

CAPITULO I

DISEÑO APERTURA CAMINO EL MORRO – PASO TUPIZA

1 ANTECEDENTES

NOMBRE DEL PROYECTO

“DISEÑO APERTURA CAMINO EL MORRO – PASO TUPIZA”

1.1.1 LOCALIZACIÓN

El Municipio de Camataqui – Villa Abecia, se encuentra ubicado en la zona oeste del Departamento de Chuquisaca. Limita al Norte con el Municipio de Camargo, al Sur con el Municipio de Las Carreras, al Oeste con el Departamento de Potosí y hacia el Este con En Municipio de Culpina y El Departamento de Tarija.

El proyecto se encuentra ubicado entre la Comunidad de Achuma (sector El Morro) y el Límite del Departamento de Chuquisaca y Potosí, la cual pertenecen al distrito N° 2 de Jailia, Primera Sección Municipal de la Provincia Sud Cinti del Departamento de Chuquisaca.

La Zona de Paso Tupiza limita al Norte con el Municipio de Cotagaita, al Sur con la Comunidad de Chiri, al Este con la Comunidad de Charpaxi y al Oeste con El Municipio de Cotagaita.

El inicio de la apertura del camino es en Achuma (El Morro) y se desplaza hasta el Paso Tupiza.

Figura 1.1.2.1 Mapa de Ubicación en Bolivia



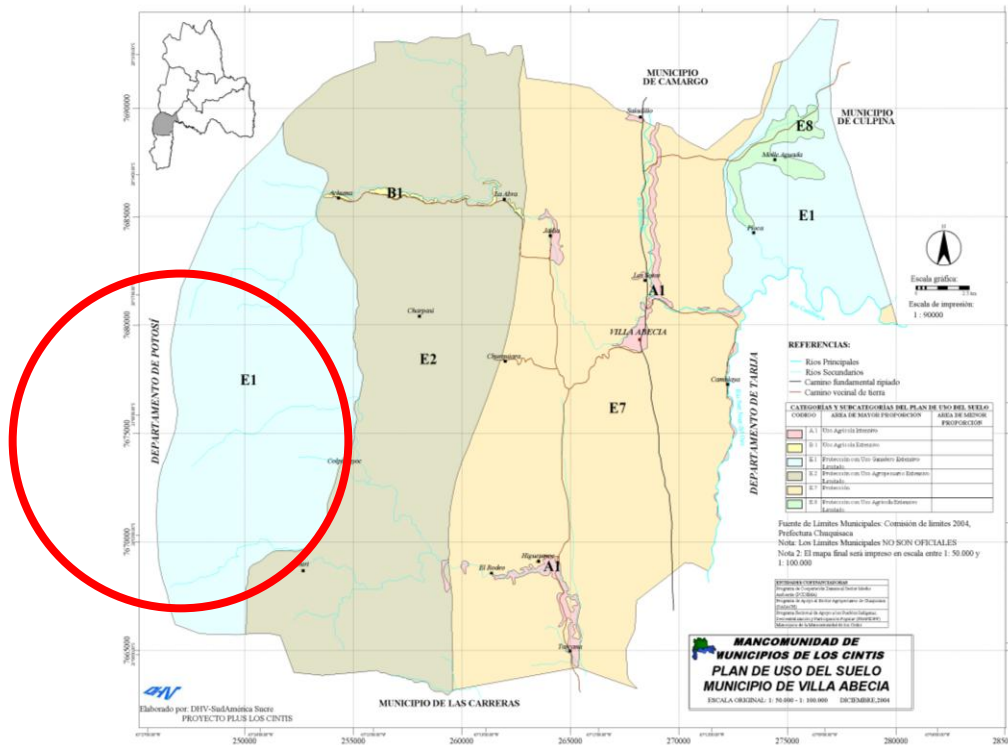
Fuente: PDM 2007-2012 Villa Abecia.

Figura 1.1.2.2 Mapa de Ubicación en Chuquisaca



Fuente: PDM 2007-2012 Villa Abecia.

**Figura 1.1.2.3 Mapa de Ubicación en Municipio de Camataqui – Villa Abecia
Segunda Sección Provincia Sud Cinti**



Fuente: PDM 2007-2012 Villa Abecia.

Ubicación.

- a. Departamento: Chuquisaca.
- b. Provincia: Sud Cinti.
- c. Sección Municipal: Primera Sección.
- d. Distrito: II – Jailía.
- e. Comunidad: Achuma (El Morro) – Paso Tupiza.

Tabla 1.1.2.1

DISTRITOS, CANTONES Y COMUNIDADES DEL MUNICIPIO DE VILLA ABECIA

DISTRITOS	CANTON	COMUNIDADES
-----------	--------	-------------

DISTRITO Nº 1	1.- Villa Abecia	Villa Abecia, Camblaya, Los Sotos, Molleaguada, Pioca
DISTRITO Nº 2	2.- Jailia	Jailia, La Abra, Achuma, Churquiara
DISTRITO Nº 3	3.- Tarcana	Tarcana, Higuera yoc, Colpanayoc, Chiri

Fuente: PDM 2007-2012 Villa Abecia.

La administración municipal de la sección cuenta con una Alcaldía correspondiente a Villa Abecia.

La administración política está a cargo de un Alcalde, Consejo Municipal, agentes cantonales, presidentes de OTB's y corregidores comunales.

El relieve es muy quebrado e irregular, con pendientes variables, que oscilan entre 0 hasta más del 60%.

Desde el punto de vista Orográfico en ella se diferencian dos zonas: el 55% de la superficie se encuentra entre 2000 a 3000 m.s.n.m., y el restante por encima de los 3000, sector donde está emplazado este proyecto.

Los principales afluentes en la zona son quebradas pequeñas que depositan su caudal al Río Achuma y esta a su vez al Río Tumusla, que se une con el Río Pilaya.

Existe tres cuencas que se presentan en el municipio de Villa Abecia las cuales son: la cuenca del Tumusla la cual se encuentra al Norte de la zona de proyecto, la cuenca del San Juan del Oro, la cual se encuentran al Sur de la zona de proyecto y la cuenca de Camblaya - Pilaya.

1.1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

EL PROBLEMA O NECESIDAD QUE SE PRETENDE RESOLVER CON EL PROYECTO

¿Cómo solucionar la problemática de las comunidades de estas zonas productoras agrícolas y ganaderas (Achuma – Paso Tupiza), si se lo puede hacer mediante la apertura de un Camino Vecinal?*

¿Cómo garantizar que su potencial sea aprovechado y cómo mejorar la forma de vida anticuada, con pocos adelantos tecnológicos (deficiencia en servicios básicos y comunicación)?

¿El proyecto mejorará la comunicación e integración, comercialización así como la calidad de vida, evitando la migración, optimizando la agricultura y la ganadería?

1.2 JUSTIFICACIÓN O RELEVANCIA PRÁCTICA DEL PROYECTO

Para integrar comunidades de estos dos Departamentos hermanos y la falta de accesos a comunidades que se encuentran por este trayecto ya definido y el alto nivel de producción, obliga a proyectar caminos a sectores productivos y de esta manera ampliar el área agrícola y ganadera, para poder tener productos que puedan satisfacer las demandas de las poblaciones de la Provincia Sud Cinti, de la Provincia Nor Cinti y de poblaciones del Departamento de Potosí, generando de esta manera un crecimiento económico en las comunidades beneficiada por este proyecto, las que se caracterizan por tener buenas condiciones de cultivo y de crianza de ganado y por su vasta extensión de área de cultivo y de pastoreo para el ganado.

La apertura del Camino Achuma (El Morro) - Paso Tupiza tiene como nexo también la integración de las comunidades del Municipio de Villa Abecia y del Municipio de Cotagaita) mediante la apertura y mejoramiento de las vías de comunicación entre estas comunidades.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar el Diseño Apertura Camino y obras de arte El Morro – Paso Tupiza según normas y reglamentos vigentes de la Administradora Boliviana de Carreteras (A.B.C.) y obtener con el mismo la Titulación de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Definir una alternativa óptima de trazo del camino para evitar mayores daños a los terrenos de cultivo de la zona.

- Realizar el levantamiento topográfico con Estación Total para trabajar con datos más exactos en gabinete.
- Realizar el diseño geométrico del camino.
- Realizar el cálculo de la hidrología y diseño hidráulico de las obras de arte menor para proteger la plataforma, en especial en época de lluvias.
- Realizar un estudio geotécnico del suelo para determinar la capacidad portante del suelo en diferentes sectores del tramo a ser estudiado.
- Realizar Cómputos Métricos, Precios Unitarios, Presupuesto de Obras Civiles y General de la Obra para su construcción.

1.3.3 HIPOTESIS

- El problema más importante que se tiene que tiene esta zona del Municipio de Villa Abecia es la falta de accesos hacia las zonas de cultivo y ganadero, ya que esta zona tiene grandes extensiones de terreno que se pueden utilizar para el cultivo y para pastoreo de animales, pero al tener accesos a los mismos se podrá solucionar el dotación de alimentos naturales para el mercado de la provincia Sud Cinti y del mercado de Municipios vecinos.

El potencial existente en la zona que se tiene que solucionar es que con el desarrollo de este proyecto de podrá implementar tecnología para mejorar la vida de los comunarios de manera personal o por medio de proyectos sociales ; con la construcción de este camino se pueden realizar.

Con la realización de este proyecto se logrará también la integración a otras comunidades y a los centros urbanos logrando con el mismo la comercialización de los productos de la zona; también se podrá mejorar el estándar de vida de todos los comunarios (Salud, Educación, etc.), evitando la migración hacia las ciudades buscando trabajo. Con la dotación de vías de comunicación puedan tener mejores alternativas de poder sacar sus productos hacia los mercados de la Provincia, del Departamento y del País.

1.3.4 ALCANCE

El alcance del proyecto **“DISEÑO APERTURA CAMINO EL MORRO – PASO TUPIZA”** es de gran importancia tanto a nivel académico como social, ya que lo que se quiere demostrar es la aplicabilidad del aprendizaje que se da dentro de la universidad de forma práctica al momento de concluir toda la malla curricular de la carrera de Ingeniería Civil, como también en lo social ayudando a los habitantes de esta zona y del departamento vecino, ya que con este proyecto tendrán acceso a las tierras de cultivos y de producción por medio de un camino y de sus obras de arte menor para que este tenga funcionalidad durante los 365 días del año y por medio del proyecto mejoren los ingresos de las familias de la comunidad.

De la misma forma, se tomará muy en cuenta los factores ambientales realizando un análisis exhaustivo para utilizar la mejor alternativa que sea viable tanto técnica, presupuestaria y ambiental del proyecto.

Este proyecto es de mucha importancia para los habitantes de esta zona, ya que por medio del mismo podrán sacar sus productos a los mercados del departamento de Chuquisaca e integrar las comunidades del Departamento de Potosí.

1.4 Clasificación de Carreteras

En cada país del Continente Americano se normó todo lo relacionado al Diseño de Caminos y Carreteras de acuerdo a las características de estos, los cuales no tienen extremas diferencias. Para lo cual mostramos tres ejemplos de normas, que se identifican de acuerdo a la transitabilidad, geografía y otras características que son de gran importancia para este fin.

1.4.1 Clasificación de Carreteras Venezuela.

Se clasifican oficialmente según designación de troncal, local, ramal y subramal.

- **Las Carreteras Troncales:**

Son carreteras interestatales entre los centros poblados de mayor importancia del país. Contribuyen a la integración nacional, al desarrollo de la economía del país, y proveen conexión regional y comunicación internacional.

- **Las Carreteras Locales:**

Son de interés regional. Permite la comunicación entre poblada y vías de mayor importancia y reúnen en tránsito proveniente de ramal y subramal.

- **Los Ramales**

O caminos secundarios, intercomunican centros poblados de menor importancia y proveen el acceso de ésta a las carreteras principales. Cumplen una función de gran importancia en el sistema vial de país; la de alimentar y distribuir el tráfico que circula por las carreteras troncales.

