentaria sr-02	Triángulo equilátero 90 cm de lado
Informativas de servicio	Rectángulo de 60 cm X 75 cm

Fuente: Manual de la ABC dispositivos de control del tránsito

Ubicación lateral

Las señales se colocarán fuera de los carriles por donde circula el tránsito al lado derecho, teniendo en cuenta el sentido de circulación de tránsito en forma tal que el plano frontal

de la señal y el eje de la vía formen un ángulo comprendido entre 85 y 90 grados para que su visibilidad sea óptima al usuario

La ubicación lateral de las señales verticales corresponde a distancias de 1,20 m en las bermas y en los cortes a una distancia de 2,50 m. o por detrás de la cuneta revestida.

La altura de la señal desde su extremo inferior hasta la cota del borde del pavimento no será menor a 1,8 m esta distancia no será mayor a 3,60 m.

Tabla N°2. 38: Ubicación longitudinal de las señales verticales

Velocidad de operación (Km/h)	Distancia (m)
30,00	30,00
40,00	40,00
50,00	50,00
60,00	60,00
≥80,00	80,00

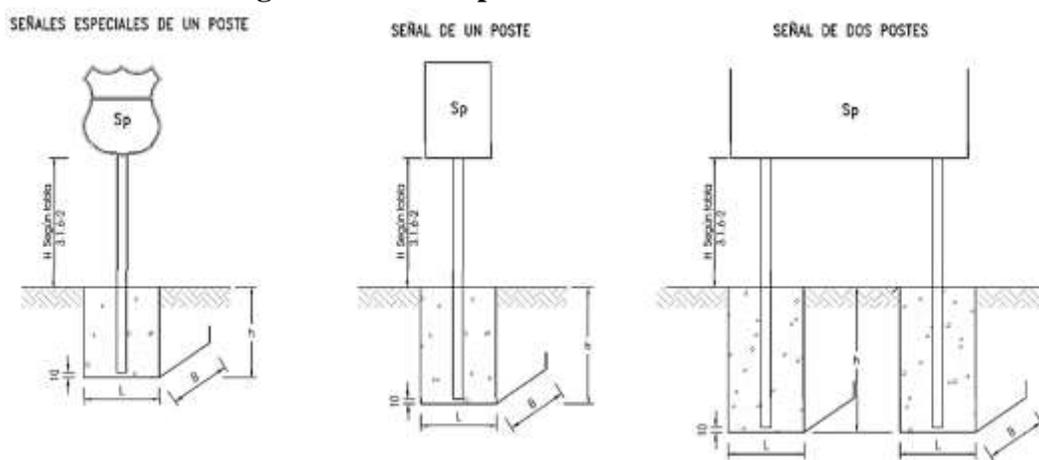
Fuente: Manual de la ABC Dispositivos de control del tránsito

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

2.6.2.1 Estructuras de soporte de señales verticales

Tan importante como la ubicación de una señal vertical, es la sustentación de la placa, a que debe mantenerse estable para diferentes condiciones climáticas, además de acciones vandálicas que pueden modificar su correcta posición.

Figura N°2. 20: Soporte de señales verticales



Fuente: Manual de la ABC dispositivos de control del tránsito

Tabla N°2. 39: Sustentación y fundación de señales verticales

Superficie Sp m ²	Sustentación		Fundación		
	No Postes	Perfil tipo	B (cm)	L (cm)	h (cm)
Sp ≤ 0,5	1,00	Ω 6 L40*40*5	40,00	40,00	40,00
Sp ≤ 1	1,00	Ω o 6 □ L50*50*4	60,00	60,00	60,00
1 < Sp ≤ 2	2,00	Ω o 6 □ L80*40*3	70,00	60,00	60,00
2 < Sp ≤ 3	2,00	80*40*3	80,00	60,00	60,00
3 < Sp ≤ 7	2,00	100*100*4	100,00	80,00	80,00
7 < Sp ≤ 12	2,00	150*150*5	140,00	100,00	100,00

Fuente: Manual de la ABC dispositivos de control del tránsito

2.7 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Sera la combinación entre los cálculos métricos, los precios unitarios para determinar el costo de nuestro proyecto, de acuerdo a todos los ítems que se requiera para dejar el tramo en óptimas condiciones en todas sus dimensiones, los precios unitarios serán los que se manejan actualmente en nuestros medios para no tener variación y estar en lo real del costo de proyecto.

2.7.1 Cálculos métricos

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

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

Estas planillas muestran las cantidades de los ítems a realizar, todos los detalles que se requiera para analizar cualquier ítem del proyecto se pueden revisar el detalle en la sección de anexos 12.

Tenemos dos alternativas de paquete estructural, las cuales son tratamiento superficial triple y pavimento flexible, se realizará el análisis de costos de ambos para tener un parámetro más y poder decidir con cual alternativa es conveniente realizar su construcción.

Cuadro N°2. 64: Computo métrico de tratamiento superficial

Ítem	Actividades	Unidad	N° de veces	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Total parcial	Total
1	Módulo 1: Obras preliminares							
1.1	Instalación de faenas c/campamento	glb						1.00
			1.00				1.00	
1.2	Movilización y desmovilización de equipo	glb						1.00
			1.00				1.00	
1.3	Replanteo topográfico vial	km						7.14
			1.00	7.14			7.14	
1.4	Prov. y coloc. letrero de obras	pza						1.00
			1.00				1.00	
1.5	Limpieza de terreno y deshierbe	m ²						48,546.75
	Inicio tramo hasta inicio puente 1 (Prog. 0+000 - 1+120)		1.00	1,120.00	7.00		7,840.00	
	Fin de puente 1 hasta inicio puente 2 (Prog. 1+160 - 1+280)		1.00	120.00	7.00		840.00	
	Fin de puente 2 hasta inicio puente 3 (Prog. 1+320 - 2+110)		1.00	790.00	7.00		5,530.00	
	Fin de puente 3 hasta inicio puente 4 (Prog. 2+150 - 2+580,46)		1.00	430.46	7.00		3,013.22	
	Fin de puente 4 hasta inicio puente 5 (Prog. 2+620,74 - 3+170,25)		1.00	549.51	7.00		3,846.57	
	Fin de puente 5 hasta fin de tramo (Prog. 3+210,39 - 7+135,67)		1.00	3,925.28	7.00		27,476.96	
2	Módulo 2: Movimiento de tierras							
2.1	Excavación común con maquinaria (Corte)	m ³						105,969.08
	Total volumen de excavación (ver anexos de resumen de movimiento de tierras)		1.00				108,734.20	
2.2	Conformación de terraplén	m ³						31,759.79

	Total volumen de relleno (ver anexos de movimiento de tierras)		1.00				65,762.70	
2.3	Sobre acarreo de material excedente	m ³ /km						44,209.30
	Se considera el sobre acarreo de todo el tramo (Prog 0+000 - 7+144,93) (ver anexos de movimiento de tierras)		1.00				42,971.79	
3	Módulo 3: Pavimento -paquete estructural							
3.1	Conformación capa sub base	m ³						14,564.03
	Inicio tramo hasta inicio puente 1 (Prog. 0+000 - 1+120)		1.00	1,120.00	7.00	0.30	2,352.00	
	Fin de puente 1 hasta inicio puente 2 (Prog. 1+160 - 1+280)		1.00	120.00	7.00	0.30	252.00	
	Fin de puente 2 hasta inicio puente 3 (Prog. 1+320 - 2+110)		1.00	790.00	7.00	0.30	1,659.00	
	Fin de puente 3 hasta inicio puente 4 (Prog. 2+150 - 2+580,46)		1.00	430.46	7.00	0.30	903.97	
	Fin de puente 4 hasta inicio puente 5 (Prog. 2+620,74 - 3+170,25)		1.00	549.51	7.00	0.30	1,153.97	
	Fin de puente 5 hasta fin de tramo (Prog. 3+210,39 - 7+135,67)		1.00	3,925.28	7.00	0.30	8,243.09	
3.2	Conformación capa base	m ³						7,282.01
	Inicio tramo hasta inicio puente 1 (Prog. 0+000 - 1+120)		1.00	1,120.00	7.00	0.15	1,176.00	
	Fin de puente 1 hasta inicio puente 2 (Prog. 1+160 - 1+280)		1.00	120.00	7.00	0.15	126.00	
	Fin de puente 2 hasta inicio puente 3 (Prog. 1+320 - 2+110)		1.00	790.00	7.00	0.15	829.50	
	Fin de puente 3 hasta inicio puente 4 (Prog. 2+150 - 2+580,46)		1.00	430.46	7.00	0.15	451.98	
	Fin de puente 4 hasta inicio puente 5 (Prog. 2+620,74 - 3+170,25)		1.00	549.51	7.00	0.15	576.99	
	Fin de puente 5 hasta fin de tramo (Prog. 3+210,39 - 7+135,67)		1.00	3,925.28	7.00	0.15	4,121.54	
3.3	Imprimación bituminosa	m ²						41,611.50
	Inicio tramo hasta inicio puente 1 (Prog. 0+000 - 1+120)		1.00	1,120.00	6.00		6,720.00	
	Fin de puente 1 hasta inicio puente 2 (Prog. 1+160 - 1+280)		1.00	120.00	6.00		720.00	
	Fin de puente 2 hasta inicio puente 3 (Prog. 1+320 - 2+110)		1.00	790.00	6.00		4,740.00	
	Fin de puente 3 hasta inicio puente 4 (Prog. 2+150 - 2+580,46)		1.00	430.46	6.00		2,582.76	
	Fin de puente 4 hasta inicio puente 5 (Prog. 2+620,74 - 3+170,25)		1.00	549.51	6.00		3,297.06	
	Fin de puente 5 hasta fin de tramo (Prog. 3+210,39 - 7+135,67)		1.00	3,925.28	6.00		23,551.68	

3.4	Tratamiento superficial	m ²						41,611.50
	Inicio tramo hasta inicio puente1 (Prog. 0+000 - 1+120)		1.00	1,120.00	6.00		6,720.00	
	Fin de puente 1 hasta inicio puente 2 (Prog. 1+160 - 1+280)		1.00	120.00	6.00		720.00	
	Fin de puente 2 hasta inicio puente 3 (Prog. 1+320 - 2+110)		1.00	790.00	6.00		4,740.00	
	Fin de puente 3 hasta inicio puente 4 (Prog. 2+150 - 2+580,46)		1.00	430.46	6.00		2,582.76	
	Fin de puente 4 hasta inicio puente 5 (Prog. 2+620,74 - 3+170,25)		1.00	549.51	6.00		3,297.06	
	Fin de puente 5 hasta fin de tramo (Prog. 3+210,39 - 7+135,67)		1.00	3,925.28	6.00		23,551.68	
4	Módulo 4: Obras de drenaje							
4.1	Replanteo de estructuras	m ²						872.46
	Alcantarillas de cruce							
	prog. 0+780,00		1.00	10.43		5.00	52.15	
	prog. 4+070,00		1.00	11.68		9.60	112.13	
	prog. 4+240,00		1.00	10.90		9.60	104.64	
	prog. 4+970,00		1.00	15.49		9.60	148.70	
	prog. 6+470,00		1.00	13.94		4.50	62.73	
	prog. 6+860,00		1.00	14.74		4.00	58.96	
	prog. 7+100,00		1.00	13.94		4.00	55.76	
	Alcantarillas de alivio							
	prog. 0+560,00		1.00	8.90		3.60	32.04	
	prog. 1+720,00		1.00	11.20		3.60	40.32	
	prog. 1+860,00		1.00	11.68		3.60	42.05	
	prog. 3+680,00		1.00	8.84		3.60	31.82	
	prog. 5+420,00		1.00	13.05		3.80	49.59	
	prog. 6+100,00		1.00	10.40		3.80	39.52	
	prog. 6+540,00		1.00	11.68		3.60	42.05	

4.2	Excavación común con maquinaria	m ³						4,275.79
	Alcantarillas de cruce							
	prog. 0+780,00		1.00	10.43	5.00	3.00	156.45	
	prog. 4+070,00		3.00	11.68	9.60	3.00	1,009.15	
	prog. 4+240,00		3.00	10.90	9.60	3.00	941.76	
	prog. 4+970,00		3.00	15.49	9.60	3.00	1,338.34	
	prog. 6+470,00		1.00	13.94	4.50	2.50	156.83	
	prog. 6+860,00		1.00	14.74	4.00	2.00	117.92	
	prog. 7+100,00		1.00	13.94	4.00	2.00	111.52	
	Alcantarillas de alivio							
	prog. 0+560,00		1.00	8.90	3.60	1.60	51.26	
	prog. 1+720,00		1.00	11.20	3.60	1.60	64.51	
	prog. 1+860,00		1.00	11.68	3.60	1.60	67.28	
	prog. 3+680,00		1.00	8.84	3.60	1.60	50.92	
	prog. 5+420,00		1.00	13.05	3.80	1.60	79.34	
	prog. 6+100,00		1.00	10.40	3.80	1.60	63.23	
	prog. 6+540,00		1.00	11.68	3.60	1.60	67.28	
4.3	Hormigón ciclópeo (1:2:3) 50%PD	m ³						125.27
	Alcantarillas de alivio							
	Caja colectora		14.00	10.00	0.30		42.00	
			5.00	3.60	0.30		5.40	
			2.00	3.40	0.30		2.04	
			7.00	1.80	0.30		3.78	
	Cabezal aguas abajo							
			7.00	3.20	0.30		6.72	

			5.00	8.96	0.30		13.44		
			2.00	9.43	0.30		5.66		
			14.00	0.30	1.35		5.67		
	Alcantarilla de cruce								
	Simple D=1,50 m chapa metálica								
	Cabezal aguas abajo y aguas arriba		1.00	3.20	0.30		0.96		
			1.00	11.07	0.30		3.32		
			2.00	0.30	1.20		0.72		
	Triple D=2,00 m chapa metálica								
	Cabezal aguas abajo y aguas arriba		3.00	5.60	0.30		5.04		
			3.00	23.06	0.30		20.75		
			3.00	0.30	1.20		1.08		
	Simple D=1,00 m chapa metálica								
	Cabezal aguas abajo y aguas arriba		1.00	3.20	0.30		0.96		
			1.00	7.90	0.30		2.37		
			1.00	0.30	1.20		0.36		
	Simple D=2,00 m chapa metálica								
	Cabezal aguas abajo y aguas arriba		1.00	3.20	0.30		0.96		
			1.00	12.25	0.30		3.68		
			1.00	0.30	1.20		0.36		
4.4	Cama de arena para alcantarillas	m ³						124.43	
	Alcantarillas de cruce								
	prog. 0+780,00		1.00	10.43	3.50	0.20	7.30		

	prog. 4+070,00		1.00	11.68	8.10	0.20	18.92	
	prog. 4+240,00		1.00	10.90	8.10	0.20	17.66	
	prog. 4+970,00		1.00	15.49	8.10	0.20	25.09	
	prog. 6+470,00		1.00	13.94	3.00	0.20	8.36	
	prog. 6+860,00		1.00	14.74	2.50	0.20	7.37	
	prog. 7+100,00		1.00	13.94	2.50	0.20	6.97	
	Alcantarillas de alivio							
	prog. 0+560,00		1.00	8.90	2.10	0.20	3.74	
	prog. 1+720,00		1.00	11.20	2.10	0.20	4.70	
	prog. 1+860,00		1.00	11.68	2.10	0.20	4.91	
	prog. 3+680,00		1.00	8.84	2.10	0.20	3.71	
	prog. 5+420,00		1.00	13.05	2.30	0.20	6.00	
	prog. 6+100,00		1.00	10.40	2.30	0.20	4.78	
	prog. 6+540,00		1.00	11.68	2.10	0.20	4.91	
4.5	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,60m	ml						51.40
	Alcantarillas de alivio							
	Alcantarilla de alivio (D = 0,60 m) prog. 0+5650,00		1.00	8.00			8.00	
	Alcantarilla de alivio (D = 0,60 m) prog. 1+720,00		1.00	11.20			11.20	
	Alcantarilla de alivio (D = 0,60 m) prog. 1+860,00		1.00	11.68			11.68	
	Alcantarilla de alivio (D = 0,60 m) prog. 3+680,00		1.00	8.84			8.84	
	Alcantarilla de alivio (D = 0,60 m) prog. 6+540,00		1.00	11.68			11.68	
4.6	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,80m	ml						23.45
	Alcantarillas de alivio							
	Alcantarilla de alivio (D = 0,80 m) prog. 5+420,00		1.00	13.05			13.05	
	Alcantarilla de alivio (D = 0,80 m) prog. 6+100,00		1.00	10.40			10.40	

4.7	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=2,00m	ml						124.64
	Alcantarillas de cruce							
	Alcantarilla de cruce (D = 2,00 m) prog. 0+780,00		1.00	10.43				10.43
	Alcantarilla de cruce (D = 2,00 m) prog. 4+070,00		3.00	11.68				35.04
	Alcantarilla de cruce (D = 2,00 m) prog. 4+240,00		3.00	10.90				32.70
	Alcantarilla de cruce (D = 2,00 m) prog. 4+970,00		3.00	15.49				46.47
4.8	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,50m	ml						13.94
	Alcantarillas de cruce							
	Alcantarilla de cruce (D = 1,50 m) prog. 6+470,00		1.00	13.94				13.94
4.9	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,50m	ml						28.68
	Alcantarillas de cruce							
	Alcantarilla de cruce (D = 1,00 m) prog. 6+860,00		1.00	14.74				14.74
	Alcantarilla de cruce (D = 1,00 m) prog. 7+100,00		1.00	13.94				13.94
4.10	Relleno y compactado c/saltarín	m ³						726.96
	Alcantarillas de cruce							
	prog. 0+780,00		1.00	10.43	3.50	0.60		21.90
	prog. 4+070,00		3.00	11.68	8.10	0.60		170.29
	prog. 4+240,00		3.00	10.90	8.10	0.60		158.92
	prog. 4+970,00		3.00	15.49	8.10	0.60		225.84
	prog. 6+470,00		1.00	13.94	3.00	0.60		25.09
	prog. 6+860,00		1.00	14.74	2.50	0.60		22.11
	prog. 7+100,00		1.00	13.94	2.50	0.60		20.91
	Alcantarillas de alivio							
	prog. 0+560,00		1.00	8.90	2.10	0.50		9.35
	prog. 1+720,00		1.00	11.20	2.10	0.50		11.76

	prog. 1+860,00		1.00	11.68	2.10	0.50	12.26		
	prog. 3+680,00		1.00	8.84	2.10	0.50	9.28		
	prog. 5+420,00		1.00	13.05	2.30	0.50	15.01		
	prog. 6+100,00		1.00	10.40	2.30	0.50	11.96		
	prog. 6+540,00		1.00	11.68	2.10	0.50	12.26		
4.11	Revestimiento de cunetas	m ²						1,191.00	
	0+000-0+360		2.00	360.00	0.15		108.00		
	0+440-0+680		1.00	240.00	0.15		36.00		
	0+440-0+660		1.00	220.00	0.15		33.00		
	0+820-0+900		1.00	80.00	0.15		12.00		
	1+360-2+060		2.00	700.00	0.15		210.00		
	2+180-2+380		2.00	200.00	0.15		60.00		
	2+460-2+520		1.00	60.00	0.15		9.00		
	2+460-2+540		1.00	80.00	0.15		12.00		
	2+640-2+920		1.00	280.00	0.15		42.00		
	2+640-2+940		1.00	300.00	0.15		45.00		
	3+000-3+080		1.00	80.00	0.15		12.00		
	3+000-3+060		1.00	60.00	0.15		9.00		
	3+260-3+360		1.00	100.00	0.15		15.00		
	3+240-3+360		1.00	120.00	0.15		18.00		
	3+620-3+680		1.00	60.00	0.15		9.00		
	3+900-3+960		1.00	60.00	0.15		9.00		
	3+800-3+960		1.00	160.00	0.15		24.00		
	4+120-4+220		1.00	100.00	0.15		15.00		
	4+140-4+220		1.00	80.00	0.15		12.00		

	4+380-4+540		1.00	160.00	0.15		24.00		
	4+420-4+520		1.00	100.00	0.15		15.00		
	4+600-4+620		1.00	20.00	0.15		3.00		
	4+580-4+940		1.00	360.00	0.15		54.00		
	4+780-4+940		1.00	160.00	0.15		24.00		
	5+020-5+080		1.00	60.00	0.15		9.00		
	5+020-5+060		1.00	40.00	0.15		6.00		
	5+180-5+360		1.00	180.00	0.15		27.00		
	5+260-5+300		1.00	40.00	0.15		6.00		
	5+420-5+620		1.00	200.00	0.15		30.00		
	5+440-5+600		1.00	240.00	0.15		36.00		
	5+720-5+800		1.00	80.00	0.15		12.00		
	5+760-5+780		1.00	20.00	0.15		3.00		
	5+900-5+940		1.00	40.00	0.15		6.00		
	5+980-6+000		1.00	20.00	0.15		3.00		
	6+100-6+860		1.00	760.00	0.15		114.00		
	6+120-6+840		1.00	720.00	0.15		108.00		
	6+900-7+040		1.00	140.00	0.15		21.00		
4.12	Puente con luz de 40 m	ml						200.00	
			5.00			40.00	200.00		
5 Módulo 5: Señalización									
5.1	Demarcación del pavimento-Horizontal	ml						28,579.72	
	Línea continua de borde de pavimento derecho		1.00	7,144.93			7,144.93		
	Línea continua de borde de pavimento izquierdo		1.00	7,144.93			7,144.93		
	Línea continua central		2.00	7,144.93			14,289.86		

5.2	Señalización reflectiva ambos sentidos (ojos de gato)	pza						2142.00
	Borde de pavimento izquierdo		1.00	714.00			714.00	
	Borde de pavimento derecho		1.00	714.00			714.00	
	Línea central		1.00	714.00			714.00	
5.3	Barreras Flex Beam	ml						770.00
	5+620 - 5+730		1.00	110.00			110.00	
	5+780 - 5+830		1.00	50.00			50.00	
	5+920 - 5+980		1.00	60.00			60.00	
	6+100 - 6+170		1.00	70.00			70.00	
	6+320 - 6+370		1.00	50.00			50.00	
	6+420 - 6+540		1.00	120.00			120.00	
	6+560 - 6+610		1.00	50.00			50.00	
	6+660 - 6+760		1.00	100.00			100.00	
	6+800 - 6+890		1.00	90.00			90.00	
	6+920 - 6+990		1.00	70.00			70.00	
5.4	Señalización Reglamentaria -Vertical	pza						60.00
			60.00					
5.5	Señalización preventiva -Vertical	pza						40.00
			40.00					
5.6	Señalización informativa - Vertical	pza						3.00
			3.00					
6	Módulo 6: Limpieza general y entrega de obra							
6.1	Limpieza general de la obra	glb						1.00
			1.00			1.00	1.00	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 65: Cómputo métrico de tratamiento superficial triple