- **Los Subramales:**

Proveen acceso a fundos y otras explotaciones.

- **Otras Clasificaciones:**

Carreteras Nacionales, estatales, de entidades agrícolas, particulares y de sistemas cooperativos; carretera de concreto, asfalto, granzón, tierra tratada y simplemente de tierra.

Tabla 1.4.1.1 Clasificación de Carreteras Venezuela

Clasificación de Carreteras Venezuela		Descripción
Nº	TIPO	
1	Las Carreteras Troncales	Carreteras Interestatales (Integración Nacional)
2	Las Carreteras Locales	Carreteras de Interés Regional.
3	Los Ramales	Caminos Secundarios, acceso a rutas principales
4	Los Subramales	Accesos a Fondos y otras Explotaciones
5	Otras Clasificaciones	De acuerdo a su uso y revestimiento

Fuente: *Elaboración Propia*

1.4.2 Clasificación de Carreteras México.

En México existe la SCT (Secretaria de Comunicaciones y Transportes) que clasifica los caminos de la siguiente forma:

Las carreteras de clasifican de 3 diferentes maneras

Tabla 1.4.2.1 Clasificación de Carreteras México

Clasificación de Carreteras México		
Nº	CLASIFICACION	SUB CLASIFICACION
1	Clasificación por transitabilidad	tercerías
		revestida
		pavimentado
2	Clasificación administrativa	federales
		estatales
		vecinales
		cuota
3	Clasificación técnica oficial	tipo especial
		tipo A
		tipo B
		tipo C

Fuente: *Elaboración Propia*

Transitabilidad: Tre

Administrativa: Fev... DC.

Técnica oficial: tipo especial, A, B, C.

T= Tercería

R= Revestimiento

P= Pavimento

F= Federal

E= Estatal

V= Vecinal

DC= de cuota.

1.4.2.1 Clasificación por transitabilidad.

Corresponde a las etapas de construcción de la carretera y se divide en:

- a) **tercerías:** cuando se ha construido la sección de proyectos hasta el nivel de subrasante; transitable en época de rocas.
- b) **revestida:** cuando en la subrasante se ha colocado una o varias capas de material granular y es transitable en todo tiempo.
- c) **pavimentado:** cuando sobre la subrasante se ha construido totalmente el pavimento.

1.4.2.2 Clasificación administrativa.

Por el aspecto administrativo las carreteras se clasifican en:

- 1) **federales:** cuando son costeadas por la federación y se encuentran por lo tanto a su cargo.
- 2) **estatales:** cuando son construidas por el sistema de cooperación al 50% aportado por el estado donde se construye y el otro 50% por la federación, estos caminos quedan a cargo de los estados a través de la "comisión estatal de caminos" en nuestro caso.
- 3) **vecinales:** cuando son construidas por la cooperación de vecinos beneficiados pagando una tercera parte de su valor, otra tercera la federación y el tercio restante el estado, su construcción y conservación se hace a través del estado (comisión estatal de caminos).
- 4) **cuota:** estas quedan a cargo de la dependencia descentralizada caminos y puentes federales de ingresos siendo la inversión recupera de a través de las "cuotas" de paso.

1.4.2.3 Clasificación técnica oficial:

Esta clasificación permite distinguir en forma precisa la categoría física del camino, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito sobre el camino.

1) tipo especial: para tránsito promedio diario anual superior a 3000 vehículos equivalentes a un tránsito horario máximo anual de 360 vehículos o más.

2) tipo A: para un tránsito promedio diario anual de 1500 a 3000 vehículos, equivalente a un tránsito horario anual de 180 vehículos a 360.

3) tipo B: para un tránsito promedio diario anual de 500 a 1500 vehículos equivalentes a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.

4) tipo C: para un tránsito promedio diario anual de 50 a 500 vehículos, equivalente a un tránsito horario máximo anual de 6 a 60 vehículos.

Tabla 1.4.2.2 Clasificación de los caminos en México (S C T)

Camino tipo	Especial	A	B	C	Brecha
T. P. D. A.	Mas de 3000	1500 – 3000	500 – 1500	50 – 500	Hasta 60
T. H. M. A.	Mas de 360	180 – 360	60 – 180	6 – 60	6

Fuente: *Elaboración Propia*

1.4.3 Clasificación de Carreteras Chile.

Este Capítulo fue reorganizado para adecuarlo a las realidades actuales, sean estas legales, administrativas o funcionales, muchas de las cuales no existían en 1983.

Tabla 1.4.3.1 Clasificación de Carreteras Chile

Clasificación de Carreteras Chile		
Nº	CLASIFICACIÓN	SUB CLASIFICACION
1	Clasificación Legal de los Caminos	CAMINOS NACIONALES
		CAMINOS REGIONALES
2	Clasificación Administrativa	CAMINOS NACIONALES
		CAMINOS REGIONALES PRIMARIOS
		CAMINOS REGIONALES SECUNDARIOS
		CAMINOS COMUNALES PRIMARIOS
		CAMINOS COMUNALES SECUNDARIOS
3	CARRETERAS	AUTOPISTAS
		AUTORRUTAS
		PRIMARIAS
	CAMINOS	COLECTORES
		LOCALES
		DE DESARROLLO

Fuente: *Elaboración Propia*

1.4.4 Clasificación de Carreteras Bolivia (Administradora Boliviana de Carreteras).

1.4.4.1 Niveles de servicio

Cuando el volumen de tránsito es del orden de aquel correspondiente a la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son malas, aún cuando el tránsito y el camino presenten características ideales. Estas condiciones de operación deficientes afectan a la totalidad de los usuarios y la continuidad del flujo es inestable, pudiendo en cualquier momento interrumpirse, pasando de un flujo máximo a un flujo cero, durante el período de detención. Cuando se pierde la situación de equilibrio límite, que implica operar a capacidad, y se suceden las interrupciones del flujo, se habla de un flujo forzado que corresponde a lo que el usuario describe como "trancadera". Es necesario, por lo tanto que el volumen de demanda sea menor que la capacidad de la carretera, para que ésta proporcione al usuario un nivel de servicio aceptable. La demanda máxima que permite un cierto nivel o calidad de servicio es lo que se define como Volumen de Servicio. La metodología desarrollada por el TRB define cuatro Niveles de Servicio (A, B, C y D) que permiten condiciones de operación superior a las antes descritas. Cuando la carretera opera a capacidad se habla de Nivel E y cuando se tiene flujo forzado se le denomina Nivel F. Cuantitativamente, los Niveles de Servicio se establecen a partir de la razón Intensidad/Capacidad (I/C) y el porcentaje de Tiempo Demorado, para las condiciones

prevalecientes en el caso de las carreteras bidireccionales. Dicho de otro modo, el límite inferior de un Nivel de Servicio queda definido por la intensidad máxima. Los niveles de servicio abarcan un rango en que intensidades menores que la intensidad de servicio permiten mejores condiciones de operación que las definidas para el nivel, pudiendo llegar a alcanzarse el nivel superior, caso contrario, pasarán a un nivel inferior.

a. Niveles de servicio en caminos bidireccionales

Las principales características de operación que se dan dentro del rango correspondiente a cada nivel de servicio para un Camino Bidireccional bajo condiciones ideales, son:

Nivel A: Representa la condición de flujo libre que se da con bajos volúmenes de demanda, permitiendo altas velocidades a elección del conductor. Debe ser posible que todo usuario que lo desee pueda desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 93 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,15 (420 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 30%.

Nivel B: Representa la condición de flujo estable. Los conductores aún pueden seleccionar sus velocidades con libertad razonable. Todo usuario que lo desee podrá desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 88 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,27 (750 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 45%.

Nivel C: Representa aun la condición de flujo estable, pero las velocidades y la maniobrabilidad están íntimamente controladas por los altos volúmenes de tránsito. La mayoría de los conductores no puede seleccionar su propia velocidad. La velocidad de operación posible debe ser igual o mayor que 83 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,43 (1200 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 60%.

Nivel D: Representa el principio del flujo inestable, con volúmenes del orden, aunque algo menores, que los correspondientes a la capacidad del camino. Las restricciones temporales al flujo pueden causar fuertes disminuciones de la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar, poca comodidad en el manejo, pero estas condiciones pueden tolerarse por cortos períodos de tiempo. La velocidad de operación fluctúa alrededor de 80 km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,64 (1.800 Veh/h) y el tiempo demorado no supera el 75%.

Nivel E: Representa la capacidad del camino o carretera y por lo tanto el volumen máximo absoluto que puede alcanzarse en la vía en estudio. El flujo es inestable, con velocidades de operación de orden de 72 km/h. El Nivel E representa una situación de equilibrio límite y no un rango de velocidades y volúmenes como en los niveles superiores. La razón I/C alcanza de valor 1,0 (2.800 Veh/h) y el tiempo demorado fluctúa entre 75 y 100%.

Nivel F: Describe el flujo forzado a bajas velocidades con volúmenes menores que la capacidad de la carretera. Estas condiciones se dan generalmente por la formación de largas filas de vehículos debido a alguna restricción en el camino. Las velocidades y las detenciones pueden ocurrir por cortos o largos períodos debido a la congestión en el camino. Las velocidades de operación son menores de 72 km/h.

Tabla 1.4.4.1 Sistema de Clasificación Funcional para Diseño

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN FUNCIONAL PARA DISEÑO

TIPO	NIVEL DE SERVICIO	CONDICION DE FLUJO	VELOCIDAD DE OPERACIÓN	I/C	TIEMPO DEMORADO
	-	-	Km./Hr.	-	%
Niveles de servicio en caminos bidireccionales	A	BAJO	> 93	0,15 (420 Veh/h)	< 30
	B	ESTABLE	=> 88	0,27 (750 Veh/h)	< 45
	C	ESTABLE	=> 83	0,43 (1200 Veh/h)	< 60
	D	INESTABLE	80	0,64 (1.800 Veh/h)	< 75
	E	INESTABLE	72	1,0 (2.800 Veh/h)	75 < X < 100
	F	MUY INESTABLE	< 72	> 1,00	< 72

Fuente: *Elaboración Propia*

b. Niveles de servicio en caminos y carreteras unidireccionales

Cabe destacar que la descripción cualitativa dada anteriormente es válida tanto para caminos de tránsito bidireccional como para los unidireccionales con o sin control de acceso; sin embargo, los rangos de velocidad de operación, la razón I/C y el tiempo demorado son válidos sólo para caminos con tránsito bidireccional, siendo mayores los asociados a cada nivel en caso de caminos unidireccionales con y sin control de acceso.

1.4.5 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN FUNCIONAL PARA DISEÑO

1.4.5.1 ASPECTOS GENERALES

La clasificación de carreteras y caminos, motivo de la presente sección está orientada específicamente al diseño. Sin embargo, en Bolivia existe una clasificación definida en el Decreto Supremo 25134 de 1998 que define el Sistema Nacional de Carretera. 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.

1.4.5.2 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

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 las velocidades de proyecto consideradas al interior de la categoría. Las V_p más altas corresponden a trazados en terrenos llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo entorno 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 o uno Franco o Fuerte.

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, ya sea subiendo o bajando. La planta está controlada por el relieve del terreno (Puntillas, Laderas de fuerte inclinación transversal, Quebradas profundas, etc.) y también por el desnivel a salvar, que en oportunidades puede obligar al uso de Curvas de Retorno. En consecuencia, el empleo de elementos de características mínimas será frecuente y obligado. En trazados por donde se atraviesan zonas urbanas o suburbanas, salvo casos particulares, no es el relieve del terreno el que condiciona el trazado, siendo el entorno de la ciudad, barrio industrial, uso de suelo, etc., el que los impone. Situaciones normalmente reguladas por el Plan Regulador y su Seccional correspondiente. La Tabla 1.3-1, que se presenta a continuación resume las características principales según categorías.