Ítem	Actividades	Unidad	Total
1	Módulo 1: Obras preliminares		
1.1	Instalación de faenas c/campamento	glb	1.00
1.2	Movilización y desmovilización de equipo	glb	1.00
1.3	Replanteo topográfico vial	km	7.14
1.4	Prov. y coloc. letrero de obras	pza	1.00
1.5	Limpieza de terreno y deshierbe	m ²	48,546.75
2	Módulo 2: Movimiento de tierras		
2.1	Excavación común con maquinaria (Corte)	m ³	105,969.08
2.2	Conformación de terraplén	m ³	61,759.79
2.3	sobre acarreo de material excedente	m ³ /km	44,209.30
3	Módulo 3: Pavimento -paquete estructural		
3.1	Conformación capa sub base	m ³	14,564.03
3.2	Conformación capa base	m ³	7,282.01
3.3	Imprimación bituminosa	m ²	41,611.50
3.4	Tratamiento superficial	m ²	41,611.50
4	Módulo 4: Obras de drenaje		
4.1	Replanteo de estructuras	m ²	872.46
4.2	Excavación común con maquinaria	m ³	4,275.79
4.3	Hormigón ciclópeo (1:2:3) 50%PD	m ³	125.27
4.4	Cama de arena para alcantarillas	m ³	124.43
4.5	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,60m	ml	51.40
4.6	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,80m	ml	23.45
4.7	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=2,00m	ml	124.64
4.8	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,50m	ml	13.94
4.9	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,00m	ml	28.68
4.10	Relleno y compactado c/saltarín	m ³	726.96
4.11	Revestimiento de cunetas	m ²	1,191.00
4.12	Puente con luz de 40 m	ml	200.00
5	Módulo 5: Señalización		

5.1	Demarcación del pavimento-Horizontal	ml	28,579.72
5.2	Señalización reflectiva ambos sentidos (ojos de gato)	pza	2142.00
5.3	Barreras Flex Beam	ml	480.00
5.4	Señalización Reglamentaria -Vertical	pza	60.00
5.5	Señalización preventiva -Vertical	pza	40.00
5.6	Señalización informativa - Vertical	pza	3.00
6	Módulo 6: Limpieza general y entrega de obra		
6.1	Limpieza general de la obra	glb	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 66: Computo métrico de pavimento flexible

Ítem	Actividades	Unidad	N° de veces	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Total parcial	Total
1	Módulo 1: Obras preliminares							
1.1	Instalación de faenas c/campamento	glb						1.00
			1.00				1.00	
1.2	Movilización y desmovilización de equipo	glb						1.00
			1.00				1.00	
1.3	Replanteo topográfico vial	km						7.14
			1.00	7.14			7.14	
1.4	Prov. y coloc. letrero de obras	pza						1.00
			1.00				1.00	
1.5	Limpieza de terreno y deshierbe	m ²						48,546.75
	Inicio tramo hasta inicio puente 1 (Prog. 0+000 - 1+120)		1.00	1,120.00	7.00		7,840.00	
	Fin de puente 1 hasta inicio puente 2 (Prog. 1+160 - 1+280)		1.00	120.00	7.00		840.00	
	Fin de puente 2 hasta inicio puente 3 (Prog. 1+320 - 2+110)		1.00	790.00	7.00		5,530.00	
	Fin de puente 3 hasta inicio puente 4 (Prog. 2+150 - 2+580,46)		1.00	430.46	7.00		3,013.22	
	Fin de puente 4 hasta inicio puente 5 (Prog. 2+620,74 - 3+170,25)		1.00	549.51	7.00		3,846.57	
	Fin de puente 5 hasta fin de tramo (Prog. 3+210,39 - 7+135,67)		1.00	3,925.28	7.00		27,476.96	
2	Módulo 2: Movimiento de tierras							
2.1	Excavación común con maquinaria (Corte)	m ³						105,969.08
	Total volumen de excavación (ver anexos de resumen de movimiento de tierras)		1.00				108,734.20	
2.2	Conformación de terraplén	m ³						61,759.79
	Total volumen de relleno (ver anexos de movimiento de tierras)		1.00				65,762.70	

2.3	Sobre acarreo de material excedente	m³/km						44,209.30
	Se considera el sobre acarreo de todo el tramo (Prog 0+000 - 7+144,93) (ver anexos de movimiento de tierras)		1.00				42,971.79	
3	Módulo 3: Pavimento -paquete estructural							
3.1	Conformación capa sub base	m³						9,709.35
	Inicio tramo hasta inicio puente 1 (Prog. 0+000 - 1+120)		1.00	1,120.00	7.00	0.20	1,568.00	
	Fin de puente 1 hasta inicio puente 2 (Prog. 1+160 - 1+280)		1.00	120.00	7.00	0.20	168.00	
	Fin de puente 2 hasta inicio puente 3 (Prog. 1+320 - 2+110)		1.00	790.00	7.00	0.20	1,106.00	
	Fin de puente 3 hasta inicio puente 4 (Prog. 2+150 - 2+580,46)		1.00	430.46	7.00	0.20	602.64	
	Fin de puente 4 hasta inicio puente 5 (Prog. 2+620,74 - 3+170,25)		1.00	549.51	7.00	0.20	769.31	
	Fin de puente 5 hasta fin de tramo (Prog. 3+210,39 - 7+135,67)		1.00	3,925.28	7.00	0.20	5,495.39	
3.2	Conformación capa base	m³						7,282.01
	Inicio tramo hasta inicio puente 1 (Prog. 0+000 - 1+120)		1.00	1,120.00	7.00	0.15	1,176.00	
	Fin de puente 1 hasta inicio puente 2 (Prog. 1+160 - 1+280)		1.00	120.00	7.00	0.15	126.00	
	Fin de puente 2 hasta inicio puente 3 (Prog. 1+320 - 2+110)		1.00	790.00	7.00	0.15	829.50	
	Fin de puente 3 hasta inicio puente 4 (Prog. 2+150 - 2+580,46)		1.00	430.46	7.00	0.15	451.98	
	Fin de puente 4 hasta inicio puente 5 (Prog. 2+620,74 - 3+170,25)		1.00	549.51	7.00	0.15	576.99	
	Fin de puente 5 hasta fin de tramo (Prog. 3+210,39 - 7+135,67)		1.00	3,925.28	7.00	0.15	4,121.54	
3.3	Imprimación bituminosa	m²						41,611.50
	Inicio tramo hasta inicio puente 1 (Prog. 0+000 - 1+120)		1.00	1,120.00	6.00		6,720.00	
	Fin de puente 1 hasta inicio puente 2 (Prog. 1+160 - 1+280)		1.00	120.00	6.00		720.00	
	Fin de puente 2 hasta inicio puente 3 (Prog. 1+320 - 2+110)		1.00	790.00	6.00		4,740.00	
	Fin de puente 3 hasta inicio puente 4 (Prog. 2+150 - 2+580,46)		1.00	430.46	6.00		2,582.76	
	Fin de puente 4 hasta inicio puente 5 (Prog. 2+620,74 - 3+170,25)		1.00	549.51	6.00		3,297.06	
	Fin de puente 5 hasta fin de tramo (Prog. 3+210,39 - 7+135,67)		1.00	3,925.28	6.00		23,551.68	

3.4	Pavimento flexible	m ²						41,611.50
	Inicio tramo hasta inicio puente1 (Prog. 0+000 - 1+120)		1.00	1,120.00	6.00		6,720.00	
	Fin de puente 1 hasta inicio puente2 (Prog. 1+160 - 1+280)		1.00	120.00	6.00		720.00	
	Fin de puente 2 hasta inicio puente 3 (Prog. 1+320 - 2+110)		1.00	790.00	6.00		4,740.00	
	Fin de puente 3 hasta inicio puente 4 (Prog. 2+150 - 2+580,46)		1.00	430.46	6.00		2,582.76	
	Fin de puente 4 hasta inicio puente 5 (Prog. 2+620,74 - 3+170,25)		1.00	549.51	6.00		3,297.06	
	Fin de puente 5 hasta fin de tramo (Prog. 3+210,39 - 7+135,67)		1.00	3,925.28	6.00		23,551.68	
4	Módulo 4: Obras de drenaje							
4.1	Replanteo de estructuras	m ²						872.46
	Alcantarillas de cruce							
	prog. 0+780,00		1.00	10.43		5.00	52.15	
	prog. 4+070,00		1.00	11.68		9.60	112.13	
	prog. 4+240,00		1.00	10.90		9.60	104.64	
	prog. 4+970,00		1.00	15.49		9.60	148.70	
	prog. 6+470,00		1.00	13.94		4.50	62.73	
	prog. 6+860,00		1.00	14.74		4.00	58.96	
	prog. 7+100,00		1.00	13.94		4.00	55.76	
	Alcantarillas de alivio							
	prog. 0+560,00		1.00	8.90		3.60	32.04	
	prog. 1+720,00		1.00	11.20		3.60	40.32	
	prog. 1+860,00		1.00	11.68		3.60	42.05	
	prog. 3+680,00		1.00	8.84		3.60	31.82	
	prog. 5+420,00		1.00	13.05		3.80	49.59	
	prog. 6+100,00		1.00	10.40		3.80	39.52	
	prog. 6+540,00		1.00	11.68		3.60	42.05	
4.2	Excavación común con maquinaria	m ³						4,275.79

	Alcantarillas de cruce								
	prog. 0+780,00		1.00	10.43	5.00	3.00	156.45		
	prog. 4+070,00		3.00	11.68	9.60	3.00	1,009.15		
	prog. 4+240,00		3.00	10.90	9.60	3.00	941.76		
	prog. 4+970,00		3.00	15.49	9.60	3.00	1,338.34		
	prog. 6+470,00		1.00	13.94	4.50	2.50	156.83		
	prog. 6+860,00		1.00	14.74	4.00	2.00	117.92		
	prog. 7+100,00		1.00	13.94	4.00	2.00	111.52		
	Alcantarillas de alivio								
	prog. 0+560,00		1.00	8.90	3.60	1.60	51.26		
	prog. 1+720,00		1.00	11.20	3.60	1.60	64.51		
	prog. 1+860,00		1.00	11.68	3.60	1.60	67.28		
	prog. 3+680,00		1.00	8.84	3.60	1.60	50.92		
	prog. 5+420,00		1.00	13.05	3.80	1.60	79.34		
	prog. 6+100,00		1.00	10.40	3.80	1.60	63.23		
	prog. 6+540,00		1.00	11.68	3.60	1.60	67.28		
4.3	Hormigón ciclópeo (1:2:3) 50%PD	m ³						125.27	
	Alcantarillas de alivio								
	Caja colectora		14.00	10.00	0.30		42.00		
			5.00	3.60	0.30		5.40		
			2.00	3.40	0.30		2.04		
			7.00	1.80	0.30		3.78		
	Cabezal aguas abajo								
			7.00	3.20	0.30		6.72		
			5.00	8.96	0.30		13.44		
			2.00	9.43	0.30		5.66		