Tabla 1.4.5.2.1 CLASIFICACIÓN FUNCIONAL PARA DISEÑO DE CARRETERAS Y CAMINOS RURALES

CATEGORIA		SECCION TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)	CODIGO TIPO
		Nº CARRILES	Nº CALZADAS		
AUTOPISTA	(O)	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
AUTORUTA	(I.A)	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
PRIMARIO	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
		2 BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
COLECTOR	(II)	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
		2 BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
LOCAL	(III)	2 BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
DESARROLLO		2 BD	1	50 - 40 - 30*	D - xx

UD: Unidireccionales; BD: Bidireccionales.

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

En los proyectos de nuevos trazados, todas las carreteras o caminos con calzadas unidireccionales deben contar con un cantero central que separe físicamente las calzadas. Los anchos del cantero central se especifican en el Capítulo 3. El caso de Primarios y Colectores sin cantero central (N° de Calzadas (1)) sólo podrán darse en vías existentes diseñadas y construidas antes de la entrada en vigencia del presente Manual. La definición conceptual de las categorías se presenta en los siguientes Literales y un resumen integrado con la funcionalidad de la vía, en la Tabla 1.3-3.

a. Autopista (O)

Son carreteras nacionales diseñadas desde su concepción original para cumplir con las características y niveles de servicio que se describen a continuación. Normalmente su emplazamiento se sitúa en terrenos rurales donde antes no existían obras viales de alguna consideración, que impongan restricciones a la selección del trazado y pasando a distancias razonablemente alejadas del entorno suburbano que rodea las ciudades o poblados (circunvalaciones). Están destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, al que se asocian longitudes de viaje considerables; en consecuencia, deberán diseñarse para velocidades de desplazamiento elevadas, pero en definitiva compatibles con el tipo de terreno en que ellas se emplazan. Todo lo anterior debe lograrse asegurando altos estándares de seguridad y comodidad. La sección transversal estará compuesta por dos o tres carriles unidireccionales dispuestos en calzadas separadas por un cantero central de al menos 13 m de ancho si está previsto pasar de 2 carriles iniciales por calzada a 3 carriles futuros. En ese caso las estructuras deberán construirse desde el inicio para dar cabida a la sección final considerada. En ellas se autorizará sólo la circulación de vehículos motorizados especialmente diseñados para el transporte de pasajeros y carga, quedando expresamente prohibido el tránsito de maquinaria autopropulsada (Agrícola, de Construcción, etc.) Las velocidades de proyecto, según el tipo de emplazamiento son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 120 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte 100 km/h
- Terreno Montañoso 80 km/h

Para poder desarrollar las velocidades indicadas bajo condiciones de seguridad

aceptables las autopistas deberán contar con Control Total de Acceso a todo lo largo del trazado, respecto de los vehículos, peatones y animales que se encuentren fuera de la faja del derecho de vía. El distanciamiento entre enlaces consecutivos deberá ser mayor o igual a 5,0 Km., medidos entre los extremos de los carriles de cambio de velocidad de ambos enlaces, o se considerará el diseño de accesos direccionales aislados.

b. Autorrutas (I.A)

Son carreteras nacionales existentes a las que se les ha construido o se le construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de la carretera. Están destinadas principalmente al tránsito de paso, de larga distancia, pero en muchos subtramos sirven igualmente al tránsito interurbano entre localidades próximas entre sí. Podrán circular por ellas toda clase de vehículos motorizados incluso aquellos que para hacerlo deban contar con una autorización especial, y que no estén expresamente prohibidos o cuyo tipo de rodado pueda deteriorar la calzada. La sección transversal deberá contar con al menos dos carriles unidireccionales por calzada debiendo existir un cantero central entre ambas. Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Fuerte 100 y 90 km/h.
- Terreno Montañoso 80 km/h.

Las Autorrutas deberán contar con Control Total de Acceso respecto del acceso o salida de vehículos a ella; preferentemente se dará también control de acceso respecto de los peatones y animales a todo lo largo de la ruta, previéndose obligatorio este tipo de control de acceso en las zonas de enlaces, pasarelas y zonas adyacentes a poblados, con longitudes suficientes como para forzar a los peatones a usar los dispositivos especialmente dispuestos para su cruce. (Ver Tópico 1.2.5). El distanciamiento entre Enlaces sucesivos lo regulará la Administradora Boliviana de Carreteras según las circunstancias particulares de cada emplazamiento; en todo caso resulta conveniente que el espacio libre entre extremos de carriles de cambio de velocidad de enlaces sucesivos no sea menor que 3,0 Km.

c. Carreteras primarias (I.B)

Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia, pero que sirven también un porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas densamente pobladas. La sección transversal puede estar constituida por carriles unidireccionales separadas por un cantero central que al menos dé cabida a una barrera física entre ambas calzadas más 1,0 m libre desde ésta al borde interior de los carriles adyacentes, pero por lo general se tratará de una calzada con dos carriles para tránsito bidireccional. Las Velocidades de Proyecto consideradas son las mismas que para las Autorrutas, de modo que en el futuro mediante un cambio de estándar puedan adquirir las características de Autorruta:

Terreno Llano y Ondulado Fuerte Terreno Montañoso

- Calzadas Unidireccionales 100 – 90 km/h 80 km/h
- Calzadas Bidireccionales 100 – 90 km/h 80 km/h

Las Carreteras Primarias deberán contar con un Control Parcial de Acceso, entendiéndose por tal, aquel en que se disponga de enlaces desnivelados toda vez que ellos se hagan necesarios por condiciones de seguridad y capacidad derivadas del volumen de tránsito que presenta la vía secundaria (Colector o Local). Los cruces con líneas férreas deberán ser considerados de acuerdo a la topografía. El resto de los cruces con otros caminos deberán contar con intersecciones canalizadas, provistas de carriles de cambio de velocidad.

d. Caminos colectores (II)

Son caminos que sirven de tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo. El servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante tiene una importancia similar. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados. En zonas densamente pobladas se deberán habilitar carriles auxiliares destinados a la construcción de ciclovías. Su sección transversal normalmente, es de dos carriles bidireccionales, pudiendo llegar a tener calzadas unidireccionales. Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 80 km/h.
- Terreno Ondulado Fuerte 70 km/h.
- Terreno Montañoso 60 km/h.

Normalmente este tipo de caminos poseerá pavimento superior, o dentro del horizonte de proyecto será dotado de él, consecuentemente la selección de la Velocidad de Proyecto debe ser estudiada detenidamente. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados y vehículos a tracción animal que cuenten con los dispositivos reglamentarios señalados en la Ordenanza del Tránsito. En zonas densamente pobladas se construirán carriles auxiliares en los que se habilitarán Ciclovías.

e. Caminos locales (III)

Son caminos que se conectan a los Caminos Colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente. Son pertinentes las Ciclovías. La sección transversal prevista consulta dos carriles bidireccionales de las dimensiones especificadas y las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 70 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte 60 km/h
- Terreno Montañoso 50 y 40 km/h

f. Caminos de desarrollo

Para 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; de hecho, 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 10 km/hr y la de dos camiones, estando uno de ellos detenido. Las velocidades referenciales de proyecto son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 50 y 40 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte a Montañoso 30 km/h

1.4.5.3 CARACTERÍSTICAS SEGÚN CATEGORÍA

Presentamos una síntesis de las características asociadas a cada categoría, de acuerdo con los criterios expuestos. Esta tabla debe ser considerada como una ayuda memoria teniendo especial cuidado de ponderar adecuadamente los factores humanos, económicos, estéticos y ambientales que no están mencionados en ella. Los rangos de tránsito que se señalan son sólo indicativos ya que condiciones topográficas particulares, o el porcentaje de vehículos pesados en el VHD o decisiones adoptadas por la Autoridad, pueden crear situaciones no consideradas.

Tabla 1.4.5.3.1 Clasificación de Carreteras Bolivia (Administradora Boliviana de Carreteras)

		CARRETERAS			CAMINOS		
CATEGORIA		AUTOPISTAS	AUTORRUTAS	PRIMARIOS	COLECTORES	LOCAL	DESARROLLO
VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)		120 - 100 - 80	100 - 90 - 80	100 - 90 - 80	80 - 70 - 60	70 - 60 - 50 - 40	50 - 40 - 30
TIPO DE TERRENO		LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M
PISTAS DE TRANSITO		UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES O (UNIDIRECCIONALES)	BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES
FUNCION	Servicio al Tránsito de paso	Prioridad absoluta	Prioridad absoluta	Consideración principal	Continuidad de tránsito y acceso a la propiedad de similar importancia	Continuidad de tránsito consideración secundaria	
	Servicio a la propiedad adyacente	Control total de acceso	Control total de acceso vehiculos	Control parcial de acceso		Consideración primaria	
CONEXIONES	Se conecta con	Autopistas Autorrutas Primarios (Colectores)	Autopistas, Autorrutas Primarios Colectores	Autopistas, Autorrutas Prim. y Colectores (Locales)	Todos	(Primarios) Colectores, Locales Desarrollo	Colectores Locales Desarrollo
	Tipo de conexión	Enlaces	Enlaces Accesos direccionales	Enlaces Intersecciones (Acc. Directo)	Todos	(Intersección) Acceso Directo	Acceso Directo
CALIDAD SERVICIO	Nivel de Servicio (1) Años Iniciales Año Horizonte	A, B C	B (2) C, (D)	B C, (D)	C (2) (D)	No Aplicable	
	Tipo de Flujo	Libre Estable	Libre (Prox. Inestab)	Estable (Libre) (Prox. Inestab.)	Estable con restricción (Próximo Inestable)	Restringido por movimientos hacia y desde la propiedad	
	Veloc. Operación (1) (3) Según demanda rango probable	115 - 95 km/h	95 - 90 km/h	95 - 85 km/h	80 - 70 km/h	70 - 60 km/h	50 - 25 km/h
TRANSITO	Volumenes Tipicos de tránsito al año inicial TPDA	UD > 10.000 confirmar fact. económica	UD > 5.000	BD > 1500 UD > 3000	BD > 500 UD: Caso especial	Tránsito y composición variable según tipo de actividad: Agrícola, Minera, Turística	
	Tipo de vehiculo	Sólo vehic. diseñados para circular normalmente en carreteras	Vehiculos motorizados y autorizaciones especiales	Vehiculos motorizados y autorizaciones especiales	Todo tipo de vehiculos	Vehiculo liviano y camiones medianos	

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

(1) Considera Trazado Llano y Ondulado; Trazado Montañoso constituye caso particular (Vop = Velocidad Operación usuario medio ~ V 50%) (Definición LL - O - M Ver 1.3.2)

(2) Las Velocidades de Proyecto limitan la posibilidad de niveles mejores aún con baja demanda.

(3): EL RANGO DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN SE DA A TITULO INDICATIVO PARA FLUJOS LIBRE - ESTABLE.

BD : Tránsito Bidireccional, total ambos sentidos.

UD: Tránsito Unidireccional, total ambos sentidos.

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO.

2.1.1 Introducción.

Encaramos la planificación inicial de los trabajos de topografía, tomando como base lo establecido en las normas de la ABC y conocimientos obtenidos dentro de la carrera; esto es, la revisión de los trabajos realizados en este contexto, debiendo ejecutar el diseño de la vía.

Es así, que con un trabajo planificado, realizamos el levantamiento topográfico de este tramo, para tener una información adecuada del terreno, para proceder con el diseño de la vía.

El levantamiento topográfico se llevó a cabo sin ningún contratiempo; todos los datos obtenidos del levantamiento fueron realizados con Estación Total para tener mayor precisión en los datos en los que se está trabando.

Mediante el levantamiento y el recorrido del tramo se pudieron identificar los puntos donde se ubicarán las diferentes obras de arte.

2.1.2 Definición de Topografía.

Es la ciencia que estudia mediante métodos e instrumentos necesarios para representar el terreno con todos sus detalles naturales o artificiales.

2.1.3 Medición de coordenadas tridimensionales (Planimetría y Altimetría).

Para hallar las coordenadas de un punto, la medición del punto debe basarse en los valores de configuración de la estación del instrumento y de la estación de referencia.

Los valores de las coordenadas del punto se calculan con las siguientes fórmulas.

$$\text{Coordenada N1} = \text{N0} + \text{S} \times \text{senZ} \times \text{cosAz}$$

$$\text{Coordenada E1} = \text{E0} + \text{S} \times \text{senZ} \times \text{senAz}$$

$$\text{Coordenada } Z_1 = Z_0 + S \times \cos Z + ih - fh$$

Donde:

N_0 : Coordenadas N del punto de estación.

S: Distancia geométrica.

ih: Altura del instrumento.

E_0 : Coordenadas E del punto de estación.

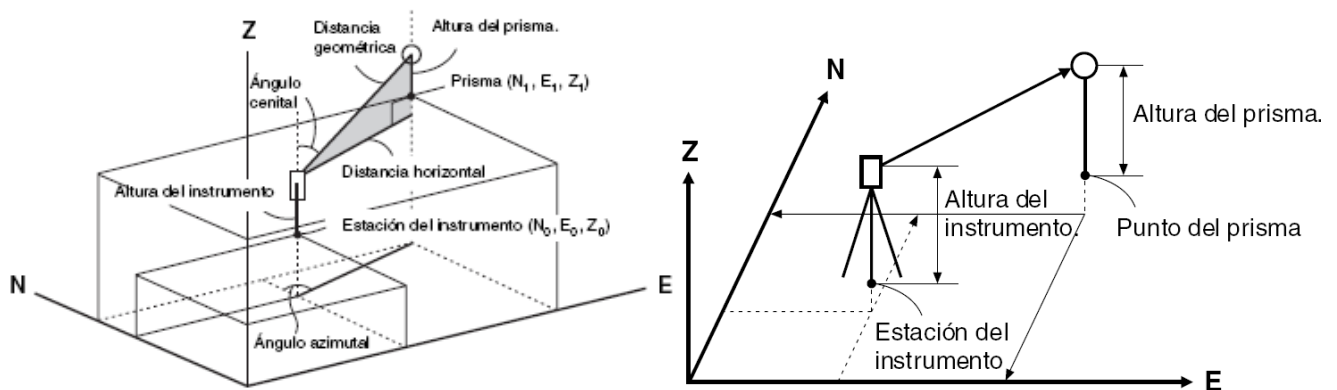
Z: Ángulo cenital.

fh: Altura del prisma.

Z_0 : Coordenada Z del punto de estación.

Az: Angulo de dirección.

Figura 2.1.3.1 Medición de coordenadas tridimensionales (Planimetría y Altimetría)



Fuente: Manual de Funcionamiento SET – 610 Sokkia.

Mediante la medición de coordenadas, se pueden obtener las coordenadas tridimensionales del prisma a partir de las coordenadas del punto de estación, la altura del instrumento, la altura del prisma y de los ángulos azimutales de la estación de referencia, previamente introducidos.

2.1.4 Detalle de Levantamiento.

El levantamiento topográfico se realizó con una Estación Total Sokkia Set-610 siguiendo los siguientes pasos:

1. Primeramente determinamos las coordenadas mediante un Navegador

Móvil (GPS) del lugar donde se inició el trabajo y del lugar donde se concluyó el mismo.

2. Luego, colocamos la Estación Total en la Estaca inicial donde programamos e introducimos las coordenadas iniciales (Norte, Este, Altura Sobre el Nivel del Mar).
3. Iniciamos el levantamiento topográfico determinado indicando un punto del Eje Aproximado del camino, con puntos a ambos lados de este hasta 50 metros para obtener detalles topográficos, los cuales son importantes a momento de generar las curvas de nivel para de realizar el diseño detallado y lo más exacto posible de camino.
4. Paralelamente al levantamiento topográfico de detalles por donde se determino hacer el camino, se va trazando la poligonal abierta del proyecto, determinando BM's, Puntos de Cambio y Puntos Auxiliares, los cuales están bien identificados en el terreno para cuando se necesite.
5. En los sectores donde se necesitaban más detalles se lo realizó, como en los pasos de quebradas, alcantarillas, para analizar y establecer qué tipo de obra se emplazará de acuerdo a sus características.
6. Luego de todo esto llevamos los datos de campo al gabinete para trabajar en el diseño de camino.

2.1.5 Características Topográficas de la Zona del Estudio.

La zona del proyecto tiene características de terreno montañoso con fuertes pendientes, ya que el trazo del proyecto se encuentra en las faldas del Cerro El Morro, de vegetación característica de la zona (Molles, Algarrobos, Churquis, etc.) y con terrenos ocupados por cultivos en sectores por debajo del trazo del camino, por lo que se dificultó poder tener más de una alternativa de diseño, por este motivo se tiene una alternativa única de diseño para evitar daños a las propiedades de cultivos.

2.2 ESTUDIO GEOTECNICO.

2.2.1 Introducción.

El presente estudio tiene como objetivo fundamental dar a conocer el resultado de las investigaciones referidas a los estudios geológico y geotécnico; además, está orientado a determinar la distribución cualitativa y cuantitativa de los materiales que forman el marco geológico y geotécnico de la subrasante natural del proyecto.

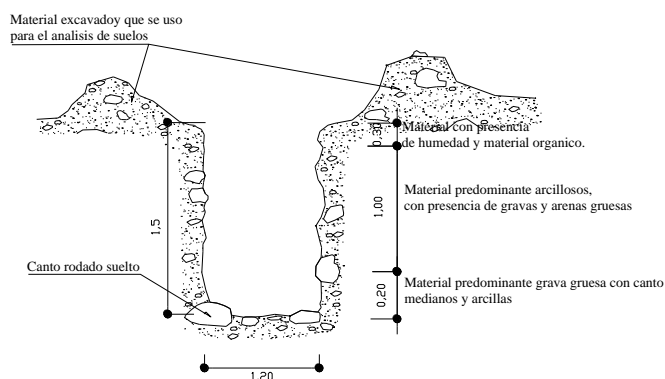
Por otra parte, se evalúa la calidad y cantidad de los materiales que constituyen los yacimientos o bancos de préstamo en zonas aledañas para una futura explotación racional, destinada al mejoramiento de las diferentes capas que constituyen el paquete estructural del camino como ser subrasante, subbase y base y agregados para la fabricación y construcción de obras de arte menor y mayor.

2.2.2 Extracción de Muestras.

El trabajo de la extracción de muestras se realizó en diferentes lugares por donde se realizo el levantamiento topográfico, para tener datos reales de los materiales predominantes en la zona, para poder hacer un análisis completo, tanto en el diseño como en el costo de la obra a ser ejecutada.

Por lo que a continuación mostramos e indicamos cómo se hizo la extracción de las muestras:

Figura 2.2.2.1 EXTRACCION DE MUESTRAS



Fuente: *Elaboración Propia.*

CAPITULO III

DISEÑO GEOMETRICO

3.1 Introducción.

Las carreteras y caminos son obras tridimensionales, cuyos elementos quedan definidos mediante las proyecciones sobre los planos ortogonales de referencia: Planta, Elevación y Sección Transversal.

El elemento básico para tal definición es el eje de la vía, cuyas proyecciones en planta y elevación definen la planta y el alineamiento vertical respectivamente.

Estos ejes en planta y elevación, deben cumplir con una serie de normas y recomendaciones de la Administradora Boliviana de Carreteras (A.B.C.). Estas pretenden conciliar la conveniencia económica de adaptarlos lo más posibles al terreno, con las exigencias técnicas requeridas para posibilitar desplazamientos seguros de un conjunto de vehículos a una cierta velocidad, definida genéricamente como Velocidad de Proyecto.

La elección y definición del conjunto de elementos de planta y elevación y de sus combinaciones, reguladas y normalizadas según una Instrucción de Diseño, constituye el trazado del eje y, por extensión de la carretera.

Siendo este proyecto categorizado como un camino en Desarrollo, por las características de viabilidad y características del terreno Montañoso

3.2 Parámetros de Diseño.

Los criterios a aplicar en los distintos casos se establecen mediante límites normativos y recomendaciones que se deberá respetar y en lo posible, dentro de límites económicos razonables, superar, para lograr un trazado que satisfaga las necesidades del tránsito y brinde la seguridad y calidad de servicio, que se pretende obtener de la carretera o camino, según sea la categoría.

El buen diseño no resulta de una aplicación mecánica de los límites normativos, que en general representan valores mínimos. Por el contrario, el diseño requiere buen juicio y

flexibilidad por parte del proyectista, para abordar con éxito la combinación de los elementos en planta y elevación, sin transgredir los límites normativos.

El trazado debe ser homogéneo, es decir, sectores de éste que inducen velocidades superiores a las de proyecto, no deben ser seguidos de otros en los que las características geométricas se reducen bruscamente a los mínimos correspondientes a dicha V_p . Las transiciones de una a otra situación, si ellas existen, deberán darse en longitudes suficientes como para ir reduciendo las características del trazado a lo largo de varios elementos, hasta llegar a los mínimos absolutos requeridos en un sector dado.

Eventualmente, una ruta puede requerir se definan tramos con distintas V_p , cuando la topografía o el uso de la tierra cambia significativamente y dicha situación se mantiene por más de 3 ó 4 km, casos en que se diseñarán cuidadosamente las transiciones y la señalización correspondiente.

En general, las Tablas normativas que resumen los valores mínimos absolutos para los diversos elementos se darán para el rango de Velocidades de Proyecto comprendido entre 30 y 120 km/h, variando cada 10 km/h, se incluyen valores variando cada 5 km/h y hasta 130 km/h, que se requieren en relación con las Velocidades Percentil 85 ($V_{85\%}$) y Velocidad Específica (V_e). En Caminos de Desarrollo con Velocidades de Proyecto menores o iguales que 40 km/h, sólo se indicarán valores normativos correspondientes a las variables principales, dando mayor libertad en el empleo de los valores asociados a las restricciones complementarias que dicen relación con la comodidad y percepción estética de la ruta.

3.3 Diseño Horizontal.

Primeramente, presentamos una síntesis de las características asociadas a cada categoría, al requerimiento y al tipo de terreno por donde se desea diseñar una vía.

Tabla 3.3.1 CARACTERISTICAS TÍPICAS DE LAS CARRETERAS Y CAMINOS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN FUNCIONAL (A.B.C.)

		CARRETERAS			CAMINOS		
CATEGORIA		AUTOPISTAS	AUTORRUTAS	PRIMARIOS	COLECTORES	LOCAL	DESARROLLO
VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)		120 - 100 - 80	100 - 90 - 80	100 - 90 - 80	80 - 70 - 60	70 - 60 - 50 - 40	50 - 40 - 30
TIPO DE TERRENO		LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M	LL - O - M
PISTAS DE TRANSITO		UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES O BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES O (UNIDIRECCIONALES)	BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES
FUNCION	Servicio al Tránsito de paso	Prioridad absoluta	Prioridad absoluta	Consideración principal	Continuidad de tránsito y acceso a la propiedad de similar importancia	Continuidad de tránsito consideración secundaria	
	Servicio a la propiedad adyacente	Control total de acceso	Control total de acceso vehículos	Control parcial de acceso		Consideración primaria	
CONEXIONES	Se conecta con	Autopistas Autorrutas Primarios (Colectores)	Autopistas, Autorrutas Primarios Colectores	Autopistas, Autorrutas Prim. y Colectores (Locales)	Todos	(Primarios) Colectores, Locales Desarrollo	Colectores Locales Desarrollo
	Tipo de conexión	Enlaces	Enlaces Accesos direccionales	Enlaces Intersecciones (Acc. Directo)	Todos	(Intersección) Acceso Directo	Acceso Directo
CALIDAD SERVICIO	Nivel de Servicio (1) Años Iniciales Año Horizontal	A, B C	B (2) C, (D)	B C, (D)	C (2) (D)	No Aplicable	
	Tipo de Flujo	Libre Estable	Libre (Prox. Inestab.)	Estable (Libre) (Prox. Inestab.)	Estable con restricción (Próximo Inestable)	Restringido por movimientos hacia y desde la propiedad	
	Veloc. Operación (1) (3) Según demanda rango probable	115 - 95 km/h	95 - 90 km/h	95 - 85 km/h	80 - 70 km/h	70 - 60 km/h	50 - 25 km/h
TRANSITO	Volumenes Típicos de tránsito al año inicial T.PDA	UD > 10.000 confirmar fact. económica	UD > 5.000	BD > 1500 UD > 3000	BD > 500 UD: Caso especial	Tránsito y composición variable según tipo de actividad: Agrícola, Minera, Turística	
	Tipo de vehículo	Sólo vehic. diseñados para circular normalmente en carreteras	Vehículos motorizados y autorizaciones especiales	Vehículos motorizados y autorizaciones especiales	Todo tipo de vehículos	Vehículo liviano y camiones medianos	

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 usuario medio ~ V 50%) (Definición LL - O - M Ver 1.3.2)

(2) Las Velocidades de Proyecto limitan la posibilidad de niveles mejores aún con baja demanda.