			14.00	0.30	1.35		5.67		
	Alcantarilla de cruce								
	Simple D=1,50 m chapa metálica								
	Cabezal aguas abajo y aguas arriba		1.00	3.20	0.30		0.96		
			1.00	11.07	0.30		3.32		
			2.00	0.30	1.20		0.72		
	Triple D=2,00 m chapa metálica								
	Cabezal aguas abajo y aguas arriba		3.00	5.60	0.30		5.04		
			3.00	23.06	0.30		20.75		
			3.00	0.30	1.20		1.08		
	Simple D=1,00 m chapa metálica								
	Cabezal aguas abajo y aguas arriba		1.00	3.20	0.30		0.96		
			1.00	7.90	0.30		2.37		
			1.00	0.30	1.20		0.36		
	Simple D=2,00 m chapa metálica								
	Cabezal aguas abajo y aguas arriba		1.00	3.20	0.30		0.96		
			1.00	12.25	0.30		3.68		
			1.00	0.30	1.20		0.36		
4.4	Cama de arena para alcantarillas	m ³						124.43	
	Alcantarillas de cruce								
	prog. 0+780,00		1.00	10.43	3.50	0.20	7.30		
	prog. 4+070,00		1.00	11.68	8.10	0.20	18.92		
	prog. 4+240,00		1.00	10.90	8.10	0.20	17.66		
	prog. 4+970,00		1.00	15.49	8.10	0.20	25.09		
	prog. 6+470,00		1.00	13.94	3.00	0.20	8.36		
	prog. 6+860,00		1.00	14.74	2.50	0.20	7.37		

	prog. 7+100,00		1.00	13.94	2.50	0.20	6.97	
	Alcantarillas de alivio							
	prog. 0+560,00		1.00	8.90	2.10	0.20	3.74	
	prog. 1+720,00		1.00	11.20	2.10	0.20	4.70	
	prog. 1+860,00		1.00	11.68	2.10	0.20	4.91	
	prog. 3+680,00		1.00	8.84	2.10	0.20	3.71	
	prog. 5+420,00		1.00	13.05	2.30	0.20	6.00	
	prog. 6+100,00		1.00	10.40	2.30	0.20	4.78	
	prog. 6+540,00		1.00	11.68	2.10	0.20	4.91	
4.5	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,60m	ml						51.40
	Alcantarillas de alivio							
	Alcantarilla de alivio (D = 0,60 m) prog. 0+5650,00		1.00	8.00			8.00	
	Alcantarilla de alivio (D = 0,60 m) prog. 1+720,00		1.00	11.20			11.20	
	Alcantarilla de alivio (D = 0,60 m) prog. 1+860,00		1.00	11.68			11.68	
	Alcantarilla de alivio (D = 0,60 m) prog. 3+680,00		1.00	8.84			8.84	
	Alcantarilla de alivio (D = 0,60 m) prog. 6+540,00		1.00	11.68			11.68	
4.6	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,80m	ml						23.45
	Alcantarillas de alivio							
	Alcantarilla de alivio (D = 0,80 m) prog. 5+420,00		1.00	13.05			13.05	
	Alcantarilla de alivio (D = 0,80 m) prog. 6+100,00		1.00	10.40			10.40	
4.7	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=2,00m	ml						124.64
	Alcantarillas de cruce							
	Alcantarilla de cruce (D = 2,00 m) prog. 0+780,00		1.00	10.43			10.43	
	Alcantarilla de cruce (D = 2,00 m) prog. 4+070,00		3.00	11.68			35.04	
	Alcantarilla de cruce (D = 2,00 m) prog. 4+240,00		3.00	10.90			32.70	
	Alcantarilla de cruce (D = 2,00 m) prog. 4+970,00		3.00	15.49			46.47	

4.8	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,50m	ml						13.94
	Alcantarillas de cruce							
	Alcantarilla de cruce (D = 1,50 m) prog. 6+470,00		1.00	13.94			13.94	
4.9	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,00m	ml						28.68
	Alcantarillas de cruce							
	Alcantarilla de cruce (D = 1,00 m) prog. 6+860,00		1.00	14.74			14.74	
	Alcantarilla de cruce (D = 1,00 m) prog. 7+100,00		1.00	13.94			13.94	
4.10	Relleno y compactado c/saltarín	m ³						726.96
	Alcantarillas de cruce							
	prog. 0+780,00		1.00	10.43	3.50	0.60	21.90	
	prog. 4+070,00		3.00	11.68	8.10	0.60	170.29	
	prog. 4+240,00		3.00	10.90	8.10	0.60	158.92	
	prog. 4+970,00		3.00	15.49	8.10	0.60	225.84	
	prog. 6+470,00		1.00	13.94	3.00	0.60	25.09	
	prog. 6+860,00		1.00	14.74	2.50	0.60	22.11	
	prog. 7+100,00		1.00	13.94	2.50	0.60	20.91	
	Alcantarillas de alivio							
	prog. 0+560,00		1.00	8.90	2.10	0.50	9.35	
	prog. 1+720,00		1.00	11.20	2.10	0.50	11.76	
	prog. 1+860,00		1.00	11.68	2.10	0.50	12.26	
	prog. 3+680,00		1.00	8.84	2.10	0.50	9.28	
	prog. 5+420,00		1.00	13.05	2.30	0.50	15.01	
	prog. 6+100,00		1.00	10.40	2.30	0.50	11.96	
	prog. 6+540,00		1.00	11.68	2.10	0.50	12.26	
4.11	Revestimiento de cunetas	m ²						1,191.00
	0+000-0+360		2.00	360.00	0.15		108.00	

0+440-0+680		1.00	240.00	0.15		36.00	
0+440-0+660		1.00	220.00	0.15		33.00	
0+820-0+900		1.00	80.00	0.15		12.00	
1+360-2+060		2.00	700.00	0.15		210.00	
2+180-2+380		2.00	200.00	0.15		60.00	
2+460-2+520		1.00	60.00	0.15		9.00	
2+460-2+540		1.00	80.00	0.15		12.00	
2+640-2+920		1.00	280.00	0.15		42.00	
2+640-2+940		1.00	300.00	0.15		45.00	
3+000-3+080		1.00	80.00	0.15		12.00	
3+000-3+060		1.00	60.00	0.15		9.00	
3+260-3+360		1.00	100.00	0.15		15.00	
3+240-3+360		1.00	120.00	0.15		18.00	
3+620-3+680		1.00	60.00	0.15		9.00	
3+900-3+960		1.00	60.00	0.15		9.00	
3+800-3+960		1.00	160.00	0.15		24.00	
4+120-4+220		1.00	100.00	0.15		15.00	
4+140-4+220		1.00	80.00	0.15		12.00	
4+380-4+540		1.00	160.00	0.15		24.00	
4+420-4+520		1.00	100.00	0.15		15.00	
4+600-4+620		1.00	20.00	0.15		3.00	
4+580-4+940		1.00	360.00	0.15		54.00	
4+780-4+940		1.00	160.00	0.15		24.00	
5+020-5+080		1.00	60.00	0.15		9.00	
5+020-5+060		1.00	40.00	0.15		6.00	
5+180-5+360		1.00	180.00	0.15		27.00	

	5+260-5+300		1.00	40.00	0.15		6.00	
	5+420-5+620		1.00	200.00	0.15		30.00	
	5+440-5+600		1.00	240.00	0.15		36.00	
	5+720-5+800		1.00	80.00	0.15		12.00	
	5+760-5+780		1.00	20.00	0.15		3.00	
	5+900-5+940		1.00	40.00	0.15		6.00	
	5+980-6+000		1.00	20.00	0.15		3.00	
	6+100-6+860		1.00	760.00	0.15		114.00	
	6+120-6+840		1.00	720.00	0.15		108.00	
	6+900-7+040		1.00	140.00	0.15		21.00	
4.12	Puente con luz de 40 m	ml						200.00
			5.00			40.00	200.00	
5	Módulo 5: Señalización							
5.1	Demarcación del pavimento - horizontal	ml						28,579.72
	Línea continua de borde de pavimento derecho		1.00	7,144.93			7,144.93	
	Línea continua de borde de pavimento izquierdo		1.00	7,144.93			7,144.93	
	Línea continua central		2.00	7,144.93			14,289.86	
5.2	Pintado de símbolos en el pavimento - horizontal	pza						84.00
	Curvas horizontales (ambos carriles)		2.00	42.00			84.00	
5.3	Señalización reflectiva ambos sentidos (ojos de gato)	pza						2142.00
	Borde de pavimento izquierdo		1.00	714.00			714.00	
	Borde de pavimento derecho		1.00	714.00			714.00	
	Línea central		1.00	714.00			714.00	
5.5	Barreras Flex Beam	ml						480.00

	5+620 - 5+730		1.00	110.00			110.00		
	5+780 - 5+830		1.00	50.00			50.00		
	5+920 - 5+980		1.00	60.00			60.00		
	6+100 - 6+170		1.00	70.00			70.00		
	6+320 - 6+370		1.00	50.00			50.00		
	6+420 - 6+540		1.00	120.00			120.00		
	6+560 - 6+610		1.00	50.00			50.00		
	6+660 - 6+760		1.00	100.00			100.00		
	6+800 - 6+890		1.00	90.00			90.00		
	6+920 - 6+990		1.00	70.00			70.00		
5.6	Señalización Reglamentaria -Vertical	pza						60.00	
			60.00						
5.7	Señalización preventiva -Vertical	pza						40.00	
			40.00						
5.8	Señalización informativa - Vertical	pza						3.00	
			3.00						
6	Módulo 6: Limpieza general y entrega de obra								
6.1	Limpieza general de la obra	glb						1.00	
			1.00			1.00	1.00		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 67: Computo métrico de pavimento flexible

Ítem	Actividades	Unidad	Total
1	Módulo 1: Obras preliminares		
1.1	Instalación de faenas c/campamento	glb	1.00
1.2	Movilización y desmovilización de equipo	glb	1.00
1.3	Replanteo topográfico vial	km	7.14
1.4	Prov. y coloc. letrero de obras	pza	1.00
1.5	Limpieza de terreno y deshierbe	m ²	48,546.75
2	Módulo 2: Movimiento de tierras		
2.1	Excavación común con maquinaria (Corte)	m ³	105,969.08
2.2	Conformación de terraplén	m ³	61,759.79
2.3	sobre acarreo de material excedente	m ³ /km	44,209.30
3	Módulo 3: Pavimento -paquete estructural		
3.1	Conformación capa sub base	m ³	9,709.35
3.2	Conformación capa base	m ³	7,282.01
3.3	Imprimación bituminosa	m ²	41,611.50
3.4	Pavimento flexible	m ²	41,611.50
4	Módulo 4: Obras de drenaje		
4.1	Replanteo de estructuras	m ²	872.46
4.2	Excavación común con maquinaria	m ³	4,275.79
4.3	Hormigón ciclópeo (1:2:3) 50%PD	m ³	125.27
4.4	Cama de arena para alcantarillas	m ³	124.43
4.5	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,60m	ml	51.40
4.6	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,80m	ml	23.45
4.7	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=2,00m	ml	124.64
4.8	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,50m	ml	13.94
4.9	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,00m	ml	28.68
4.10	Relleno y compactado c/saltarín	m ³	726.96
4.11	Revestimiento de cunetas	m ²	1,191.00
4.12	Puente con luz de 40 m	ml	200.00
5	Módulo 5: Señalización		

5.1	Demarcación del pavimento-Horizontal	ml	28,579.72
5.2	Señalización reflectiva ambos sentidos (ojos de gato)	pza	2142.00
5.3	Barreras Flex Beam	ml	480.00
5.4	Señalización Reglamentaria -Vertical	pza	60.00
5.5	Señalización preventiva -Vertical	pza	40.00
5.6	Señalización informativa - Vertical	pza	3.00
6	Módulo 6: Limpieza general y entrega de obra		
6.1	Limpieza general de la obra	glb	1.00

Fuente: Elaboración propia.

2.7.2 Presupuesto general

En estas planillas se puede ver en detalle los materiales, mano de obra y equipo necesario para realizar las diferentes actividades que se desarrollarán en la construcción del camino. Estos datos se detallan en la sección de anexos 14.

2.7.2.1 Presupuesto general de ejecución

El presupuesto general del proyecto para la alternativa del tratamiento superficial triple se presenta en anexos, sin embargo, en esta sección se presenta un resumen del presupuesto general, donde se observa que el costo de construcción del camino con sus respectivas obras de arte asciende a 26.564.363,36 Bs.

Son: Veintiséis millones quinientos sesenta y cuatro mil trescientos sesenta y tres 36/100 Bolivianos.

En cuanto al presupuesto para la alternativa de pavimento flexible, solo varia los ítems de capa base, sub base y rodadura los que se encuentra detallado en anexos, la construcción del camino asciende a 29.436.458,44Bs

Son: Veintinueve millones cuatrocientos treinta y seis mil cuatrocientos cincuenta y ocho 44/100 Bolivianos.