(3): EL RANGO DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN SE DA A TÍTULO INDICATIVO PARA FLUJOS LIBRE - ESTABLE.

BD : Tránsito Bidireccional, total ambos sentidos.

UD: Tránsito Unidireccional, total ambos sentidos.

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

Tabla 3.3.2 CLASIFICACIÓN FUNCIONAL PARA DISEÑO DE CARRETERAS Y CAMINOS RURALES

CATEGORIA		SECCIÓN TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (km/h)	CODIGO TIPO
		Nº CARRILES	Nº CALZADAS		
AUTOPISTA	(O)	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - xx
AUTORUTA	(I.A)	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - xx
PRIMARIO	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - xx
		2 BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - xx
COLECTOR	(II)	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - xx
		2 BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - xx
LOCAL	(III)	2 BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - xx
DESARROLLO		2 BD	1	50 - 40 - 30*	D - xx

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

Según la clasificación de la Administradora Boliviana de Carreteras (A.B.C.), este proyecto está considerado como un Camino en Desarrollo de terreno Ondulado Fuerte a Montañoso, por lo que adoptamos una **Velocidad de Diseño Vd. = 30 Km/hr.**

3.4 TRAZADO EN PLANTA

Las principales consideraciones que controlan el diseño del alineamiento horizontal son:

- Categoría de la Ruta.
- Topografía del Área.
- Velocidad de Proyecto.
- V85 % para diseñar las Curvas Horizontales.
- V* para verificar Visibilidad de Frenado.
- Coordinación con el Alineamiento Vertical.
- Costo de Construcción, Operación y Mantenición.

3.4.1 Caminos de desarrollo

Para 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 aún cuando las velocidades sean reducidas; de hecho, 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 10 km/hr y la de dos camiones, estando uno de ellos detenido, según se indica en el Capítulo 3. Las velocidades referenciales de proyecto son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio: 50 y 40 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte a Montañoso: 30 km/h

Para nuestro proyecto, el terreno está dentro de Ondulado Fuerte y adoptamos una Velocidad de Proyecto (**Vp**) de:

$$\mathbf{Vp = 30 \text{ km/hr.}}$$

También definimos que nuestra vía será bidireccional ($n = 2$ carriles) de un ancho de 6,00 m. (de 3,00 m. cada carril), con una berma exterior de 0.5 m. y sobreecho de 0.5 m.

3.5 ALINEAMIENTO RECTO

3.5.1 Longitudes máximas en recta

Se procurará evitarán longitudes en recta superiores a:

$$L_r (m) = 20 V_p (km/h)$$

L_r = Largo en m de la Alineación Recta.

V_p = Velocidad de Proyecto de la Carretera.

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 longitud comprendida entre $8V_p$ y $10V_p$, enlazadas por curvas cuya V_e sea mayor o igual que la V_{85} , cubren adecuadamente esta necesidad.

Si el trazado se desarrolla en terreno ondulado fuerte o francamente montañosos (V_p 40 a 60 km/h) la reducción puede alcanzar a 10 km/h con un límite de $V_{85\%} = V_p$.

3.5.2 Longitudes mínimas en recta

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

a. Curvas en S

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

b) En las recuperaciones o cambios de estándar, si lo expuesto en el Acápite i no es posible, se podrán aceptar tramos rectos intermedios de una longitud no mayor que:

$$L_{rs \text{ máx}} = 0,08 \cdot (A_1 + A_2)$$

Siendo A_1 y A_2 los parámetros de las clotoides respectivas.

c) Tramos rectos intermedios de mayor longitud, deberán alcanzar o superar los mínimos que se señalan en la Tabla 3.5.2-a, los que responden a una mejor definición

óptica del conjunto que ya no opera como una curva en S propiamente tal, y están dados por $L_r \text{ mín} = 1,4 \cdot V_p$.

Tabla 3.5.2-a LR MÍN ENTRE CURVAS DE DISTINTO SENTIDO - CONDICIÓN C)

Vp (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Lr (m)	56	70	84	98	112	126	140	154	168

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

Vp (km/hr.)	Lr mín = 1,4 x Vp
30	42.00

b. Tramo recto entre curvas en el mismo sentido

Por condiciones de guiado óptico es necesario evitar las rectas excesivamente cortas entre curvas en el mismo sentido, en especial en Terreno Llano y Ondulado Suave con velocidades de proyecto medias y altas.

La Tabla 3.5.2-b entrega los valores deseables y mínimos según tipo de terreno y Vp.

Tabla 3.5.2-b LR MÍN ENTRE CURVAS DEL MISMO SENTIDO

Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno Llano y Ondulado	-	110/55	140/70	170/85	195/98	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno Montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90				

Los valores indicados corresponden a Deseables y Mínimos.

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

Para longitudes de la recta intermedia menores o iguales que los mínimos deseables, se mantendrá en la recta un peralte mínimo igual al bombeo que le corresponde a la carretera o camino (2; 2,5 ó 3%).

3.6 CURVAS CIRCULARES

3.6.1 Elementos de la curva circular

En la Figura 2.3-1 se ilustran los diversos elementos asociados a una curva circular. La simbología normalizada que se define a continuación deberá ser respetada por el proyectista.

Las medidas angulares se expresan en grados centesimales (g).

V_n: Vértice; punto de intersección de dos alineaciones consecutivas del trazado.

α: Angulo 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: Angulo de Deflexión entre ambas alineaciones, que se repite como ángulo del centro subtendido por el arco circular.

R: Radio de Curvatura del arco de círculo (m).

T: Tangentes, distancias iguales entre el vértice y los puntos de tangencia del arco de círculo con las alineaciones de entrada y salida (m). Determinan el principio de curva PC y fin de curva FC.

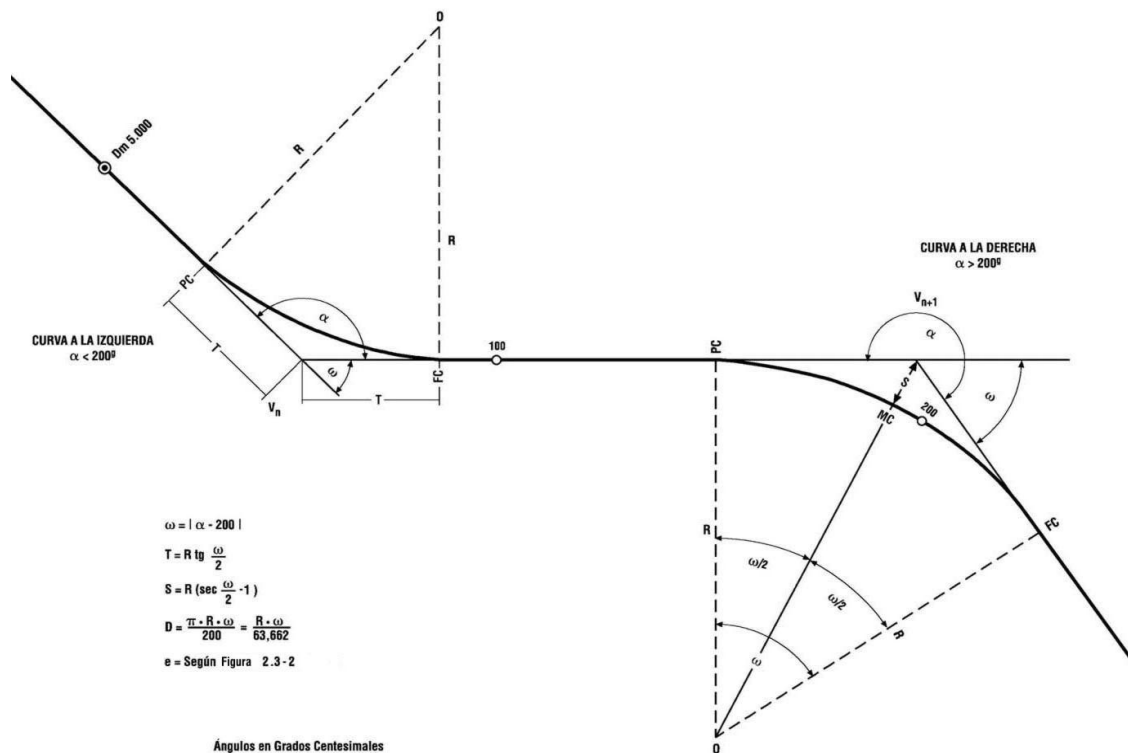
S: Bisectriz; distancia desde el vértice al punto medio, MC, del arco de círculo (m)

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

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

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

Figura 3.6.1.1 Elementos de la Curva Circular



Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

3.6.2 Radios mínimos absolutos

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

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

Donde:

R_{\min} : Radio Mínimo Absoluto (m)

V_p : Velocidad 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 .

3.7 VALORES MÁXIMOS PARA EL PERALTE Y LA FRICCIÓN TRANSVERSAL

Tabla 3.7.1 Valores Máximos para el Peralte y la Fricción Transversal

	e_{\max}	f
Caminos V_p 30 a 80 km/h	7%	$0,265 - V/602,4$
Carreteras V_p 80 a 120 km/h	8%	$0,193 - V/1134$

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

Reemplazando $V_p = 40$ km/hr. Obtenemos un Valor de f :

$$f_{\max} = 0,265 - V_d/602.4$$

$$f_{\max} = 0,265 - 30/602.4$$

$$f_{\max} = 0.2152$$

3.8 RADIO MÍNIMOS ABSOLUTOS EN CURVAS HORIZONTALES

Tabla 3.8.1 Radio Mínimos Absolutos en Curvas Horizontales

Caminos Colectores – Locales – Desarrollo			
Vp	emáx	f	Rmín
km/h	(%)		(m)
30	7	0,215	25
40	7	0,198	50
50	7	0,182	80
60	7	0,165	120
70	7	0,149	180
80	7	0,132	250
Carreteras – Autopistas Autorrutas – Primarios			
80	8	0,122	250
90	8	0,114	330
100	8	0,105	425
110	8	0,096	540
120	8	0,087	700

Fuente: *Manual de Carreteras A.B.C.*

Para una **Vp = 30 km/hr.** Obtenemos el valor del Radio Mínimo Absoluto de Diseño:

Vp.	emax	f	Rmin(Absoluto)
Km/hr.	%	-	(m.)
30	7	0.2152	25.00

3.9 ARCOS DE ENLACE O TRANSICIÓN

Aspectos generales

La incorporación de elementos de curvatura variable con el desarrollo, entre recta y curva circular o entre dos curvas circulares, se hace necesaria en carreteras y caminos por razones de seguridad, comodidad y estética.

El uso de estos elementos permite que un vehículo circulando a la Velocidad Específica correspondiente a la curva circular, se mantenga en el centro de su carril. Esto no ocurre, por lo general, al enlazar directamente una recta con una curva circular, ya que en tales casos el conductor adopta instintivamente una trayectoria de curvatura variable

que lo aparta del centro de su carril e incluso lo puede hacer invadir la adyacente, con el peligro que ello implica.

3.9.1 Elementos del conjunto arco de enlace curva circular

La introducción de un arco de enlace implica el desplazamiento del centro de la curva original en una magnitud que es función del retranqueo ΔR y del ángulo de deflexión de las alineaciones. El radio de la curva circular permanece constante y el desarrollo de ésta es parcialmente reemplazado por secciones de las clotoides de enlace.

La Figura 3.9.1, ilustra los conceptos antes mencionados y permite establecer las relaciones necesarias para el replanteo.

Sea:

R(m): Radio de la Curva circular que se desea enlazar.

d(m): Desplazamiento del centro de la curva circular original (C'), a lo largo de la bisectriz del ángulo interior formado por las alineaciones, hasta (C), nueva posición del centro de la curva circular retranqueada de radio R ; válido para clotoides simétricas. En clotoides asimétricas (C) se desplaza fuera de la bisectriz y tiene coordenadas X_{c1} , Y_{c1} determinadas con el parámetro $A1$ y usando la expresión para $OV1$ del caso asimétrico.

$\Delta R(m)$: Retranqueo o desplazamiento de la curva circular enlazada, medido sobre la normal a la alineación considerada, que pasa por el centro de la circunferencia retranqueada de radio R .

X_p ; $Y_p(m)$: Coordenadas de "P", punto de tangencia de la clotoide con la curva circular enlazada, en que ambas poseen un radio común R ; referidas a la alineación considerada y a la normal a ésta en el punto "o", que define el origen de la clotoide y al que corresponde radio infinitivo.

X_c ; $Y_c(m)$: Coordenadas del centro de la curva circular retranqueada, referidas al sistema anteriormente descrito.

$\tau_p(g)$: Ángulo comprendido entre la alineación considerada y la tangente en el punto P común a ambas curvas. Mide la desviación máxima de la clotoide respecto de la alineación.

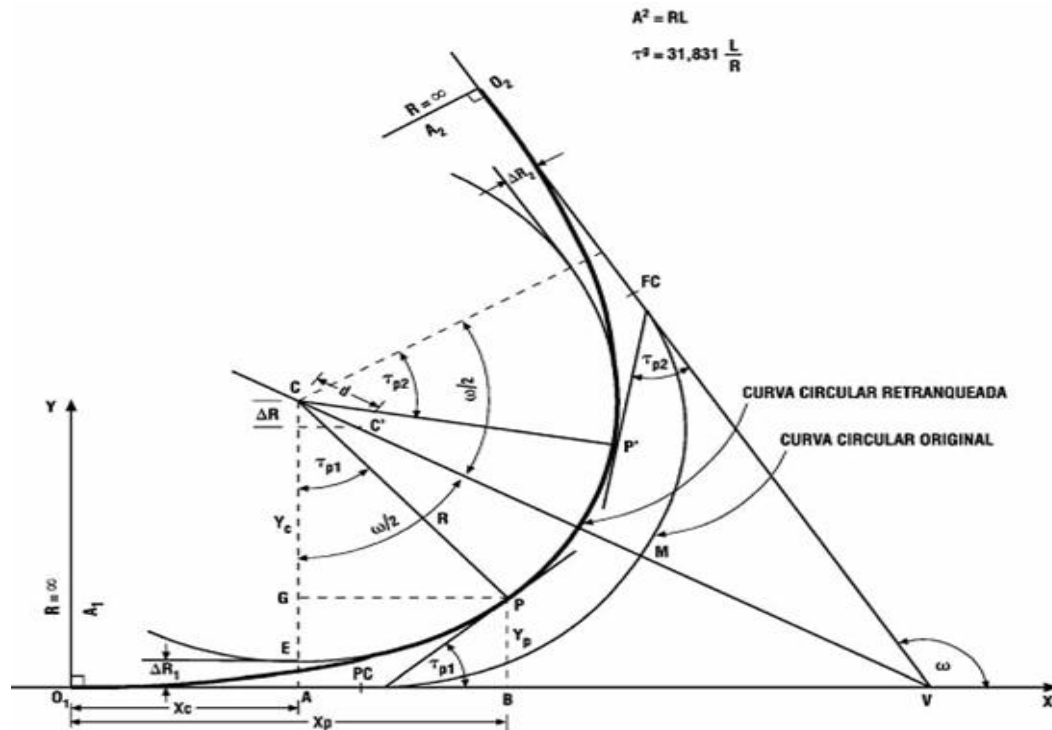
$\omega(g)$: Deflexión angular entre las alineaciones consideradas.

$OV(m)$: Distancia desde el vértice al origen de la clotoide, medida a lo largo de la

alineación considerada.

Dc(m): Desarrollo de la curva circular retranqueada entre los puntos PP'

La Figura 3.9.1 Elementos del Conjunto Arco de Enlace Curva Circular



Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

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

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

Se emplearán arcos de enlace o transición en todo proyecto cuya \$V_p\$ sea mayor o igual que 30 km/h. En caminos con \$V_p \le 80\$ km/h sólo se podrá prescindir de los arcos de enlace para radios \$\ge 1500\$ m. En carreteras con \$V_p \ge 80\$ km/h sólo se podrá prescindir de los arcos de enlace para radios \$\ge 3000\$ m.

3.9.2 Ecuaciones paramétricas

La clotoide es una curva de la familia de las espirales, cuya ecuación paramétrica está dada por:

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

$$\tau \text{ grados cent.} = 31,831 \cdot \frac{L}{R}$$

A = Parámetro (m).

R = Radio de curvatura en un punto (m).

L = Desarrollo (m). Desde el origen al punto de radio R.

TABLA 3.9.2-1 PARÁMETROS MÍNIMOS DE LA CLOTOIDE

Vp (km/h)	Rmín (m)	A mínimo	
		Bidireccionales	Unidireccionales
Caminos (e máx = 7%)			
40	50	29	-
50	80	37	-
60	120	48	68
70	180	60	83
80	250	83	117
Carreteras (e máx = 8%)			
80	250	89	125
90	330	110	144
100	425	142*	173
110	540	190*	195
120	700	-	234*

*Manda el criterio a) A > R/3

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

TABLA 3.9.2-2 LONGITUD DE ENLACE O TRANSICIÓN

Vp (Km/Hr.)	Rmín (m)	A (m)	L (m)	τ (°)
Para Camino Bidireccional en Desarrollo (e máx.= 7%)				
30	25	29	33.64	10.71
Para Camino Bidireccional en Desarrollo (e diseño.= 3.5%)				
30	30	25	20.83	22.10

Fuente: Elaboración Propia.

3.9.3 Desarrollo del sobre ancho

La longitud normal para desarrollar el sobree ancho será de 40 m. Si el arco de enlace es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m antes del principio de la curva circular. Si el arco de enlace es menor de 40 m el desarrollo del sobree ancho se ejecutará en la longitud de arco de enlace disponible.

El sobre ancho se generará m

ediante una variación lineal con el desarrollo:

$$e_n = (E/L) \cdot l_n$$

e_n : Ensanche hacia el interior de la curva correspondiente a un punto distante l_n metros desde el origen.

L : Longitud Total del desarrollo del sobre ancho, dentro de la curva de enlace. La ordenada "en" se medirá normal al eje de la calzada en el punto de abscisa " l_n " y el borde interior de la calzada distará del eje ($a + e_n$), siendo "a" el ancho normal de un carril en recta.

Tabla 3.9.3.1 ENSANCHE DE LA CALZADA E (M)
(PERMITE EL CRUCE DE 2 VEHÍCULOS DEL MISMO TIPO MANTENIENDO HUELGAS H1 Y H2)

TIPO DE VEHÍCULO (Lt en m)	PARÁMETRO DE CÁLCULO (m)	E (m)	e.int (m)	e.ext (m)	RADIOS LÍMITE (m)
CALZADA EN RECTA 7,0 m (n = 2) 0,5 m ≤ E ≤ 3,0 m E = e.int + e.ext h1 = 0,6 m h2 = 0,4 m					
Camión Unid. Simple Lt = 11,0*	Lo = 9,5	$(L_o^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	30 ≤ R ≤ 130
Bus Corriente Lt = 12,0					
Bus de Turismo Lt = 13,2*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(L_o^2/R) - 0,2$	0,65 E	0,35 E	35 ≤ R ≤ 160
Bus de Turismo Lt = 14,0*					
Semitrailer Lt = 16,4	L1 = 5,6 L2 = 10,0	$((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,20$	0,70 E	0,30 E	45 ≤ R ≤ 190
Semitrailer Lt = 18,6*	L1 = 5,6 L2 = 12,2				60 ≤ R ≤ 260
Semitrailer Lt = 22,4*	L1 = 5,6 L2 = 15,5				85 ≤ R ≤ 380

Si e.int calculado ≤ 0,35 m, se adopta e.ext = 0 y se da todo el ensanche E en e.int.

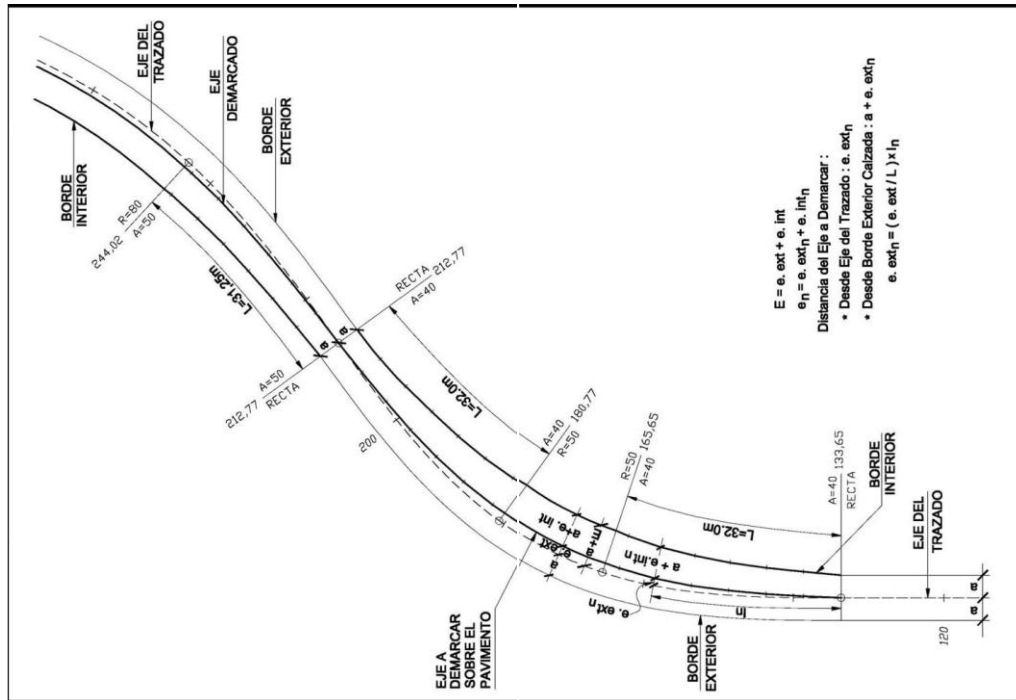
Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

Tabla 3.9.3.2 ENSANCHE DE LA CALZADA E (M)
VALORES OBTENIDOS DEL PROYECTO

Prog. PC	Prog. FC	Δ (Gr. -Min.-Seg.)	R (m.)	e int. (m.)	e ext. (m.)	e int. Adoptada (m.)	e ext. Adoptada (m.)
0+085.289	0+089.765	10-15-32	25,00	0.10	0,00	0,50	0,00
0+144.494	0+154.247	22-21-07	25,00	0.48	0,00	0,50	0,00
0+178.430	0+186.246	17-54-48	25,00	0,00	0.31	0,00	0,50
0+228.493	0+235.093	15-07-34	25,00	0,00	0.22	0,00	0,50
0+258.393	0+302.573	101-15-04	25,00	0.95	0,00	1,00	0,00
0+392.963	0+415.912	52-35-45	25,00	0.29	0,00	0,50	0,00
0+435.047	0+486.718	118-25-14	25,00	0,00	0.24	0,00	0,50
0+536.909	0+549.219	28-12-38	25,00	0.78	0,00	1,00	0,00
0+560.995	0+589.843	66-06-58	25,00	0,00	0.48	0,00	0,50
0+634.624	0+661.247	11-06-68	25,00	0,50	0.40	0,50	0,50
0+692.187	0+697.182	11-26-50	25,00	0,00	0.12	0,00	0,50
0+720.093	0+737.937	34-04-50	30,00	0.14	0,00	0,50	0,00

Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 3.9.3 TRANSICIÓN DEL SOBRECANCHO A LO LARGO DE LA CLOTOIDE DE ENLACE Y DEMARCACIÓN



Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

3.10 DISTANCIA DE FRENADO

En todo punto de una Carretera o Camino, 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, situado en el centro de dicho carril.