Se optará por la alternativa de tratamiento superficial triple por motivos técnicos y sociales.

Cuadro N°2. 68: Presupuesto general de ejecución para tratamiento superficial triple

No.	Módulo/Ítem	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
M01 - Obras preliminares					413,816.33
1	Instalación de faenas c/campamento	glb	1.00	6,255.54	6,255.54
2	Movilización y desmovilización de equipo	glb	1.00	9,857.79	9,857.79
3	Replanteo topográfico vial	km	7.14	884.56	6,315.76
4	Prov. y coloc. letrero de obras	pza	1.00	1,556.84	1,556.84
5	Limpieza de terreno y deshierbe	m ²	48,546.75	8.03	389,830.40
M02 - Movimiento de tierras					12,635,064.63
1	Excavación común con maquinaria (Corte)	m ³	105,969.08	109.58	11,612,091.79
2	Conformación de terraplén	m ³	61,759.79	11.51	710,855.18
3	sobre acarreo de material excedente	m ³ *Km	44,209.30	7.06	312,117.66
M03 - Pavimento paquete estructural					2,913,616.42
1	Conformación capa sub base	m ³	14,564.03	80.90	1,178,229.62
2	Conformación capa base	m ³	7,282.01	81.74	595,231.70
3	Imprimación bituminosa	m ²	41,611.50	8.98	373,671.27
4	Tratamiento superficial	m ²	41,611.50	18.42	766,483.83
M04 - Obras de drenaje					10,163,594.04
1	Replanteo de estructuras	m ²	872.46	2.63	2,294.58
2	Excavación común con maquinaria	m ³	4,275.79	55.37	236,750.33
3	Hormigón ciclópeo (1:2:3) 50%PD	m ³	125.27	628.03	78,672.06
4	Cama de arena para alcantarillas	m ³	124.43	198.78	24,734.47
5	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,60m	ml	51.40	932.71	47,941.29
6	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,80m	ml	23.45	1,057.45	24,797.20
7	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=2,00m	ml	124.64	1,626.94	202,781.80
8	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,50m	ml	13.94	1,306.93	18,218.60
9	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,00m	ml	28.68	1,431.67	41,060.30
10	Relleno y compactado c/saltarín	m ³	726.96	33.20	24,135.01
11	Revestimiento de cunetas	m ²	1,191.00	194.40	231,530.40
	Puente con luz de 40 m	ml	200.00	46,153.39	9,230,678.00
M05 - Señalización					432,532.71
1	Demarcación del pavimento-Horizontal	ml	28,579.72	5.16	147,471.36
2	Señalización reflectiva ambos sentidos (ojos de gato)	pza	2,142.00	89.50	191,709.00
3	Barreras Flex Beam	ml	480.00	127.70	61,296.00
4	Señalización Reglamentaria -Vertical	pza	60.00	309.17	18,550.20
5	Señalización preventiva -Vertical	pza	40.00	314.37	12,574.80
6	Señalización informativa - Vertical	pza	3.00	310.45	931.35
M06 - Limp. gral y entrega de obra					5,739.23
1	Limpieza general de la obra	glb	1.00	5,739.23	5,739.23
Total de presupuesto					26,564,363.36

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 69: Presupuesto general de ejecución para pavimento flexible

No.	Módulo/Ítem	Und.	Cant.	Unit. (Bs)	Parcial (Bs)
M01 - Obras preliminares					413,816.33
1	Instalación de faenas c/campamento	glb	1.00	6,255.54	6,255.54
2	Movilización y desmovilización de equipo	glb	1.00	9,857.79	9,857.79
3	Replanteo topográfico vial	km	7.14	884.56	6,315.76
4	Prov. y coloc. letrero de obras	pza	1.00	1,556.84	1,556.84
5	Limpieza de terreno y deshierbe	m ²	48,546.75	8.03	389,830.40
M02 - Movimiento de tierras					12,635,064.63
1	Excavación común con maquinaria (Corte)	m ³	105,969.08	109.58	11,612,091.79
2	Conformación de terraplén	m ³	61,759.79	11.51	710,855.18
3	sobre acarreo de material excedente	m ³ *Km	44,209.30	7.06	312,117.66
M03 - Pavimento paquete estructural					5,785,711.51
1	Conformación capa sub base	m ³	9,709.35	80.90	785,486.42
2	Conformación capa base	m ³	7,282.01	81.74	595,231.70
3	Imprimación bituminosa	m ²	41,611.50	8.98	373,671.27
4	Pavimento flexible	m ²	41,611.50	96.88	4,031,322.12
M04 - Obras de drenaje					10,163,594.04
1	Replanteo de estructuras	m ²	872.46	2.63	2,294.58
2	Excavación común con maquinaria	m ³	4,275.79	55.37	236,750.33
3	Hormigón ciclópeo (1:2:3) 50%PD	m ³	125.27	628.03	78,672.06
4	Cama de arena para alcantarillas	m ³	124.43	198.78	24,734.47
5	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,60m	ml	51.40	932.71	47,941.29
6	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=0,80m	ml	23.45	1,057.45	24,797.20
7	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=2,00m	ml	124.64	1,626.94	202,781.80
8	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,50m	ml	13.94	1,306.93	18,218.60
9	Alcantarilla chapa metálica corrugada D=1,00m	ml	28.68	1,431.67	41,060.30
10	Relleno y compactado c/saltarín	m ³	726.96	33.20	24,135.01
11	Revestimiento de cunetas	m ²	1,191.00	194.40	231,530.40
12	Puente con luz de 40 m	ml	200.00	46,153.39	9,230,678.00
M05 - Señalización					432,532.71
1	Demarcación del pavimento-Horizontal	ml	28,579.72	5.16	147,471.36
2	Señalización reflectiva ambos sentidos (ojos de gato)	pza	2,142.00	89.50	191,709.00
3	Barreras Flex Beam	ml	480.00	127.70	61,296.00
4	Señalización Reglamentaria -Vertical	pza	60.00	309.17	18,550.20
5	Señalización preventiva -Vertical	pza	40.00	314.37	12,574.80
6	Señalización informativa - Vertical	pza	3.00	310.45	931.35
M06 - Limp. gral y entrega de obra					5,739.23
1	Limpieza general de la obra	glb	1.00	5,739.23	5,739.23
Total de presupuesto					29,436,458.44

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N°2. 70: Precios unitarios

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Instalación de faenas				
Cantidad:	1,00				
Unidad:	glb				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Varios instalación de faenas (Importado)	glb	1,00	2.000,00	2.000,00
2	Varios instalación de faenas (Nacional)	glb	1,00	1.500,00	1.500,00
		Total materiales:			3.500,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Albañil	hr	16,00	18,50	296,00
2	Ayudante	hr	20,00	12,50	250,00
3	Peón	hr	5,00	10,00	50,00
		Subtotal mano de obra:			596,00
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				327,80
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				138,02
		Total mano de obra:			1.061,82
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Camioneta 4x4	hr	5,00	80,00	400,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				53,09
	Total equipo, maquinaria y herramientas:				453,09
4.-	Gastos generales y administrativos				
	gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				501,49
	Total gastos generales y administrativos:				501,49
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				551,64
		Total utilidad:			551,64
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				187,50
		Total impuestos:			187,50
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			6.255,54
Son: Seis mil doscientos cincuenta y cinco con 54/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Movilización y desmovilización de equipo				
Cantidad:	1,00				
Unidad:	glb				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Varios mov. y desm de equipo	glb	1,00	2.000,00	2.000,00
	Total materiales:				2.000,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Ayudante	hr	30,00	12,50	375,00
2	Capataz	hr	10,00	20,00	200,00
3	Chófer	hr	30,00	15,00	450,00
4	Operador de equipo pesado	hr	20,00	25,00	500,00
	Subtotal mano de obra:				1.525,00
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				838,75
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				353,14
	Total mano de obra:				2.716,89
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Camioneta 4x4	hr	5,00	80,00	400,00
2	Remolque tráiler lowboy	hr	7,00	150,00	1.050,00
3	Volqueta de 12m3	hr	8,00	200,00	1.600,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				135,84
	Total equipo, maquinaria y herramientas:				3.185,84
4.-	Gastos generales y administrativo				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				790,27
	Total gastos generales y administrativos:				790,27
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				869,30
	Total utilidad:				869,30
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				295,48
	Total impuestos:				295,48
	Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):				9.857,79
Son: Nueve mil ochocientos cincuenta y siete con 79/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Replanteo topográfico vial				
Cantidad:	7,14				
Unidad:	km				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Estacas	pza	50,00	1,00	50,00
2	Pinturas al aceite mate (Monopol)	galón	0,15	100,00	15,00
3	Mojoneros	pza	0,50	25,00	12,50
		Total materiales:			77,50
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Topógrafo	hr	2,00	18,50	37,00
2	Alarife	hr	2,00	10,00	20,00
		Subtotal mano de obra:			57,00
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				31,35
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				13,20
	Total mano de obra:				101,55
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Equipo topográfico	hr	14,00	37,50	525,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				5,08
	Total equipo, maquinaria y herramientas:				530,08
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				70,91
	Total gastos generales y administrativos:				70,91
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				78,00
	Total utilidad:				78,00
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				26,51
	Total impuestos:				26,51
	Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):				884,56
Son: Ochocientos ochenta y cuatro con 56/100 Bolivianos					