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 la rasante del eje de su carril de circulación.

La Distancia de Frenado sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la expresión:

$$Df = \frac{V \cdot t}{3,6} + \frac{V^2}{254(f_1 + i)}$$

D_f = Distancia de Frenado (m)

$V = V_p$ (Velocidad de Proyecto en Km/Hr.)

t = Tiempo de Percepción + Reacción (s)

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

Tabla 3.10 DISTANCIA MÍNIMA DE FRENADO EN HORIZONTAL "DF"
($DF = 0,555 V + 0,00394 V^2/R$)

V	t	f_1	dt	Df	Df (m)		V
km/h	s	-	m	m	dt+df	Adopt.	km/h
30	2	0,420	16,7	8,4	25,1	25	30
35	2					31	35
40	2	0,415	22,2	15,2	37,4	38	40
45	2					44	45
50	2	0,410	27,8	24,0	51,8	52	50
55	2					60	55
60	2	0,460	33,3	35,5	68,8	70	60
65	2					80	65
70	2	0,380	38,9	50,8	89,7	90	70
75	2					102	75
80	2	0,360	44,4	70,0	114,4	115	80
85	2					130	85
90	2	0,340	50,0	93,9	143,8	145	90
95	2					166	95
100	2	0,330	55,5	119,4	174,9	175	100
105	2					192	105
110	2	0,320	61,1	149,0	210,0	210	110
115	2					230	115
120	2	0,310	66,6	183,0	249,6	250	120
125	2					275	125
130	2	0,295	72,2	225,7	297,9	300	130

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

3.11 DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO

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

Tabla 3.11 DISTANCIA MÍNIMA DE ADELANTAMIENTO

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

Ver efecto de las pendientes

Fuente: *Manual de Carreteras A.B.C.*

3.11.1 Efecto de las pendientes sobre la distancia de adelantamiento

En pendientes > 6,0%

Usar D_a correspondiente a $V_p + 10$ km/h

3.12 TRAZADO EN ALINEAMIENTO VERTICAL

El trazado en el alineamiento vertical está controlado principalmente por la:

- Categoría del Camino.
- Topografía del Área.
- Trazado en Horizontal y Velocidad V^* correspondiente.
- Distancias de Visibilidad.
- Drenaje.
- Valores Estéticos y Ambientales.
- Costos de Construcción.

3.13 UBICACIÓN DE LA RASANTE RESPECTO DEL PERFIL TRANSVERSAL

La superficie vertical que contiene la rasante coincidirá con el eje en planta de la carretera o camino.

3.13.1 PENDIENTES MÁXIMAS ADMISIBLES %

La Tabla siguiente establece las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino.

Tabla 3.13.1-1 PENDIENTE MAXIMAS ADMISIBLES

CATEGORIA	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

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

Tabla 3.13.1-2 CAMINO DE ALTA MONTAÑA PENDIENTES MÁXIMAS %
SEGÚN ALTURA S.N.M.

ALTURA S.N.M	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)					
	30	40	50	60	70	80 ⁽¹⁾
2.500 - 3.000 m	9	8	8	7	7	7/5 ⁽¹⁾
3.100 - 3.500 m	8	7	7	6.5	6.5	6/5
Sobre 3.500 m	7	7	7	6	6	5/4.5

(1) Valor máx Caminos/Valor máx Carreteras

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

3.13.2 Pendientes mínimas

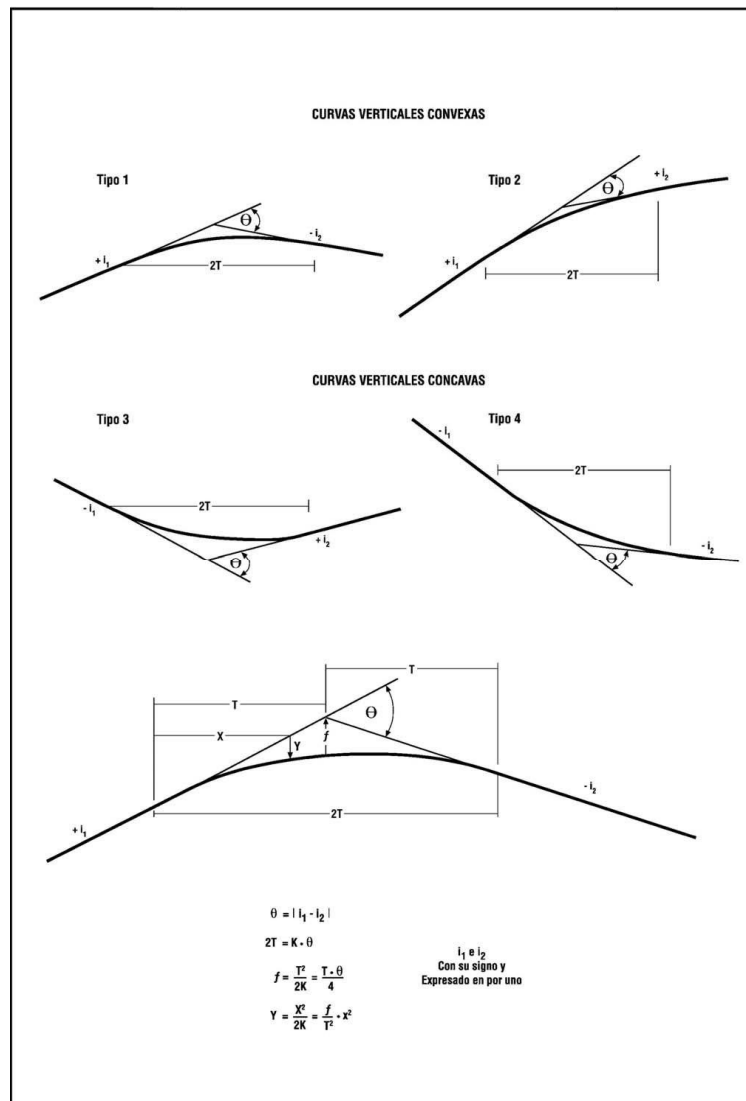
Es deseable proveer una pendiente longitudinal mínima del orden de **0,5%** a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales. Se distinguirán los siguientes casos particulares:

- Si la calzada posee un bombeo o inclinación transversal de 2% y no existen soleras o cunetas, se podrá excepcionalmente aceptar sectores con pendientes

longitudinales de hasta 0,2%. Si el bombeo es de 2,5% excepcionalmente se podrán aceptar pendientes longitudinales iguales a cero.

- Si al borde del pavimento existen soleras la pendiente longitudinal mínima deseable será de 0,5% 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 0,5% y en lo posible mayor.
- Si los casos analizados precedentemente se dan en cortes, el diseño de las pendientes de las cunetas deberá permitir una rápida evacuación de las aguas, pudiendo ser necesario revestirlas para facilitar el escurrimiento.

Grafica 3.13.2 ELEMENTOS DE LA CURVA VERTICAL



Fuente: *Manual de Carreteras A.B.C.*

3.14 ENLACES DE RASANTES

3.14.1 Curvas verticales de enlace

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

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

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

Toda vez que la deflexión θ es igual o mayor que $0,5\% = 0,005$ m/m, se deberá proyectar una curva vertical para enlazar las rasantes. Bajo esta magnitud se podrá prescindir de la curva de enlace ya que la discontinuidad es imperceptible para el usuario.

La curva a utilizar en el enlace de rasantes será una parábola de segundo grado, que se caracteriza por presentar una variación constante de la tangente a lo largo del desarrollo, además de permitir una serie de simplificaciones en sus relaciones geométricas, que la hacen muy práctica para el cálculo y replanteo.

3.14.2 Parámetros mínimos por visibilidad de frenado

3.14.3 Curvas verticales convexas: Se considera 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. El parámetro queda dado por:

$$K_v = Df^2 / 4,48$$

Donde:

K_v = Parámetro Curva Vertical Convexa (m).

Df = Distancia de Frenado $f(V_p)$ (m).

3.14.4 Curvas verticales cóncavas: Se considera la distancia de frenado nocturna sobre un obstáculo fijo que debe quedar dentro de la zona iluminada por los faros del vehículo. El parámetro queda dado por:

$$Kc = Df^2 / (1,2 + 0,035 Df)$$

Donde:

Kc = Parámetro Curva Vertical Cóncava (m).

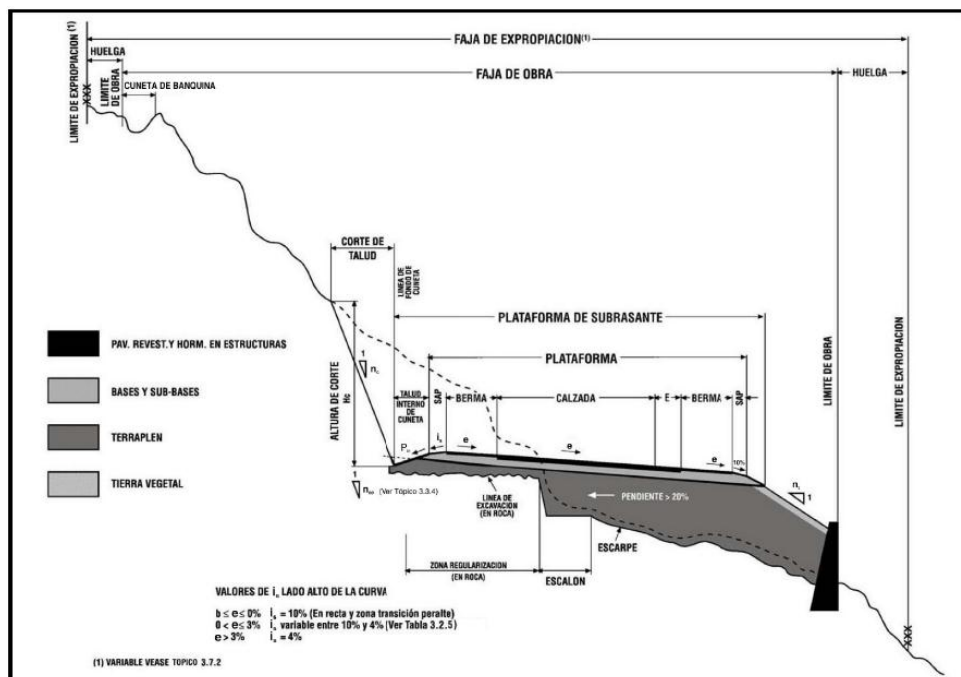
Df = Distancia de Frenado $f(Vp)$ (m). (Se considera que de noche los usuarios no superan Vp).

Con los valores de Kv o Kc según sea la condición del terreno se determinan os elementos de la curva vertical.

3.15 LA 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 de la carretera.

Grafico 3.15 SECCIÓN TIPO CAMINO BIDIRECCIONAL



Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

3.15.1 LA PLATAFORMA

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

El ancho de la plataforma será entonces la suma de los anchos de sus elementos constitutivos, cuyas características se definen en esta sección.

Casos especiales de plataforma son aquéllas de las carreteras unidireccionales con calzadas independientes y las correspondientes a caminos sin pavimentar. En el primer caso, la vía tendrá dos plataformas independientes. En el segundo, calzadas, bermas y sobrecanchos configuran un todo único no diferenciable a simple vista.

3.15.2 LA(S) CALZADA(S)

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

La calzada está formada por dos o más carriles. Un carril será entonces cada una de las divisiones de la calzada que pueda acomodar una fila de vehículos transitando en un sentido.

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

3.15.3 Anchos de calzada y plataforma

En la Tabla 3.16.3 se resumen los Anchos de Plataforma en Terraplén y de los elementos que la constituyen, dados en función de la Categoría de la vía y de la Velocidad de Proyecto que le corresponde.

Salvo en los casos de Caminos Locales y de Desarrollo con velocidades de proyecto menores o iguales que 60 km/h, en los que la Administradora Boliviana de Carreteras podrá autorizar ancho de carriles de menos de 3,5 m, para todas las demás categorías y velocidades de proyecto el ancho mínimo de carriles será de 3,5 m.

Las Bermas, Sobreancho de Plataforma (SAP) y Cantero central, que se definen más adelante, poseerán anchos definidos en función de la Categoría y Velocidad de Proyecto.

La selección de la Sección Transversal Tipo de una carretera o camino dentro de las definidas en la Tabla 3.1-1, dependerá de la función asignada al proyecto, del tipo de terreno en que ésta se emplaza y del estudio de tránsito que permite anticipar la evolución del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y del Volumen Horario de Diseño (VHD) a lo largo del tiempo, y en particular al horizonte de diseño. Las características geométricas del trazado propuesto permitirán calcular la Capacidad de la vía y los Volúmenes y Niveles de Servicio, que contrastados con las predicciones del volumen de demanda a lo largo del tiempo, permitirán verificar si se cumple la función asignada al proyecto.

**Tabla 3.15.3 Anchos de calzada y plataforma
Según Nº de Calzadas y Categoría**

NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA	VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m) (1)	ANCHO BERMAS		ANCHO SAP (3)		ANCHO CANTERO CENTRAL - M (m)			ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE ⁽⁴⁾ ATP = na + 2(be + Se) + M final			
			"bi" INTERIOR (m)	"be" EXTERIOR (m)	"Si" INTERIOR (m)	"Se" EXTERIOR (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6	FINAL 6 PISTAS	FINAL = INICIAL 4 PISTAS	6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE	4 PISTAS	2 PISTAS	
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	AUTOPISTA	120	3,5	1,2	2,5	0,5 - 0,8	1,5	13,0	6,0	6,0	35	28	-
		100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-
		80	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	0,8	11,0	4,0	4,0	31,6	24,6	-
	PRIMARIO Y AUTORRUTA	100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-
		90	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	12,0	5,0	5,0	33	26	-
		80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	10,0	3,0	3,0 ⁽⁴⁾	29	22	-
	COLECTOR	80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	10,0	3,0	3,0 ⁽⁴⁾	29	22	-
		70	3,5	0,6 - 0,70	1,5	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	9,0	2,0	2,0 ⁽⁴⁾	27	20	-
		60	3,5	0,6 - 0,70	1,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	9,0	2,0	2,0 ⁽⁴⁾	26	19	-
CALZADA BIDIRECCIONAL	PRIMARIO	100 - 90	3,5	-	2,5	-	1,0	-	-	-	-	-	14,0
		80	3,5	-	2,0	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	12,0
	COLECTOR	80	3,5	-	1,5	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	11,0
		70	3,5	-	1,0 - 1,5 ⁽²⁾	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	10 - 11,0
	LOCAL	60	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0 ⁽²⁾	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0
		50	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0 ⁽²⁾	-	0,5	-	-	-	-	-	8,0 - 10,0
		40	3,0	-	0,0 - 0,5 ⁽²⁾	-	0,5	-	-	-	-	-	7,0 - 8,0
DESARROLLO	30	2,0 - 3,0	-	0,0 - 0,5 ⁽²⁾	-	0,5	-	-	-	-	-	5,0 - 6,0	

(1) Pistas de menos de 3.5 m deberán ser autorizadas expresamente por la Administradora Boliviana de Carreteras.
 (2) El ancho de las Bermas de Locales y de Desarrollo se definirá en función del tránsito y dificultad del emplazamiento.
 (3) La Tabla Especifica anchos de SAP en Terraplén; caso sin Barrera de Seguridad SAPE = 0,5 m; con Barrera SAPE = 0,8 m.
 (4) Para Ancho Final de Cantero central de 3 y 2 m, los SAP interiores se juntan presentando un ancho conjunto de 1 m y 0,6 a 0,8 m respectivamente, espacio que servirá de base para una Barrera Rígida de Hormigón con anchos en la base de: Tipo F (0,56 m ó 0,82 m) o New Jersey (0,61 m).
 (5) Ancho Total de Plataforma en Terraplén con SAP mínimo = 0,5 m. Para corte cerrado o Perfil Mixto agregar Ancho(s) Cunetas(s) y corregir Ancho del SAP exterior Si cuneta es revestida Se = 0,0 m - Cuneta sin Revestir Se = 0,5 m. En Unidireccionales "bi" y "si" están comprendidos en el ancho del Cantero central.

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

3.15.4 Bombeos

En tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura permite el contraperalte según los límites fijados en Literal c del Párrafo 2.3.3.3; 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 Período de Retorno de 10 Años (I'_{10}) mm/h, propia del área en que se emplaza el trazado. La Tabla 3.2-4 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 3.16.4-1 BOMBEO DE LA CALZADA

Tipo de Superficie	Pendiente Transversal	
	$(I'_{10}) \leq 15 \text{ mm/h}^{(1)}$	$(I'_{10}) > 15 \text{ mm/h}^{(1)}$
Pav. de Hormigón o Asfalto	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	3,0 ⁽²⁾	3,5
Tierra, Grava, Chancado	3,0 – 3,5 ⁽²⁾	3,5 – 4,0

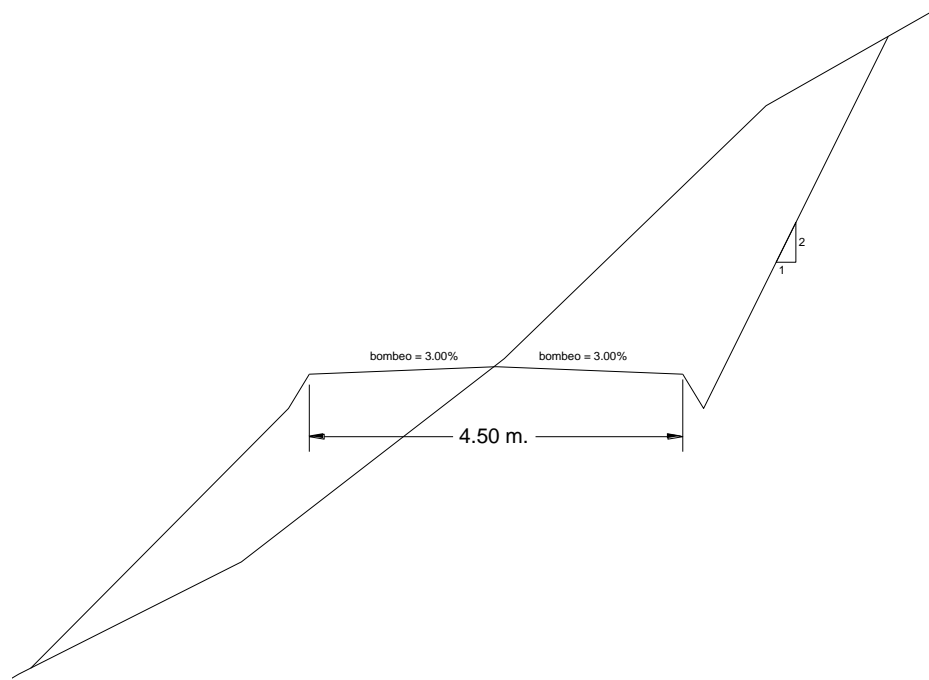
Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

Tabla 3.16.4-2 BOMBEO DE LA CALZADA PARA EL PROYECTO

Tipo de Superficie	Pendiente Transversal
	$(I'_{10}) > 15 \text{ mm/h}$
Tierra, Grava, Chancado	3.5 %

Fuente: Manual de Carreteras A.B.C.

Grafico 3.15.4 SECCION TRANVERSAL TIPO SEGÚN PROYECTO



Fuente: *Elaboración Propia.*

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

- Se realizó el Diseño Apertura Camino El Morro – Paso Tupiza según normas y reglamentos vigentes para el diseño obras de arte, de Carreteras y Caminos de la Administradora Boliviana de Carreteras (A.B.C.) y mediante realización de este trabajo concluir nuestros estudios dentro de la Carrera de Ingeniería Civil.
- Se definió una alternativa óptima del trazo del Camino cumpliendo con normas vigentes y evitando daños considerables a las propiedades colindantes.
- Dentro del proyecto para evitar daños ambientales la reutilización de materiales de corte como relleno, los cuales según resultados obtenidos en laboratorio, se puede utilizar para este fin.
- Como se tiene un terreno montañoso con pendiente máxima de 12 % se adopto una Velocidad de Proyecto $V_p = 30$ Km./Hr. para un Camino categorizado como de Desarrollo, determinando una plataforma un ancho bidireccional de 4,50m. un sobreecho de 0,50 m.
- Dentro del proyecto se implementó alcantarillas Simples de Diámetro $D=1,00$ m y dobles de $D=1,00$ m. están estratégicamente ubicadas para evacuar las precipitaciones de la zona y para que a estas puedan hacerle mantenimiento por los mismos beneficiarios del proyecto.
- Una vez realizados Cómputos Métricos, Precios Unitarios, Presupuesto de Obras Civiles se obtuvo que las obras Civiles tienen un presupuesto de 2.400.102,54 Bs. (Dos Millones Cuatrocientos Mil Ciento Dos con 54/100 Bolivianos) y el costo de la Supervisión de la Obra de 120.005,13 Bs.

(Ciento Veinte Mil Cinco con 13/100 Bolivianos), haciendo un Presupuesto Total de 2.520.107,66 Bs. (Dos Millones Quinientos Veinte Mil Ciento Siete con 66/100 Bolivianos).

4.2 Recomendaciones.

- Realizar un estudio específico para la construcción de un puente sobre el Río Achuma en la progresiva 2+020 de una longitud aproximada de 20,00 Metros.
- Recomendamos la ejecución del proyecto, rigiéndose estrictamente a las especificaciones técnicas constructivas, ya que en ellas se explica de manera detallada cómo se debe ejecutar cada ítem que compone este proyecto.
- A momento de la ejecución, se tiene que tomar en cuenta las obras de arte menor, ya que son de mucha importancia para el mantenimiento de la plataforma, provocando erosión en caso de que no sean implementados en el proyecto. La ubicación de las alcantarillas tipo cajón y con tubería de H°C° (de Alivio y de Paso), siendo estas las más aconsejables con las dimensiones proyectadas para su implementación dentro del proyecto y con esto se pueda evitar mantenimiento periódico y daños.
- Capacitar a la comunidad beneficiada para que ellos realicen el trabajo de mantenimiento rutinario y periódico del camino y de esta manera participe la comunidad en mantener transitable sus caminos.
- Implementar Medidas de Mitigación y ejecutarlos junto los la Construcción para evitar dañar lo menos posible al medio ambiente, reforestación e implementación de proyectos de protección de laderas, para evitar contaminación a la zona del proyecto.

- Recomendamos la construcción de este camino para integrar los Municipios de Villa Abecia y del Municipio de Cotagaita (Potosí) y garantizaremos el traslado de los productos a los centros de comercialización del municipio y de las comunidades cercanas.