Proyecto:		Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro			
Actividad:		Prov. y colocado letrero de obra			
Cantidad:		1,00			
Unidad:		pza			
Moneda:		Bs			
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Letrero de obra	pza	1,00	800,00	800,00
Total materiales:					800,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Albañil	hr	4,00	18,50	74,00
2	Ayudante	hr	4,00	12,50	50,00
3	Chófer	hr	2,00	15,00	30,00
Subtotal mano de obra:					154,00
Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)					84,70
Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)					35,66
Total mano de obra:					274,36
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Camioneta 4x4	hr	2,00	80,00	160,00
Herramientas (5,00% de total mano de obra)					13,72
Total equipo, maquinaria y herramientas:					173,72
4.-	Gastos generales y administrativos				
Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)					124,81
Total gastos generales y administrativos:					124,81
5.-	Utilidad				
Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)					137,29
Total utilidad:					137,29
6.-	Impuestos				
Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)					46,66
Total impuestos:					46,66
Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):					1.556,84
Son: Un mil quinientos cincuenta y seis con 84/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Limpieza de terreno y deshierbe				
Cantidad:	48,546.7				
Unidad:	m ²				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
		Total materiales:			0,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Peón	hr	0,01	10,00	0,10
2	Operador de equipo pesado	hr	0,01	25,00	0,25
3	Ayudante de operador	hr	0,01	15,00	0,15
		Subtotal mano de obra:			0,50
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				0,28
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				0,12
		Total mano de obra:			0,89
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Volqueta de 12m3	hr	0,01	200,00	2,00
2	Tractor D7G con topadora	hr	0,01	350,00	3,50
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				0,04
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			5,54
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				0,64
		Total gastos generales y administrativos:			0,64
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				0,71
		Total utilidad:			0,71
6.-	Impuestos				
	Impuestos it (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				0,24
		Total impuestos:			0,24
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			8,03
Son: Ocho con 03/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Excavación común con maquinaria (Corte)				
Cantidad:	105,969.0				
Unidad:	m ³				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
		Total materiales:			0,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Operador de equipo pesado	hr	0,07	25,00	1,75
2	Ayudante de operador	hr	0,07	15,00	1,05
3	Chófer	hr	0,10	15,00	1,50
		Subtotal mano de obra:			4,30
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				2,37
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				1,00
		Total mano de obra:			7,66
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Retroexcavadora	hr	0,07	280,00	19,60
2	Cargador frontal	hr	0,07	310,00	21,70
3	Volqueta de 12m3	hr	0,07	200,00	14,00
4	Tractor D7G con topadora	hr	0,07	350,00	24,50
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				0,38
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			80,18
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				8,78
		Total gastos generales y administrativos:			8,78
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				9,66
		Total utilidad:			9,66
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				3,28
		Total impuestos:			3,28
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			109,58
Son: Ciento nueve con 58/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Conformación de terraplén				
Cantidad:	61,759.79				
Unidad:	m ³				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
		Total materiales:			0,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Chófer	hr	0,03	15,00	0,45
2	Operador de equipo pesado	hr	0,03	25,00	0,75
3	Ayudante de operador	hr	0,01	15,00	0,15
		Subtotal mano de obra:			1,35
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				0,74
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				0,31
		Total mano de obra:			2,41
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Motoniveladora	hr	0,01	350,00	3,50
2	Carro Aguatero	hr	0,01	120,00	1,20
3	Volqueta de 12m3	hr	0,01	200,00	2,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				0,12
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			6,82
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				0,92
		Total gastos generales y administrativos:			0,92
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				1,01
		Total utilidad:			1,01
6.-	Impuestos				
	Impuestos it (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				0,34
		Total impuestos:			0,34
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			11,51
Son: Once con 51/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Sobre acarreo				
Cantidad:	44,209.30				
Unidad:	m ³				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
		Total materiales:			0,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Chófer	hr	0,01	15,00	0,15
2	Ayudante de operador	hr	0,01	15,00	0,15
		Subtotal mano de obra:			0,30
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				0,17
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				0,07
	Total mano de obra:				0,53
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Volqueta de 12m3	hr	0,01	200,00	2,00
2	Cargador frontal	hr	0,01	310,00	3,10
		Herramientas (5,00% de total mano de obra)			0,03
	Total equipo, maquinaria y herramientas:				5,13
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				0,57
	Total gastos generales y administrativos:				0,57
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				0,62
	Total utilidad:				0,62
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				0,21
	Total impuestos:				0,21
	Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):				7,06
Son: Siete con 06/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Conformación capa sub base				
Cantidad:	14,564.0				
Unidad:	m ³				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Prod. Y transp. sub base clasif estabil granul	m ³	1,05	45,00	47,25
		Total materiales:			47,25
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Operador de equipo pesado	hr	0,01	25,00	0,25
2	Ayudante de operador	hr	0,01	15,00	0,15
3	Chófer	hr	0,01	15,00	0,15
4	Capataz	hr	0,01	20,00	0,20
		Subtotal mano de obra:			0,75
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				0,41
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				0,17
		Total mano de obra:			1,34
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Cargador frontal	hr	0,01	310,00	3,10
2	Volqueta de 12m3	hr	0,01	200,00	2,00
3	Rodillo liso	hr	0,01	350,00	3,50
4	Carro Aguatero	hr	0,01	120,00	1,20
5	Motoniveladora	hr	0,01	350,00	3,50
6	Compactador neumático	hr	0,01	290,00	2,90
7	Tractor D7G con topadora	hr	0,00	350,00	0,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				0,07
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			16,27
4.-	Gastos generales y administrativ				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				6,49
		Total gastos generales y administrativos:			6,49
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				7,13
		Total utilidad:			7,13
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				2,42
		Total impuestos:			2,42
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			80,90
Son: Ochenta con 90/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Conformación capa base				
Cantidad:	7,282.01				
Unidad:	m ³				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Prod. Y transp. base triturada y clasif.	m ³	1,05	48,00	50,40
		Total materiales:			50,40
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Operador de equipo pesado	hr	0,01	25,00	0,25
2	Ayudante de operador	hr	0,01	15,00	0,15
3	Chófer	hr	0,01	15,00	0,15
4	Capataz	hr	0,02	20,00	0,40
		Subtotal mano de obra:			0,95
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				0,52
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				0,22
		Total mano de obra:			1,69
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Arado de discos	hr	0,01	5,00	0,05
2	Cargador frontal	hr	0,01	310,00	3,10
3	Carro Aguatero	hr	0,01	120,00	1,20
4	Motoniveladora	hr	0,01	350,00	3,50
5	Rodillo liso	hr	0,01	350,00	3,50
6	Volqueta de 12m3	hr	0,01	200,00	2,00
		Herramientas (5,00% de total mano de obra)			0,08
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			13,43
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				6,55
	Total gastos generales y administrativos:				6,55
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				7,21
		Total utilidad:			7,21
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				2,45
		Total impuestos:			2,45
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			81,74
Son: Ochenta y Uno con 74/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Imprimación bituminosa				
Cantidad:	41,611.50				
Unidad:	m ²				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Cemento asfáltico	1	0,10	6,64	0,66
2	Solvente p/asfalto	1	0,10	2,00	0,20
		Total materiales:			0,86
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Ayudante de operador	hr	0,01	15,00	0,15
2	Operador de escoba mecánica	hr	0,01	20,00	0,20
3	Peón	hr	0,01	10,00	0,10
		Subtotal mano de obra:			0,45
		Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)			0,25
		Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)			0,10
		Total mano de obra:			0,80
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Escoba mecánica no autopropulsada	hr	0,01	100,00	1,00
2	Distribuidor de asfalto	hr	0,01	250,00	2,50
3	Planta calentamiento asfáltico 6.000 lt	hr	0,01	200,00	2,00
		Herramientas (5,00% de total mano de obra)			0,04
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			5,54
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				0,72
		Total gastos generales y administrativos:			0,72
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				0,79
		Total utilidad:			0,79
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				0,27
		Total impuestos:			0,27
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			8,98
Son: Ocho con 98/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Pavimento flexible				
Cantidad:	41,611.5				
Unidad:	m ²				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Cemento asfáltico	tn	1,20	6,64	7,97
2	Grava triturada clasificada 3/4	m ³	0,12	120,00	14,40
3	Grava triturada clasificada 3/8"	m ³	0,12	160,00	19,20
4	Arena clasificada	m ³	0,12	145,00	17,40
5	Diésel	l	1,00	3,72	3,72
		Total materiales:			62,69
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Ayudante de operador	hr	0,01	15,00	0,15
2	Ayudante	hr	0,01	12,50	0,13
3	Operador de equipo pesado	hr	0,01	25,00	0,25
4	Operador de escoba mecánica	hr	0,02	20,00	0,40
5	Especialista	hr	0,01	18,00	0,18
		Subtotal mano de obra:			1,11
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				0,61
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				0,26
		Total mano de obra:			1,98
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Compactador neumático	hr	0,01	290,00	2,90
2	Terminadora de asfalto	hr	0,01	350,00	3,50
3	Distribuidor de asfalto	hr	0,01	250,00	2,50
4	Escoba mecánica no autopropulsada	hr	0,02	100,00	2,00
5	Planta calentamiento asfáltico 6.000 lt	hr	0,01	200,00	2,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				0,10
	Total equipo, maquinaria y herramientas:				13,00
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				7,77
	Total gastos generales y administrativos:				7,77
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				8,54
	Total utilidad:				8,54
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				2,90
	Total impuestos:				2,90
	Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):				96,88
Son: Noventa y seis con 88/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Tratamiento superficial triple				
Cantidad:	41,611.50				
Unidad:	m ²				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Prod. Y transp. Agreg. Triturado clasif. TST.	m ³	0,03	140,00	4,20
2	Cemento asfáltico	l	0,10	6,64	0,66
3	Solvente p/asfalto	l	0,10	2,00	0,20
		Total materiales:			5,06
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Capataz	hr	0,01	20,00	0,20
2	Ayudante de operador	hr	0,01	15,00	0,15
3	Peón	hr	0,01	10,00	0,10
4	Operador de equipo pesado	hr	0,01	25,00	0,25
		Subtotal mano de obra:			0,70
		Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)			0,39
		Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)			0,16
		Total mano de obra:			1,25
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Motoniveladora	hr	0,01	350,00	3,50
2	Planta calentamiento asfáltico 6.000 lt	hr	0,01	200,00	2,00
3	Compactador neumático	hr	0,01	290,00	2,90
		Herramientas (5,00% de total mano de obra)			0,06
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			8,46
4.-	Gastos generales y administrativos				
		Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)			1,48
		Total gastos generales y administrativos:			1,48
5.-	Utilidad				
		Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)			1,62
		Total utilidad:			1,62
6.-	Impuestos				
		Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)			0,55
		Total impuestos:			0,55
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			18,42
Son: Dieciocho con 42/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Replanteo de estructuras				
Cantidad:	872,46				
Unidad:	m ²				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Estacas (2*2*0.30)	pza	1,00	1,00	1,00
2	Pinturas al aceite mate (Monopol)	galón	0,00	100,00	0,00
		Total materiales:			1,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Topógrafo	hr	0,01	18,50	0,19
2	Alarife	hr	0,02	10,00	0,20
		Subtotal mano de obra:			0,39
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				0,21
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				0,09
		Total mano de obra:			0,69
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Equipo topográfico	hr	0,01	37,50	0,38
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				0,03
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			0,41
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				0,21
		Total gastos generales y administrativos:			0,21
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				0,23
		Total utilidad:			0,23
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				0,08
		Total impuestos:			0,08
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			2,63
Son: Dos con 63/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Excavación común con maquinaria				
Cantidad:	4.275,79				
Unidad:	m ³				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
		Total materiales:			0,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Operador de equipo pesado	hr	0,08	25,00	2,00
2	Ayudante de operador	hr	0,08	15,00	1,20
		Subtotal mano de obra:			3,20
		Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)			1,76
		Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)			0,74
		Total mano de obra:			5,70
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Retroexcavadora	hr	0,08	280,00	22,40
2	Volqueta de 12m3	hr	0,08	200,00	16,00
		Herramientas (5,00% de total mano de obra)			0,29
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			38,69
4.-	Gastos generales y administrativos				
		Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)			4,44
		Total gastos generales y administrativos:			4,44
5.-	Utilidad				
		Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)			4,88
		Total utilidad:			4,88
6.-	Impuestos				
		Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)			1,66
		Total impuestos:			1,66
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			55,37
Son: Cincuenta y cinco con 37/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Hormigón ciclópeo (1:2:3-50%P.D.)				
Cantidad:	125,27				
Unidad:	m ³				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Cemento portland	kg	150,00	1,10	165,00
2	Arena común	m ³	0,25	150,00	37,50
3	Grava común	m ³	0,40	140,00	56,00
4	Piedra bruta	m ³	0,60	120,00	72,00
5	Madera de construcción	pie ²	4,00	8,00	32,00
6	Alambre de amarre	kg	0,40	12,00	4,80
7	Clavos	kg	0,40	12,00	4,80
		Total materiales:			372,10
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Albañil	hr	1,00	18,50	18,50
2	Ayudante	hr	2,00	12,50	25,00
		Subtotal mano de obra:			43,50
		Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)			23,93
		Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)			10,07
		Total mano de obra:			77,50
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Mezcladora	hr	2,00	25,00	50,00
		Herramientas (5,00% de total mano de obra)			3,87
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			53,87
4.-	Gastos generales y administrativos				
		Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)			50,35
		Total gastos generales y administrativos:			50,35
5.-	Utilidad				
		Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)			55,38
		Total utilidad:			55,38
6.-	Impuestos				
		Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)			18,82
		Total impuestos:			18,82
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			628,03
Son: Seiscientos veintiocho con 03/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Cama de arena para tubos de alcantarilla				
Cantidad:	124,43				
Unidad:	m ³				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Arena común	m ³	1,00	150,00	150,00
		Total materiales:			150,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Peón	hr	0,50	10,00	5,00
		Subtotal mano de obra:			5,00
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				2,75
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				1,16
		Total mano de obra:			8,91
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				0,45
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			0,45
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				15,94
		Total gastos generales y administrativos:			15,94
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				17,53
		Total utilidad:			17,53
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				5,96
		Total impuestos:			5,96
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			198,78
Son: Ciento noventa y ocho con 78/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Alcantarilla chapa metálica corrugada D= 0,60m				
Cantidad:	51,40				
Unidad:	m				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Chapa metálica corrugada D=0,60m	m	1,00	500,00	500,00
2	Grava común	m ³	0,90	140,00	126,00
		Total materiales:			626,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Albañil	hr	1,00	18,50	18,50
2	Chófer	hr	0,30	15,00	4,50
3	Peón	hr	1,00	10,00	10,00
		Subtotal mano de obra:			33,00
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				18,15
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				7,64
		Total mano de obra:			58,79
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Volqueta de 12m3	hr	0,30	200,00	60,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				2,94
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			62,94
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				74,77
		Total gastos generales y administrativos:			74,77
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				82,25
		Total utilidad:			82,25
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				27,96
		Total impuestos:			27,96
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			932,71
Son: Novecientos treinta y dos con 71/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Alcantarilla chapa metálica corrugada D= 0,80m				
Cantidad:	23,45				
Unidad:	m				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Chapa metálica corrugada D=0,80m	m	1,00	600,00	600,00
2	Grava común	m ³	0,90	140,00	126,00
		Total materiales:			726,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Albañil	hr	1,00	18,50	18,50
2	Chófer	hr	0,30	15,00	4,50
3	Peón	hr	1,00	10,00	10,00
		Subtotal mano de obra:			33,00
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				18,15
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				7,64
	Total mano de obra:			58,79	
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Volqueta de 12m3	hr	0,30	200,00	60,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				2,94
	Total equipo, maquinaria y herramientas:			62,94	
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				84,77
	Total gastos generales y administrativos:			84,77	
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				93,25
	Total utilidad:			93,25	
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				31,70
	Total impuestos:			31,70	
	Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			1.057,45	
Son: Un mil cincuenta y siete con 45/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Alcantarilla chapa metálica corrugada D= 1,00m				
Cantidad:	28,68				
Unidad:	m				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Chapa metálica Corrugada D=1,00 m	m	1,00	800,00	800,00
2	Grava común	m ³	0,90	140,00	126,00
		Total materiales:			926,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Albañil	hr	1,00	18,50	18,50
2	Chófer	hr	0,30	15,00	4,50
3	Peón	hr	1,00	10,00	10,00
		Subtotal mano de obra:			33,00
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				18,15
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				7,64
		Total mano de obra:			58,79
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Volqueta de 12m3	hr	0,30	200,00	60,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				2,94
	Total equipo, maquinaria y herramientas:				62,94
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				104,77
		Total gastos generales y administrativos:			104,77
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				115,25
		Total utilidad:			115,25
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				39,17
	Total impuestos:				39,17
	Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):				1.306,93
Son: Un mil trescientos seis con 93/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Alcantarilla chapa metálica corrugada D= 1,50m				
Cantidad:	13,94				
Unidad:	m				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Chapa metálica corrugada D=1,50 m	m	1,00	900,00	900,00
2	Grava común	m ³	0,90	140,00	126,00
		Total materiales:			1.026,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Albañil	hr	1,00	18,50	18,50
2	Chófer	hr	0,30	15,00	4,50
3	Peón	hr	1,00	10,00	10,00
		Subtotal mano de obra:			33,00
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				18,15
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				7,64
		Total mano de obra:			58,79
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Volqueta de 12m3	hr	0,30	200,00	60,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				2,94
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			62,94
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				114,77
		Total gastos generales y administrativos:			114,77
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				126,25
		Total utilidad:			126,25
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				42,91
		Total impuestos:			42,91
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			1.431,67
Son: Un mil cuatrocientos treinta y uno con 67/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Alcantarilla chapa metálica corrugada D= 2,00m				
Cantidad:	124,64				
Unidad:	m				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Chapa metálica corrugada D=2m	m	1,00	1.050,00	1.050,00
2	Grava común	m ³	0,90	140,00	126,00
		Total materiales:			1.176,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Albañil	hr	1,00	18,50	18,50
2	Peón	hr	0,30	10,00	3,00
3	Chófer	hr	1,00	15,00	15,00
		Subtotal mano de obra:			36,50
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				20,08
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				8,45
		Total mano de obra:			65,03
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Volqueta de 12m3	hr	0,30	200,00	60,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				3,25
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			63,25
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				130,43
		Total gastos generales y administrativos:			130,43
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				143,47
		Total utilidad:			143,47
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				48,77
		Total impuestos:			48,77
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			1.626,94
Son: Un mil seiscientos veintiséis con 94/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Relleno y compactado c/ saltarín				
Cantidad:	726,96				
Unidad:	m ³				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
		Total materiales:			0,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Capataz	hr	0,01	20,00	0,20
2	Operador de compactadora	hr	0,40	15,00	6,00
3	Ayudante	hr	0,30	12,50	3,75
		Subtotal mano de obra:			9,95
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				5,47
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				2,30
	Total mano de obra:				17,73
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	compactadora de plancha	hr	0,40	20,00	8,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				0,89
	Total equipo, maquinaria y herramientas:				8,89
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				2,66
	Total gastos generales y administrativos:				2,66
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				2,93
	Total utilidad:				2,93
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				1,00
	Total impuestos:				1,00
	Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):				33,20
Son: Treinta y tres con 20/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Cuneta revestida				
Cantidad:	1.191,00				
Unidad:	m ²				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Cemento portland	kg	52,00	1,10	57,20
2	Arena común	m ³	0,10	150,00	15,00
3	Grava común	m ³	0,12	140,00	16,80
4	Madera de construcción	pie ²	0,12	8,00	0,96
5	Clavos	kg	0,40	12,00	4,80
6	Alambre de amarre	kg	0,60	12,00	7,20
		Total materiales:			101,96
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Albañil	hr	0,50	18,50	9,25
2	Ayudante	hr	0,50	12,50	6,25
3	Peón	hr	0,50	10,00	5,00
		Subtotal mano de obra:			20,50
		Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)			11,28
		Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)			4,75
		Total mano de obra:			36,52
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Mezcladora	hr	0,50	25,00	12,50
2	Vibrador de inmersión	hr	0,20	15,22	3,04
		Herramientas (5,00% de total mano de obra)			1,83
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			17,37
4.-	Gastos generales y administrativos				
		Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)			15,58
		Total gastos generales y administrativos:			15,58
5.-	Utilidad				
		Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)			17,14
		Total utilidad:			17,14
6.-	Impuestos				
		Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)			5,83
		Total impuestos:			5,83
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			194,40
Son: Ciento noventa y cuatro con 40/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Puente L=40m				
Cantidad:	200,00				
Unidad:	ml				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Superestructura e Infraestructuras	glb	1,00	1.480.000,00	1.480.000,00
		Total materiales:			
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
		Subtotal mano de obra:			
					0,00
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				0,00
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				0,00
		Total mano de obra:			
					0,00
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				0,00
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			
					0,00
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				148.000,00
		Total gastos generales y administrativos:			
					148.000,00
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				162.800,00
		Total utilidad:			
					162.800,00
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				55.335,72
		Total impuestos:			
					55.335,72
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			
					1.846.135,72
Son: Un millón ochocientos cuarenta y seis mil ciento treinta y cinco Bolivianos.					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Demarcación del pavimento horizontal				
Cantidad:	28.579,72				
Unidad:	m				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Pintura reflectante para pavimento	l	0,04	37,50	1,50
2	Micro esferas de vidrio	kg	0,10	26,40	2,64
		Total materiales:			4,14
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Operador de equipo liviano	hr	0,00	13,00	0,00
2	Ayudante	hr	0,00	12,50	0,00
3	Chófer	hr	0,00	15,00	0,00
		Subtotal mano de obra:			0,00
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				0,00
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				0,00
		Total mano de obra:			0,00
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Camioneta 4x4	hr	0,00	80,00	0,00
2	Equipo pintador de pavimento autopropulsado	hr	0,00	150,00	0,00
3	Escoba mecánica no autopropulsada	hr	0,00	100,00	0,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				0,00
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			0,00
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				0,41
		Total gastos generales y administrativos:			0,41
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				0,46
		Total utilidad:			0,46
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				0,15
		Total impuestos:			0,15
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			5,16
Son: Cinco con 16/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Señalización reflectiva ambos sentidos (Ojos de gato)				
Cantidad:	2.142,00				
Unidad:	pza				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Balizador bidireccional 10*10*2 cm	pza	1,00	55,00	55,00
2	Pegamento	kg	0,05	60,00	3,00
		Total materiales:			58,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Ayudante	hr	0,30	12,50	3,75
2	Especialista	hr	0,20	18,00	3,60
		Subtotal mano de obra:			7,35
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				4,04
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				1,70
	Total mano de obra:			13,09	
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				0,65
	Total equipo, maquinaria y herramientas:			0,65	
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				7,17
	Total gastos generales y administrativos:			7,17	
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				7,89
	Total utilidad:			7,89	
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				2,68
	Total impuestos:			2,68	
	Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			89,50	
Son: Ochenta y nueve con 50/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Barreras flex beam				
Cantidad:	480.00				
Unidad:	m				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Hormigón simple	m ³	0,05	1.100,62	55,03
2	Pernos y volandas	kg	0,10	18,50	1,85
3	Calamina trapezoidal prepintada	m ²	0,30	60,00	18,00
		Total materiales:			74,88
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Capataz	hr	0,25	20,00	5,00
2	Albañil	hr	0,25	18,50	4,63
3	Ayudante	hr	0,20	12,50	2,50
		Subtotal mano de obra:			12,13
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				6,67
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				2,81
		Total mano de obra:			21,61
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Camioneta 4x4	hr	0,06	80,00	4,80
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				1,08
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			5,88
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				10,24
		Total gastos generales y administrativos:			10,24
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				11,26
		Total utilidad:			11,26
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				3,83
		Total impuestos:			3,83
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			127,70
Son: Ciento veintisiete con 70/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Señalización reglamentaria				
Cantidad:	60,00				
Unidad:	pza				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Señalización restrict.rect.(suministro)	pza	1,00	24,34	24,34
2	Hormigón simple	m ³	0,06	1.100,62	66,04
3	Poste de señalización (suministro)	m	2,50	25,00	62,50
4	Pernos y volandas	kg	2,00	18,50	37,00
		Total materiales:			189,88
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Albañil	hr	0,18	18,50	3,33
2	Peón	hr	0,22	10,00	2,20
3	Pintor	hr	0,25	18,50	4,63
4	Operador de equipo liviano	hr	0,27	13,00	3,51
		Subtotal mano de obra:			13,67
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				7,52
	Impuestos iva (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				3,17
	Total mano de obra:				24,35
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Volqueta	hr	0,27	120,00	32,40
2	Camioneta 4x4	hr	0,00	80,00	0,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				1,22
	Total equipo, maquinaria y herramientas:				33,62
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				24,79
	Total gastos generales y administrativos:				24,79
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				27,26
	Total utilidad:				27,26
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				9,27
	Total impuestos:				9,27
	Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):				309,17
Son: Trescientos Nueve con 17/100 Bolivianos					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Señalización preventiva				
Cantidad:	40,00				
Unidad:	pza				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Señalización prevent. cuadran. 0.6*0.6	pza	1,00	24,34	24,34
2	m(suministro)				
3	Hormigón simple	m ³	0,06	1.100,62	66,04
4	Poste de señalización (suministro)	m	2,50	25,00	62,50
	Pernos y volandas	kg	2,00	18,50	37,00
		Total materiales:			189,88
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Pintor	hr	0,25	18,50	4,63
2	Operador de equipo liviano	hr	0,27	13,00	3,51
3	Albañil	hr	0,25	18,50	4,63
4	Ayudante	hr	0,25	12,50	3,13
		Subtotal mano de obra:			15,90
		Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)			8,75
		Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)			3,68
		Total mano de obra:			28,33
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Volqueta	hr	0,27	120,00	32,40
2	Camioneta 4x4	hr	0,00	80,00	0,00
		Herramientas (5,00% de total mano de obra)			1,42
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			33,82
4.-	Gastos generales y administrativos				
		Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)			25,20
		Total gastos generales y administrativos:			25,20
5.-	Utilidad				
		Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)			27,72
		Total utilidad:			27,72
6.-	Impuestos				
		Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)			9,42
		Total impuestos:			9,42
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			314,37
Son: Trescientos catorce con 37/100 Bolivianos.					

Proyecto:	Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro				
Actividad:	Señalización informativa				
Cantidad:	3,00				
Unidad:	pza				
Moneda:	Bs				
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Señalización inform. rectang. (suministro)	pza	1,00	24,34	24,34
2					
3	Hormigón simple	m ³	0,06	1.100,62	66,04
4	Poste de señalización (suministro)	m	2,50	25,00	62,50
	Pernos y volandas	kg	2,00	18,50	37,00
		Total materiales:			189,88
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Operador de equipo liviano	hr	0,27	13,00	3,51
2	Pintor	hr	0,25	18,50	4,63
3	Ayudante	hr	0,22	12,50	2,75
4	Albañil	hr	0,18	18,50	3,33
		Subtotal mano de obra:			14,22
	Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)				7,82
	Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)				3,29
		Total mano de obra:			25,33
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Volqueta	hr	0,27	120,00	32,40
2	Camioneta 4x4	hr	0,00	80,00	0,00
	Herramientas (5,00% de total mano de obra)				1,27
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			33,67
4.-	Gastos generales y administrativos				
	Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)				24,89
		Total gastos generales y administrativos:			24,89
5.-	Utilidad				
	Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)				27,38
		Total utilidad:			27,38
6.-	Impuestos				
	Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)				9,31
		Total impuestos:			9,31
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			310,45
Son: Trescientos diez con 45/100 Bolivianos					

Proyecto:		Mejoramiento camino Quebrada el Toro-El Toro			
Actividad:		Limpieza general de la obra			
Cantidad:		1,00			
Unidad:		glb			
Moneda:		Bs			
1.-	Materiales	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
		Total materiales:			0,00
2.-	Mano de obra	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Chófer	hr	24,00	15,00	360,00
2	Peón	hr	56,00	10,00	560,00
		Subtotal mano de obra:			920,00
		Cargas sociales (55,00% de subtotal mano de obra)			506,00
		Impuestos IVA (14,94% de subtotal mano de obra+cargas sociales)			213,04
		Total mano de obra:			1.639,04
3.-	Equipo, maquinaria y herramientas	Unid.	Cantidad Rend.	Precio Unitario	Precio Total
1	Volqueta	hr	24,00	120,00	2.880,00
		Herramientas (5,00% de total mano de obra)			81,95
		Total equipo, maquinaria y herramientas:			2.961,95
4.-	Gastos generales y administrativos				
		Gastos generales (10,00% de 1 + 2 + 3)			460,10
		Total gastos generales y administrativos:			460,10
5.-	Utilidad				
		Utilidad (10,00% de 1 + 2 + 3 + 4)			506,11
		Total utilidad:			506,11
6.-	Impuestos				
		Impuestos IT (3,09% de 1 + 2 + 3 + 4 + 5)			172,03
		Total impuestos:			172,03
		Total precio unitario (1+2+3+4+5+6):			5.739,23
Son: Cinco mil setecientos treinta y nueve con 23/100 Bolivianos					

Fuente: Elaboración propia.

2.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas para el proyecto diseño de ingeniería mejoramiento de camino Quebrada el Toro-El Toro se las desglosa en los anexos correspondiente, anexo 15.

2.9 IMPACTO AMBIENTAL

El presente acápite identifica los potenciales impactos ambientales que generaría el proyecto durante sus etapas de construcción, todo efecto que se manifieste en el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un espacio y tiempo determinados y que pueden ser de carácter positivo o negativo.

2.9.1 Ficha ambiental (FA)

Documento técnico que marca el inicio del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, el mismo que se constituye en instrumento para la determinación de la categoría de Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental. Este documento, que tiene categoría de declaración jurada, incluye información sobre el proyecto, obra o actividad, la identificación de impactos clave y la identificación de la posible solución para los impactos negativos. Es aconsejable que su llenado se haga en la fase de Pre factibilidad, en cuanto que ésta se tiene sistematizada la información del proyecto, obra o actividad.

Toda Ficha Ambiental, debe tener un contenido mínimo de información que refleje una idea general del proyecto, es decir: Identificación y ubicación del proyecto, explicar qué actividades se van a desarrollar y el tiempo que dure la obra, la tecnología que se va a utilizar, la inversión total, descripción de la calidad y cantidad de recursos humanos a emplear, debe explicar qué recursos naturales del área serán aprovechados como materia prima, los insumos y la producción que demande la obra, la generación de residuos, los posibles accidentes y contingencias, se debe indicar los impactos que se ocasionará y las medidas de mitigación y prevención que se emplearán para evitar o minimizar los impactos negativos. La ficha ambiental se encuentra detallada en el anexo 16.

2.9.2 Categorización del proyecto

Todas las obras, actividades públicas o privadas, con carácter previo a su fase de inversión, deben contar obligatoriamente con la identificación de la categoría de evaluación de

impacto ambiental. La normativa Ambiental indica 4 categorías reglamentadas las cuales son: Para el proyecto la categoría ambiental es 2.

2.10 PLANOS DEL PROYECTO

2.10.1 Planos de ubicación y general

En estos planos podemos ver el trazo del camino la ubicación de puntos BM, lugares de referencia, ubicación de obras de drenaje y elementos de alineamiento.

Estos detalles de planos se pueden observar en la sección de anexos.

2.10.2 Planos de análisis de alternativas

En estos planos podemos ver cuál fue la tentativa que se tenía para realizar el trazo final de la carretera. Estos detalles de planos se pueden observar en la sección de anexos

2.10.3 Planos bimodales planta y perfil

En estos planos podemos ver el trazo del camino por tramos, en el cual se visualiza la planta y el perfil con los detalles de cada uno en particular.

Estos detalles de planos se pueden observar en la sección de anexos

2.10.4 Planos de secciones transversales

Son planos donde se puede apreciar la sección transversal, la ubicación de la misma en el terreno, donde se puede observar si el trazo se encuentra en corte, relleno o es una sección mixta, los detalles de estas secciones se pueden apreciar en la sección de anexos.

2.10.5 Planos de obras de drenaje

Estos planos muestran detalladamente el diseño de las obras de arte menor como ser: Alcantarillas de alivio, alcantarillas de paso o de cruce.

Se pueden ver en detalle los planos en la sección de anexos.

CAPÍTULO III
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIONES

Luego de haber terminado con la realización del “Proyecto diseño de ingeniería mejoramiento de camino Quebrada el Toro – El Toro”, se puede llegar a una serie de conclusiones y recomendaciones.

Se ha realizado el diseño de ingeniería del camino Quebrada el Toro – El Toro de 7,14 km de longitud el paquete estructural elegido es el tratamiento superficial triple el cual tendrá un costo de construcción de Bs 26.564.363,36 con un periodo de diseño de 20 años (3.720.499,07bs/km). Bs.

- Según el estudio de tráfico vehicular realizado se determinó un número de 128.071,49 ESALs para 20 años de periodo de diseño, siendo este de baja circulación.
- De acuerdo al estudio geotécnico realizado, se distingue tres tipos de suelos según la clasificación AASHTO, siendo estos suelos A-4 y A-6 se encontró presencia de suelos finos y arcillas expansivas.
- Se realizó el ensayo de relación soporte de california de los tipos de suelos determinados del tramo, en los cuales el C.B.R. menor se presenta en los suelos a-6₍₁₅₎, con un valor de 3,00 % al 95% de la densidad máxima cuyo valor es el que se adoptó para el diseño del paquete estructural.
- La alternativa de paquete estructural con tratamiento superficial triple de 2,50 cm de espesor, con una base granular de 15,00 cm y una capa sub base de 30,00 cm.
- Resultado del cálculo del movimiento de tierras, se tiene volumen de corte de 105.969,08 m³ por lo que se estableció dos lugares para el depósito de materiales cerca las quebradas afluentes y conformación de terraplén de 61.759,79 m³.
- Se realizó el diseño de siete alcantarillas de alivio, cuya ubicación está en los puntos más bajos del alineamiento vertical y aproximadamente cada 100,00 a 250,00 m de longitud, por la existencia de cinco puentes el caudal que viene de las cunetas desemboca en estos. Por otra parte, se diseñaron siete alcantarillas de cruce con diferente diámetro, las alcantarillas de alivio y cruce son de material Armco (chapa metálica corrugada).

- Se realizó el llenado correspondiente de la ficha ambiental, matriz de evaluación de impactos ambientales para la determinación de la categorización del proyecto. Categoría del proyecto = 2

3.2 RECOMENDACIONES

A continuación, se detallan las siguientes recomendaciones:

- Uniformizar los diámetros de las alcantarillas haciendo un análisis exhaustivo de todas las variables, tanto en lo económico técnico, los diámetros de alcantarillas de alivio obtenidas tienden a ser de 0,60m y 0,80 m de diámetro, por la razón que se controló los caudales que aportaran las cunetas dando un excelente resultado en el ámbito económico y técnico.
- Para la aplicación de paquetes que nos ayuden es necesario entender interpretar los resultados que estos nos dan, para poder corregirlos manualmente y no cometer errores por la mala interpretación de los resultados.
- Se recomienda buscar la información bibliográfica necesaria antes de efectuar el diseño de cualquier proyecto para así evitar inconvenientes.
- Antes de realizar un levantamiento topográfico se debe ajustar la poligonal, efectuar el levantamiento de BMs y puntos auxiliares.
- El estudio de tráfico, se debe realizar ubicándose en puntos estratégicos para realizar el aforo de vehículos que representen el tráfico actual para no cometer errores ni calcular una proyección de vehículos incorrecta, en este caso se aforo estratégicamente en el cruce de Quebrada el Toro.
- Al instante de realizar el estudio de suelos se deben tener en cuenta que la muestra tomada debe ser representativa del terreno y llevarla al laboratorio tratando de que esta muestra no pierda su humedad para así al desarrollar los ensayos, no cometer errores y tener datos confiables.
- En el diseño geométrico se deben tener en cuenta todos los parámetros básicos de acuerdo a la ubicación del camino, realizar un trazo preliminar, ubicar los puntos obligatorios, evitando trazar curvas muy cerradas de acuerdo a radios mínimos.
- El mayor problema que experimentan las carreteras es a causa del agua es por eso que al momento de realizar el diseño de obras de arte menor o mayor no se debe escatimar costos en la construcción de estas obras; además el mantenimiento de

éstas es fundamental ya que si no se lo efectúa su funcionamiento no será el adecuado, ocasionando problemas en el paquete estructural.

- La circulación vehicular y peatonal en una carretera o camino debe ser guiada y regulada a fin de que pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental en un diseño de un camino para alcanzar tales objetivos, ya que éstas indican a peatones y conductores la forma correcta y segura de transitar por la vía.
- Se debe hacer una señalización de la mejor manera posible, por la sencilla razón de que estas señales son un complemento del diseño, ayudaran a la carretera en sectores conflictivos, especialmente en las curvas horizontales y en las pendientes verticales críticas.
- Es recomendable que en carreteras donde la topografía es muy ondulada o montañosa, se respete el radio mínimo y el sobre ancho de la calzada para evitar que los vehículos tengan problemas en las partes donde existan estas curvas cerradas.